

Manual Impactos das Alterações Climáticas no MUNDO RURAL



Cofinanciado por:

Manual Impactos das Alterações Climáticas no MUNDO RURAL





Ficha técnica

Título: Manual Impactos das Alterações Climáticas no Mundo Rural

Autor: Associação dos Jovens Agricultores de Portugal

Lisboa | 2020

Grafismo e Paginação: Miguel Inácio

Impressão: GMT Gráficos

Tiragem: 250 ex.

Depósito Legal: 475588/20

ISBN: 978-989-8319-50-0

Distribuição Gratuita

ÍNDICE

NOTA INTRODUTÓRIA	11
1 - ENQUADRAMENTO	13
2 - A CIÊNCIA DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS	17
2.1 - <i>Clima</i>	18
2.2 - <i>O que são as Alterações Climáticas?</i>	19
2.3 - <i>Emissão de Gases de Efeito de Estufa</i>	25
2.4 - <i>Incertezas e Desafios</i>	32
3 - ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS FUTURAS, RISCOS E IMPACTOS	35
3.1 - <i>Evolução das Emissões de GEE em Portugal por GEE</i>	36
3.1.1 - <i>Evolução das Emissões de GEE em Portugal por Setor</i>	38
3.1.2 - <i>GEE Indiretos e Emissões de Óxidos Sulfúricos</i>	40
3.2 - <i>Emissões Específicas da Agricultura</i>	40
3.3 - <i>Emissões e Sequestro de Uso de Solo e Alterações de Uso de Solo na Agricultura</i>	45
3.4 - <i>Cenários Climáticos</i>	47
3.5 - <i>Impactos na Agricultura e nos Ecossistemas</i>	54
3.5.1 - <i>O exemplo da carne de vaca</i>	57
4 - CAMINHOS FUTUROS PARA ADAPTAÇÃO, MITIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	61
4.1 - <i>Instrumentos de Políticas Climáticas em Portugal</i>	63
4.1.1 - <i>Políticas Internacionais Aplicadas em Portugal</i>	63
4.1.2 - <i>Políticas Portuguesas</i>	65
4.2 - <i>Transição para uma Economia de Baixo Carbono</i>	67
4.3 - <i>Estratégias de Adaptação e Mitigação das Alterações Climáticas</i>	68
4.4 - <i>Agricultura e Sustentabilidade</i>	72
5 - A VISÃO DE PAULO CANAVEIRA	75
REFERÊNCIAS	93

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 - A dinâmica do sistema climático</i>	18
<i>Figura 2 - Evolução térmica da Terra</i>	19
<i>Figura 3 - Tendências socioeconómicas no período da grande aceleração</i>	21
<i>Figura 4 - Tendências dos sistemas terrestres no período da grande aceleração</i>	22
<i>Figura 5 - Evolução térmica (1900 - 2018)</i>	23
<i>Figura 6 - Camadas da atmosfera</i>	25
<i>Figura 7 - Efeito de Estufa</i>	26
<i>Figura 8 - Concentração dos diferentes GEE a nível global (1970 - 2017)</i>	30
<i>Figura 9 - Evolução dos GEE por gás em Portugal (1995-2017)</i>	36
<i>Figura 10 - Emissões de GEE por setor em Portugal (2017)</i>	38
<i>Figura 11 - Emissões de GEE e Sequestro de carbono Português por setor económico (1990-2017)</i>	39
<i>Figura 12 - Evolução dos GEE na agricultura por fonte de emissão (1990 - 2017)</i>	41
<i>Figura 13 - Distribuição dos GEE por fonte de emissão do setor agrícola (2017)</i>	42
<i>Figura 14 - Evolução das emissões por sub-fonte da categoria gestão do solo agrícola (1990 - 2017)</i>	43
<i>Figura 15 - Contribuição das várias sub-fontes de N₂O provenientes da gestão de solos agrícolas (2017)</i>	44
<i>Figura 16 - Anomalias da temperatura média (referência 1971-2000) para o período 2071 -2100, RCP8.5 e para os modelos regionais e globais</i>	48
<i>Figura 17 - Anomalias da precipitação (referência 1971 -2000) para o período 2071-2100, RCP8.5 e para os modelos regionais e globais</i>	48
<i>Figura 18 - Alteração dos limites das temperaturas extremas à medida que a temperatura média aumenta</i>	49
<i>Figura 19 - Comparação das temperaturas globais médias simuladas para o CMIP 5 e para o CMIP6 para os dois modelos franceses</i>	50
<i>Figura 20 - Distribuição das mudanças anuais de temperatura da superfície (°C) em 2071-2100 (em comparação com 1981-2010) em dois dos cenários (SSP1 2.6 e SSP3 7.0), de acordo com o modelo CNRMCM6 e IPSL</i>	51

Figura 21 - Alterações anuais acumuladas da precipitação (em milímetros por dia) simuladas pelo CNRM-CM6 e pelo modelo IPSL entre 1981-2010 e 2071-2100 nos cenários SSP1 2.6 e SSP3 7.0 52

Figura 22 - Percentagem de cobertura de gelo simulada pelos dois modelos em setembro e março para 1991-2010 e para 2081-2100 (SSP1 2.6 e SSP3 7.0) 53

Figura 23 - Emissões de GEE e terra utilizada por proteína consumida 58

Figura 24 - Taxa de extinção de espécies desde 1980 73

ÍNDICE DE TABELAS

<i>Tabela 1 - Potencial de aquecimento (100 anos) dos principais gases com efeito de estufa</i>	30
<i>Tabela 2 - Medidas de adaptação no nível da exploração agrícola com efeitos positivos na mitigação e na biodiversidade</i>	70

SIGLAS

APA	Agência Portuguesa do Ambiente
CELE	Comércio Europeu de Licenças de Emissão
CFC	Clorofluorcarboneto
CH ₄	Metano
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono
eq.	Equivalente
GEE	Gases com Efeito de Estufa
HFC	Hidrofluorcarboneto
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
IPPU	Processos Industriais e Usos de Produtos
Kt	Quilotonelada
LULUCF	<i>Land Use, Land-Use Change and Forestry</i>
MNVOC	<i>Non-methane volatile organic compound</i>
Mt	Megatonelada
N ₂ O	Óxido de Nitrogénio
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NIR	<i>National Inventory Report</i>
OMM	Organização Meteorológica Mundial
PFC	Perfluorcarboneto
PNAC	Programa Nacional para as Alterações Climáticas
PNALE II	Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão
PPSBR	Pastagens Permanentes Semeadas Biodiversas Ricas em Leguminosas
RNBC	Roteiro Nacional de Baixo Carbono
SF ₆	Hexafluoreto de Enxofre
SOx	Óxidos Sulfúricos
SPeM	Sistema Nacional para Políticas e Medidas
UNFCCC	Convenção-Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas
SDCO	Substâncias que destroem a camada de ozono



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.

As alterações climáticas são inequivocamente uma das grandes ameaças ao crescimento e desenvolvimento económico-social da sociedade moderna, sendo imperativo, ora mais do que nunca, conhecer e estar informado acerca desta temática.

Tendo por base este enquadramento, a AJAP (Associação dos Jovens Agricultores de Portugal) apresenta o Manual centrado nos impactos das alterações climáticas no Mundo Rural, publicação complementada pelo Manual de Adaptação e pelo Manual de Mitigação às alterações climáticas, na expectativa que constitua mais um contributo relevante da Associação para o aumento da sustentabilidade e competitividade no Mundo Rural.



1 - ENQUADRAMENTO



1 - ENQUADRAMENTO

Desde a revolução industrial que as atividades humanas aumentaram as concentrações atmosféricas de gases com efeito de estufa (GEE), principalmente o dióxido de carbono (CO_2). A sua presença na atmosfera já aqueceu a temperatura média do planeta em cerca de 1°C . As emissões de GEE continuam a crescer e se as tendências registadas continuarem a este ritmo atual, o aquecimento global deve ultrapassar a referência de $1,5^\circ\text{C}$ entre 2030 e 2052 (IPCC, 2018).

Os impactos do aquecimento global são evidentes. Na última década, um grande número de países registou os anos mais quentes desde que existem observações. Eventos extremos como furacões, inundações e incêndios florestais também se tornaram mais graves e frequentes.

Em Portugal, o maior valor da temperatura máxima do ar, desde que existem registos, ocorreu em 2003 na Amareleja com $47,3^\circ\text{C}$.

De acordo com as Nações Unidas (United Nations, 2019) um aumento de temperatura limitado a $1,5^\circ\text{C}$ acima dos níveis pré-industriais, pode pressionar cerca de 500 milhões de pessoas expostas à seca e dezenas de milhões de outras, expostas a inundações costeiras, estando na base de migrações em larga escala. Um aumento de temperatura de $1,5^\circ\text{C}$ também reduziria a produção agrícola, colocando em risco a segurança alimentar e aumentaria a taxa de extinção de espécies em larga escala. Se o aumento real da temperatura for maior, a escala de devastação agravar-se-á ainda mais no futuro.

Tendo em conta o contexto político atual, estima-se que o aquecimento global causado pelo homem exceda os 3°C até o final do século. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) dá conta que para alcançar o limite de aquecimento global de $1,5^\circ\text{C}$ acima dos níveis pré-industriais, mesmo considerando diferentes cenários, todos eles exigem emissões neutras de CO_2 até 2050.

Portugal em conjunto com a União Europeia, comprometeu-se internacionalmente com o objetivo de redução das suas emissões de gases com efeito de estufa, por forma a que o balanço entre as emissões e as remoções da atmosfera (ex: pela floresta) seja nulo em 2050. A este objetivo deu-se o nome de “neutralidade carbónica”. Este objetivo está em linha com o Acordo de Paris, no âmbito do qual Portugal se comprometeu a contribuir para limitar o aumento da temperatura média global do planeta a 2°C e a desenvolver esforços para que não ultrapasse os 1,5°C. Este compromisso está igualmente presente no Pacto Ecológico Europeu “*Green Deal*”, atualmente em discussão pela Comissão Europeia, e tem como grande objetivo colocar em prática um roteiro ambicioso para dissociar o crescimento económico da utilização de recursos e tornar a Europa no primeiro continente neutro em carbono em 2050.

Do lado da produção, o aumento da produtividade das culturas agrícolas e da pecuária, através de uma intensificação sustentável é um meio de reduzir as emissões por unidade de alimento produzido e de aliviar a pressão sobre as florestas remanescentes do mundo. Um conjunto de inovações tecnológicas, incluindo aditivos de alimentos para animais que reduzem a fermentação entérica, “inibidores de nitrificação” que reduzem as emissões de óxido nitroso dos fertilizantes e variedades de arroz com menores emissões podem reduzir as emissões, mantendo o nível de rendimento das culturas. A valorização de serviços do ecossistema, como sejam o sequestro de carbono, a manutenção da fertilidade do solo e da biodiversidade também são temas onde a agricultura e mais especificamente os agricultores terão uma responsabilidade central neste mundo em transformação.



2 - A CIÊNCIA DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS



2 - A CIÊNCIA DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

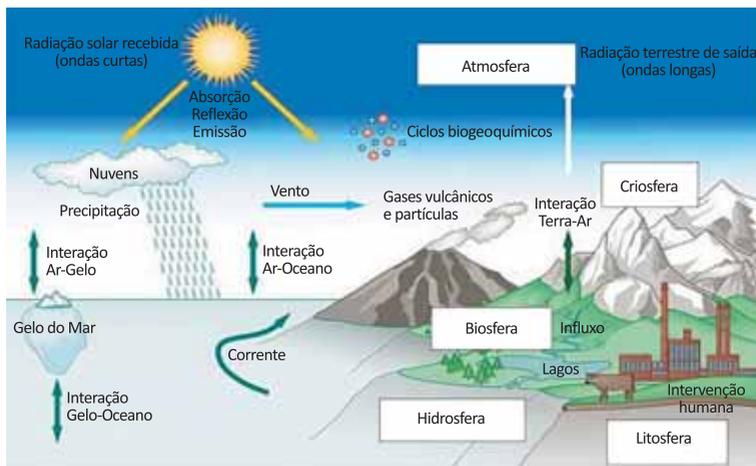
"Clima, num sentido restrito é geralmente definido como 'tempo meteorológico médio', ou mais precisamente, como a descrição estatística de quantidades relevantes de mudanças do tempo meteorológico num período de tempo, que vai de meses a milhões de anos. O período clássico é de 30 anos, definido pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM). Essas quantidades são geralmente variações de superfície como temperatura, precipitação e vento. O clima num sentido mais amplo é o estado, incluindo as descrições estatísticas do sistema global."

(Stocker, 2013)

2.1 - Clima

O sistema climático constitui a expressão de um sistema em equilíbrio global, dominado por intercâmbio de energia e matéria entre cinco subsistemas, atmosfera, hidrosfera, litosfera, criosfera e biosfera.

Figura 1 | A dinâmica do sistema climático



Fonte: CSIRO, 2016

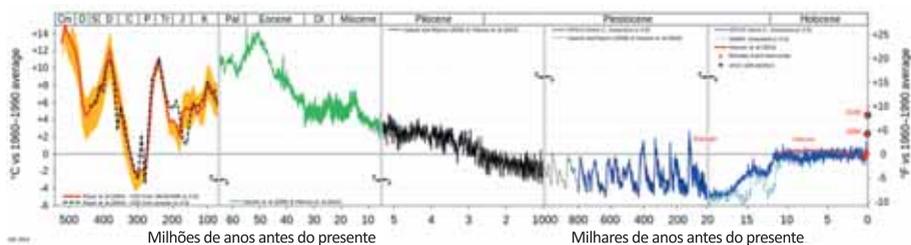
Este equilíbrio é dinâmico e as suas condições têm variado ao longo do tempo, em função de diversas causas naturais, resultantes da dinâmica da própria terra, como a tectónica de placas, as erupções vulcânicas, bem como da radiação solar, mas também por causas antrópicas.

2.2 - O que são as Alterações Climáticas?

A noção de clima sofreu alterações durante o século XX. Até há três décadas atrás, era plausível considerar os regimes termo-pluviométricos, característicos do clima de cada região, como fixos. No início da década de 1990 começaram a registar-se evidências que colocam em causa tal pressuposto. Deste modo, passou-se a assumir que o clima está em mudança, que estão a ocorrer alterações climáticas.

As Alterações Climáticas são mudanças nos padrões do clima, com alterações relacionadas nos oceanos, na superfície terrestre e nas camadas de gelo, ocorrendo numa escala temporal de décadas ou mesmo de centenas de anos.

Figura 2 | Evolução térmica da Terra



Fonte: Fergus, 2014

O gráfico da figura 2 tem origem em registos climáticos baseados em termometria de isótopos de oxigénio de sedimentos das profundezas dos oceanos espalhados pelo globo.

500 – 250 Milhões de anos

Durante este período a atmosfera da Terra encontrava-se instável.

250 – 65 Milhões de anos

Durante este período ocorreu a evolução dos animais aeróbicos, nomeadamente dos Dinossauros. Uma das consequências foi o aumento da concentração de CO₂ e das temperaturas globais. Sabe-se que houve uma diminuição acelerada da temperatura por volta dos 65 Milhões de anos atrás que resultou na extinção dos dinossauros.

55 Milhões de anos atrás (Máximo Térmico)

Registos mostram um aumento massivo na temperatura 5-8°C em apenas 20 000 anos. A causa ainda é discutida pelos cientistas, no entanto foi geralmente acordado que uma repentina libertação de carbono para a atmosfera causou o aquecimento global. Foi após este período que os mamíferos começaram a evoluir e a prosperar.

35 Milhões de anos atrás (Era do Gelo¹)

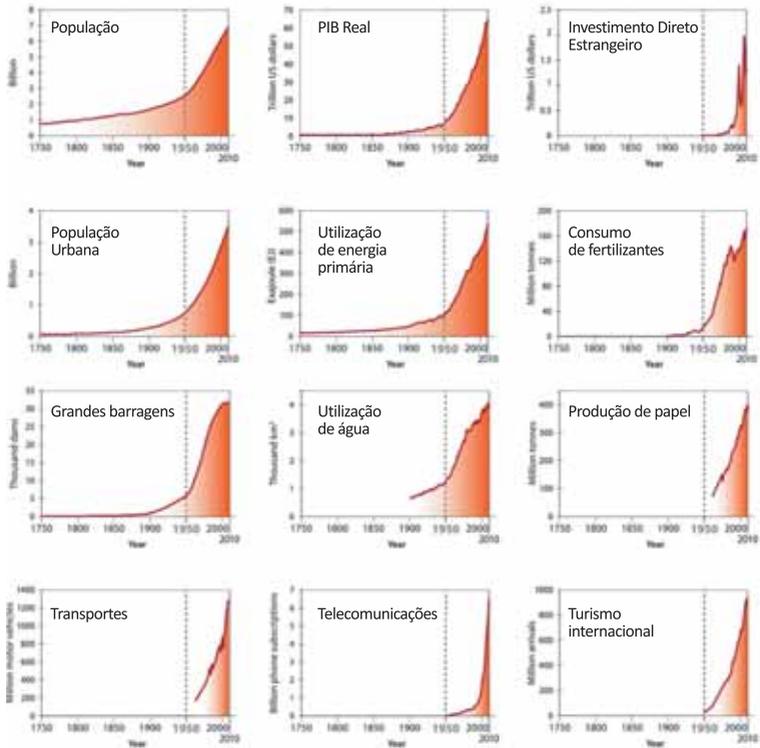
O Máximo Térmico continuou até cerca de 35 Milhões de anos atrás quando a Terra arrefeceu na Era do Gelo. A teoria por detrás desta alteração de temperatura é que um tipo de planta pteridófito entrou em extinção, afundou para o fundo do oceano, levando com ela muito do Carbono absorvido da atmosfera. As temperaturas globais diminuíram novamente. Ao contrário do último período de arrefecimento, desta vez a Terra tinha formado continentes, incluindo cordilheiras e massa terrestre no Pólo Sul. Essa nova cobertura de terra ajudou a amplificar o arrefecimento.

1950 – Atualidade (Grande Aceleração das Atividades Antrópicas do Pós-Guerra)

A Grande Aceleração das atividades antrópicas do pós II Guerra Mundial, provocou uma aceleração das interações negativas entre o ser humano e a natureza. Nos últimos 70-80 anos, o sistema de produção e o consumo, basearam-se na exploração dos recursos naturais renováveis e não-renováveis, com uma intensidade e extensão incompatíveis com quaisquer outros períodos da história. Os ecossistemas foram sendo desconfigurados, alterados e destruídos a um ritmo jamais atingido no passado, enquanto que a procura por alimentos, água potável, madeira, minerais, cimento, energia, etc., cresce de maneira insustentável, uma vez que, ultrapassa em larga medida a capacidade de regeneração dos ecossistemas.

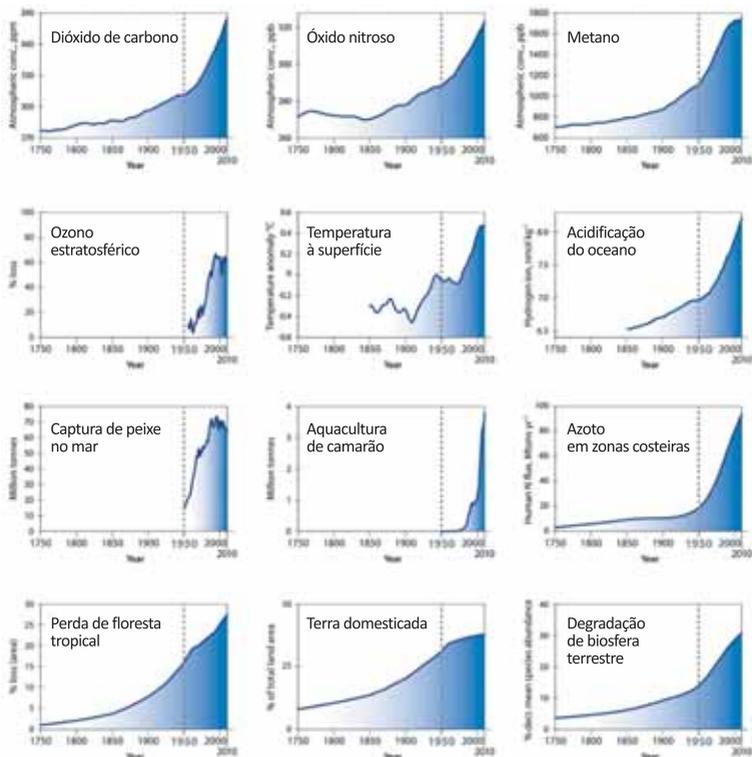
¹ Uma Era do Gelo é definida quando os pólos do planeta estão cobertos por gelo, pelo que, tecnicamente, é possível argumentar que ainda nos encontramos numa. Numa era do gelo existem períodos glaciais e inter-glaciais. Os períodos glaciais são episódios de temperaturas mais frias enquanto que os períodos inter-glaciais correspondem a fases mais quentes. Ambas irão durar vários milhares de anos.

Figura 3 | Tendências socioeconómicas no período da grande aceleração



Fonte: Steffen, W, W. Broadgate, L. Deutsch, O. Gaffney, & C. Ludwig, 2015

Figura 4 | Tendências dos sistemas terrestres no período da grande aceleração



Fonte: Steffen, W, W. Broadgate, L. Deutsch, O. Gaffney, & C. Ludwig, 2015

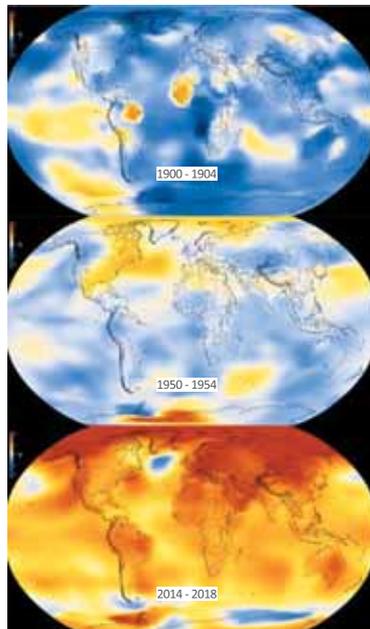
As alterações climáticas no passado tiveram diferentes causas e são algo que tem caracterizado a história do clima desde sempre. Porém, esta evidência não deve significar que as atuais alterações climáticas são “naturais” ou simplesmente naturais.

Na realidade, há um consenso científico robusto que as alterações climáticas induzidas pelo Homem estão a ocorrer. Os relatórios do IPCC afirmam com “confiança muito alta” que as atividades humanas, nomeadamente a queima de combustíveis fósseis e a desflorestação, têm alterado o clima a nível global. Durante o século XX, a temperatura média da superfície terrestre aumentou

cerca de $0,6^{\circ}\text{C}$ e o nível médio do mar aumentou cerca de 15 a 20 cm. A precipitação global sobre a superfície continental aumentou cerca de 2% durante o mesmo período. No futuro, a influência humana irá continuar a alterar o clima na Terra durante o século XXI. Os relatórios do IPCC projetam que a temperatura média global irá aumentar $1,1$ a $5,4^{\circ}\text{C}$ até 2100, dependendo do aumento da concentração atmosférica de gases com efeito de estufa nesse mesmo período. Este aumento na temperatura irá resultar no contínuo aumento do nível médio do mar e precipitação total, alterações na distribuição e padrões da precipitação, e na redução da área coberta com neve e da camada de gelo. É muito provável que a Terra experimente um maior ritmo de aumento das alterações climáticas no século XXI do que nos últimos 10 000 anos!

De acordo com a análise da temperatura em curso conduzida por cientistas da NASA, a temperatura média global da Terra aumentou cerca de $0,8^{\circ}\text{C}$ desde 1880. Dois terços desse aumento ocorreram desde 1975, com um ritmo de aproximadamente $0,15 - 0,20^{\circ}\text{C}$ por década.

Figura 5 | Evolução térmica (1900 - 2018)



Fonte: Schmunk & NASA, 2018

Os cientistas concordam:

NÃO É O SOL

Os níveis mais altos da atmosfera estão a arrefecer, que é o expectável se as alterações climáticas fossem provocadas pelo Homem.

A TEMPERATURA ESTÁ A AUMENTAR

Termômetros e satélites indicam que a temperatura está a aumentar nas áreas rurais, urbanas e nos oceanos.

EVENTOS EXTREMOS CLIMÁTICOS ESTÃO A AUMENTAR

Os extremos climáticos são mais frequentes e duram mais.

A SECA E INCÊNDIOS FLORESTAIS ESTÃO A AUMENTAR

Períodos prolongados de seca e ondas de calor estão a provocar mais incêndios florestais.

A NEVE E O GELO ESTÃO A DIMINUIR

A neve e os glaciares estão a encolher. O gelo do Ártico atingiu a menor extensão em 2012.

O PERMAFROST ESTÁ A DERRETER

O *permafrost* está a derreter rapidamente, causando danos às infraestruturas existentes e libertando mais gases com efeito estufa.

O NÍVEL MÉDIO DO MAR ESTÁ A AUMENTAR

Após 2.000 anos de poucas alterações. O nível médio do mar começou a subir no século XX.

OS ECOSISTEMAS ESTÃO A MUDAR

Os ciclos de vida das plantas estão a alterar-se e os padrões de migração dos animais estão sendo afetados.

2.3 - Emissão de Gases de Efeito de Estufa

Os registos da temperatura global representam uma média de toda a superfície do planeta. As temperaturas que vivenciamos localmente e num curto período de tempo oscilam significativamente devido a eventos de ciclo previsíveis, tais como, a noite e o dia, o verão e o inverno, mas também de ciclos difíceis de prever, como por exemplo, o vento ou padrões de precipitação. A temperatura global depende maioritariamente da quantidade de energia que a Terra recebe do Sol e da quantidade que emite de volta para o espaço – quantidades que variam muito pouco. A quantidade de energia emitida pela Terra depende significativamente da composição química da atmosfera, particularmente na quantidade de gases com efeito de estufa, capazes de reter energia na forma de calor.

Figura 6 | Camadas da atmosfera



A alteração global de apenas um grau Celcius é significativa porque são necessárias grandes quantidades de energia para aquecer a hidrosfera, a atmosfera e a litosfera. No passado, a descida de um ou dois graus foi o necessário para mergulhar a Terra numa pequena Era do Gelo. Uma descida de cinco graus foi o necessário para imergir grande parte da América do Norte numa imponente massa de gelo há 20 000 anos atrás.

O Efeito de Estufa é o processo pelo qual a atmosfera retém calor em torno do planeta.

Para a Terra, a entrada de energia tem origem na luz absorvida do Sol, e as perdas de energia correspondem à emissão de luz infravermelha emitida para o espaço. Na ausência de atmosfera

com efeito de estufa, o balanço iria resultar em temperaturas muito baixas, incompatíveis com o desenvolvimento de vida complexa – muito inferior ao ponto de congelação da água.

Uma das características mais relevantes dos gases com efeito de estufa, é não absorverem a luz visível emitida pelo Sol, mas sim a radiação na gama do infravermelho emitida pela superfície da Terra. Esta radiação é emitida em todas as direções, onde uma parte é enviada de volta para a superfície da Terra, estabelecendo um equilíbrio, permitindo a existência de vida.

O efeito de estufa é positivo, uma vez que permite a vida na terra e a distribuição de todos os ecossistemas. O problema do aquecimento global surge na medida em que num curto espaço de tempo, a atividade humana aumentou artificialmente a concentração de gases com efeito de estufa na atmosfera exacerbando esse efeito, alterando o equilíbrio que esteve na base do desenvolvimento dos ecossistemas naturais.

Figura 7 | Efeito de Estufa



Fonte: SiberianArt, 2019

Como já foi referido, uma das propriedades dos gases com efeito de estufa é absorver a radiação infravermelha (energia térmica), emitida pela superfície da Terra e reemitir parte dela de volta para a Terra. Este é um efeito muito importante na manutenção da energia no sistema terrestre, apesar da sua fração reduzida no total dos gases atmosféricos (< 0,05 %). (Chameides, 2007)

O contributo de cada gás para as alterações climáticas depende principalmente de três fatores:

A sua concentração/abundância na atmosfera?

Maiores emissões de GEE levam a maiores concentrações na atmosfera. As concentrações dos GEE são medidas por partes por milhão, partes por bilião e mesmo partes por trilião.

Quanto tempo permanecem na atmosfera?

Cada gás pode permanecer na atmosfera por diferentes períodos de tempo. Variando de alguns anos até milhares de anos. Todos os GEE permanecem na atmosfera tempo suficiente para se misturarem bem, o que significa que a quantidade medida na atmosfera é semelhante em toda a atmosfera, independentemente da origem das suas emissões.

Quão “forte” é o seu impacto na atmosfera?

Alguns gases são mais eficientes do que outros em absorver e emitir radiação térmica.

Para cada gás, um **potencial de aquecimento global** foi calculado para perceber a permanência na atmosfera, em média, e quão “forte” absorve energia. Gases com maior potencial de aquecimento global absorvem mais energia e, portanto, contribuem mais para o aquecimento global.

O **Vapor de Água** é o GEE mais “forte” na atmosfera terrestre, mas o seu comportamento é fundamentalmente diferente dos restantes GEE, em parte, porque não se acumula na atmosfera por ter um tempo de vida útil curto, na ordem de horas a dias, sendo facilmente removido pela chuva ou neve. O vapor de água funciona como uma resposta do clima que influencia a atividade contínua do sistema climático. A concentração de vapor de água na atmosfera não é diretamente modificada pelo comportamento humano, mas sim pela temperatura do ar. Quanto mais quente

for a superfície da Terra, maior será o ritmo de evaporação de água à superfície. Como resultado, o aumento da evaporação leva a maiores concentrações de vapor de água na camada inferior da atmosfera e por conseguinte, maior capacidade de absorver radiação infravermelha que é emitida de volta para a superfície terrestre.

A propriedade de efeito estufa do vapor de água, é geralmente considerada como parte de um ciclo de *feedback*, em vez de uma causa direta das alterações climáticas.

O **Dióxido de Carbono (CO₂)** (CO₂ = 1 CO₂ eq.) é o GEE mais significativo e o mais comum. A entrada natural na atmosfera deste gás inclui a libertação gerada por erupções vulcânicas, queima e declínio natural de matéria orgânica e a respiração de organismos aeróbios. Estas fontes de CO₂ são equilibradas pelo processo fotossintético realizado pela vegetação que tende a remover o dióxido de carbono da atmosfera como parte do ciclo biológico do carbono. No entanto, e em especial após a Grande Aceleração das Atividades Antrópicas do Pós-Guerra, a entrada na atmosfera de CO₂ via antrópica conquistou um lugar de destaque, pela queima de combustíveis fósseis (carvão, gás natural, petróleo), alteração do uso do solo (desflorestação e agricultura intensiva), degradação de lixo sólido, decomposição de materiais biológicos, mas também como resultado de reações químicas industriais.

As emissões antrópicas correspondem a aproximadamente 3% das emissões totais de CO₂ por causas naturais, e ainda assim, estas emissões excedem a capacidade dos sumidouros naturais de se regenerarem e de acompanharem esta evolução.

O tempo de vida útil na atmosfera do CO₂, é muito difícil de determinar, porque existem vários processos capazes de remover o dióxido de carbono da atmosfera. Entre 65% e 80% do CO₂ emitido para a atmosfera é dissolvido no oceano durante um período de 20 a 200 anos. O restante é removido por processos muito mais lentos que podem levar várias centenas de milhares de anos a ocorrerem. Isso significa que, uma vez na atmosfera, o dióxido de carbono pode continuar a afetar o clima por milhares de anos!

O **Metano (CH₄)** é o segundo GEE mais abundante na atmosfera. O metano é mais “forte” que o CO₂ porque a força radiativa produzida por molécula é maior (CH₄ = 28 CO₂ eq., ou seja, uma molécula de metano tem cerca de 28 vezes mais potencial de aquecimento que uma molécula

de CO₂ numa escala de 100 anos). No entanto, o metano encontra-se numa concentração mais reduzida que o dióxido de carbono na atmosfera e tem um tempo de persistência menor na atmosfera que o CO₂ (o período de persistência para o CH₄ é cerca de 14 anos, comparado com centenas ou milhares de anos que o CO₂ pode chegar).

Como no caso do CO₂, as atividades humanas estão a aumentar a concentração de CH₄ a um ritmo superior ao que é importado para os sumidouros naturais. As fontes antrópicas contam com aproximadamente 70% da totalidade das emissões anuais, levando a aumentos substanciais ao longo do tempo. As maiores fontes antrópicas de metano atmosférico estão relacionadas com o cultivo de arroz, com a pecuária, com a queima de carvão, gás natural e biomassa e pela decomposição de matéria orgânica em aterros sanitários.

Os **Óxidos Nitrosos (N₂O)** (N₂O = 265 CO₂ eq.) encontram-se em pequenas concentrações devido a reações biológicas naturais no solo e na água. A emissão do óxido nitroso está associada à fertilização azotada, mas também a atividades industriais, à queima de combustíveis fósseis e lixos sólidos, assim como, o tratamento de águas residuais. Este gás é destruído na estratosfera e é removido consideravelmente mais devagar que o metano, podendo persistir na atmosfera por cerca de 114 anos.

Os **HaloCarbonos**, como **Clorofluorocarboneto (CFC)**, **Hexafluoreto de Enxofre (SF₆)** (SF₆ = 23 500 CO₂ eq.), **Hidrofluorocarboneto (HFC)** (HFC-134a = 1 300 CO₂ eq.) e **Perfluorocarboneto (PFC)** (PFC = 6 630 CO₂ eq.), devem a sua existência quase inteiramente a fontes industriais. Estes gases são emitidos em pequenas quantidades, mas o seu impacto nas alterações climáticas é muito relevante, tendo em conta o elevado potencial para o aquecimento global. (Mann, s.d.)

Estes compostos incluem um grande número de espécies químicas diferentes, cada uma das quais pode durar na atmosfera por um período específico de tempo - de menos de um ano a muitos milhares de anos.

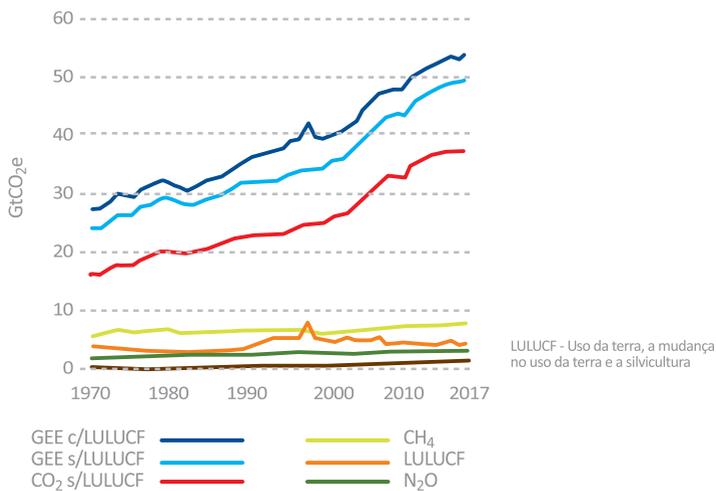
A tabela 1 apresenta para um horizonte temporal de 100 anos, o potencial de aquecimento relativo ao CO₂ e o tempo de vida aproximado para cada gás. Esta tabela é adaptada do 5º Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). Os valores mais recentes são os do 5º Relatório (2014), contudo, os valores do 2º Relatório (1995) e do 4º Relatório (2007) são frequentemente utilizados em inventários de emissões.

Tabela 1 | Potencial de aquecimento (100 anos) dos principais gases com efeito de estufa

Designação comum	Fórmula química	Tempo de vida (anos) (aprox.)	Potencial de aquecimento (100 anos)		
			2° Relatório	4° Relatório	5° Relatório
Dióxido de carbono	CO ₂	20 - 200	1	1	1
Metano	CH ₄	14	21	25	28
Óxido nitroso	N ₂ O	114	310	298	265
Hexafluoreto de Enxofre	SF ₆	800 - 3 200	23 900	22 800	23 500
HFC-134a	CH ₂ FCF ₃	14	1 300	1 430	1 300
PFC-14	CF ₄	3 200	6 500	7 390	6 630

Fonte: Adaptado de Protocolo, 2016

Figura 8 | Concentração dos diferentes GEE a nível global (1970 - 2017)



Fonte: APA, 2019

Watson *et al.* (2001), citados por Roscoe (2006), relatam que dentro dos gases com efeito de estufa emitidos pelas atividades antropogénicas, o CO₂ é responsável por cerca de 70% do potencial de elevação da temperatura terrestre. Nos últimos 250 anos a concentração de CO₂ na atmosfera aumentou cerca de 47%, alcançando os atuais 413 ppm, o nível mais alto observado nos últimos

420 mil anos! Este valor sobe todos os anos e é expetável que continue a subir durante as próximas décadas.

O aumento da concentração de GEE na atmosfera e o aumento da temperatura média global associada, desencadeiam uma série de alterações climáticas, algumas imprevisíveis, tais como: aumento do nível médio do mar; alterações na distribuição e nos padrões da precipitação; redução da área coberta com neve e da camada de gelo; aumento da frequência de eventos climáticos extremos, como ondas de calor. A imprevisibilidade climática é um dos aspetos das alterações climáticas, mais nefastos e preocupantes que afetam diretamente a agricultura e o bem-estar das populações.

Com o intensificar do aquecimento global, novos problemas começaram a surgir e a tornarem-se extremamente perigosos. Um dos exemplos mais marcantes, prende-se com o degelo dos solos gelados, o *Permafrost*². Estima-se que cerca de um quarto de todo o hemisfério norte é *Permafrost*, onde o solo se encontra congelado durante todo o ano. Atualmente, o Ártico está a aquecer a uma velocidade duas vezes superior ao resto da Terra e consideravelmente mais rápido que nos últimos 3 Milhões de anos. Alguns cientistas estimam que existe menos 10% de solo congelado no hemisfério norte face ao início de 1900.

Quando as plantas e os animais morrem, os microrganismos que os decompõem libertam dióxido de carbono, metano e outros gases com efeito de estufa para a atmosfera. O frio intenso pausa esse processo e preserva os organismos. Quando o solo descongela, a carga microbiana decompositora desses materiais orgânicos - libertadora de GEE - inicia a sua atividade.

Os *Permafrost* são os maiores reservatórios de GEE do planeta. Estima-se que os solos congelados, só no Ártico, armazenem perto do dobro do carbono que existe na atmosfera neste momento, assim como uma grande quantidade de metano. O descongelamento destes solos, ao libertar GEE para atmosfera, contribuirá diretamente para o aquecimento global, o que por sua vez, irá aquecer ainda mais o clima e derreter mais *Permafrost*, gerando um efeito de *loop* que poderá levar o Ártico de “armazém” de carbono a tornar-se na maior fonte líquida de emissões de gases com efeito de estufa do planeta.

² Estes solos podem ter uma profundidade de alguns metros até mais de um quilómetro - cobrindo regiões inteiras ou pontos isolados.

Um estudo recente revela que os solos congelados do Ártico são também um grande armazém natural de mercúrio, uma potente neurotoxina. Estima-se que esse *stock* se aproxime do dobro da quantidade de mercúrio encontrado nos oceanos, atmosfera e em todos ou outros combinados (Denchak, 2018).

É muito provável que o aquecimento global e as alterações climáticas que lhe estão associadas, continuem pelo menos durante os próximos 25 a 50 anos, independentemente da redução das emissões de gases com efeito de estufa que possam vir a ocorrer. O tempo de vida dos GEE pode chegar às centenas de anos e o impacto nos ecossistemas afetados é extremamente lento de reverter e nalguns casos é mesmo impossível.

2.4 - Incertezas e Desafios

As Alterações Climáticas, traduzidas no aumento dos níveis de CO₂, o aumento da temperatura e a alteração dos padrões de precipitação já estão a afetar os recursos hídricos, a agricultura, os recursos terrestres e a biodiversidade a nível global.

A sociedade e o modo de vida como o conhecemos está em profunda transformação e as decisões que precisam de ser tomadas são muito difíceis e onerosas. Estas decisões afetam a sociedade como um todo, desde as Instituições que nos governam, passando pelas empresas até ao indivíduo.

Perante estas dificuldades que se manifestam muito lentamente e cujos problemas mais graves só se manifestarão no futuro longínquo, a gestão do risco é fundamental e precisa de ser integrada e reconhecida como um desafio societal global, sem fronteiras ou limites. Existem duas grandes estratégias para enfrentar o problema das alterações climáticas:

- **Mitigação:** Atenuar o problema, reduzindo as emissões para a atmosfera e removendo o dióxido de carbono da atmosfera;
- **Adaptação:** Reconhecer o problema das alterações climáticas e adaptar-nos às suas consequências.

As decisões a tomar pela sociedade na gestão dos riscos e oportunidades relativas às alterações climáticas, devem ser baseadas em informação científica objetiva, aliada com a deliberação de quadros étnicos e com juízos de valor sobre o bem-estar da população, da economia e do meio ambiente. O papel da climatologia é informar a tomada de decisões oferecendo o melhor conhecimento dos resultados e das consequências de caminhos alternativos a seguir. (Allison & Raupach, 2015)

As alterações climáticas poderão ser menos severas do que as estimadas, mas também poderão acabar por ser piores... Esta é uma ciência muito recente e existem múltiplas variáveis que poderão alterar o resultado previsto pelos modelos, desde o comportamento da sociedade, algum evento climático grave ou mesmo a capacidade económica disposta a ser investida no combate às alterações climáticas.

A Humanidade já teve contacto com outras consequências das suas atividades na atmosfera, como foi o caso do buraco na camada de ozono, uma barreira que protege a Terra da radiação ultravioleta. Ameaçada pela emissão antrópica de clorofluorcarbonetos (CFC)³, composto que, depois de ultrapassar a camada de ozono, era separado pela radiação ultravioleta libertando cloro, um átomo muito reativo que rapidamente catalisa a destruição do ozono.

O reconhecimento global dos impactos negativos deste gás, iniciou um processo que, em última instância, reduziu drasticamente a sua emissão para a atmosfera. Hoje em dia, a ciência admite que o buraco na camada de ozono se encontra em recuperação, tendo se observado uma diminuição de 20% na depleção de ozono entre 2005 e 2016. Alguns modelos antecipam que em 2040 a camada de ozono no Ártico, esteja próxima de estar totalmente recuperada.

O exemplo da camada do ozono é um caso de sucesso, onde as medidas tomadas pela sociedade, focadas em combater um problema por ela criado, conseguiram um desfecho positivo, e abrem uma janela de esperança, no combate ao incidente atmosférico de origem antropogénica que se segue, as emissões de GEE e por conseguinte, as alterações climáticas.

³ Um clorofluorcarboneto (clorofluorcarboneto, clorofluorcarbono ou CFC) é um composto baseado em carbono que contém cloro e flúor, responsável pela redução da camada de ozono, e antigamente usado como aerossóis e gases para refrigeração, sendo atualmente proibido o seu uso em vários países. A proibição da produção e uso dos gases CFC ocorreu em 1987 no Protocolo de Montreal, que levou à substituição destes pelos hidroclorofluorcarbonos, hidrofluorcarbonos e perfluorcarbonos, que embora contribuam para o aquecimento global não são danosos à camada de ozono.



3 - ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS FUTURAS, RISCOS E IMPACTOS



3 - ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS FUTURAS, RISCOS E IMPACTOS

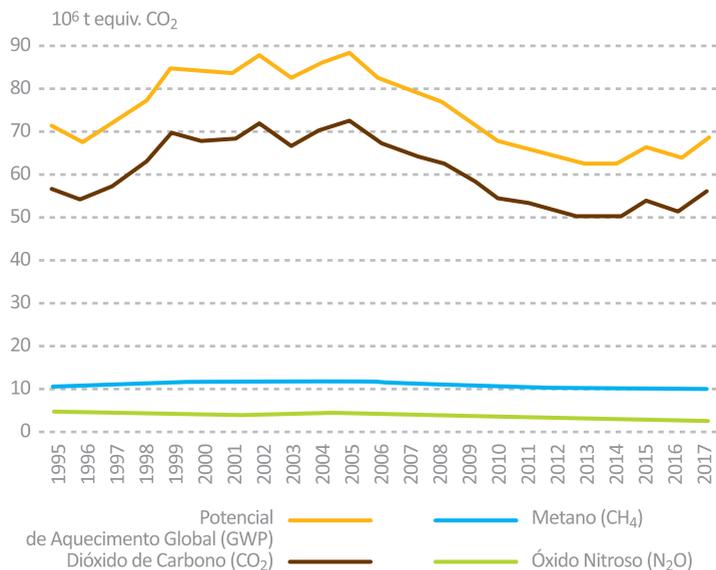
"Não podemos ser radicais o suficiente em lidar com isto no momento"

(Attenborough, 2019)

3.1 - Evolução das Emissões de GEE em Portugal por GEE

Em 2017, a emissão total portuguesa de GEE, foi 68,4 Mt CO₂ eq., representando um aumento de 6,9% em comparação com o ano de 2016. Este foi um valor muito abaixo do registado em 2005, o mais elevado da série em análise.

Figura 9 | Evolução dos GEE por gás em Portugal (1995-2017)



Fonte: INE, 2019

O gás com efeito de estufa emitido em maior quantidade - CO_2 - é produzido maioritariamente pela queima de combustíveis fósseis em atividades ligadas à produção de energia. O aumento da emissão de CO_2 entre 1995-2017, tendência que se iniciou em 1990, foi promovida pelo crescimento das indústrias energéticas e pelo setor dos transportes, de 12% e 62%, respetivamente.

Outros processos que não constituem a produção energética, como o fabrico de cimento, também são responsáveis por quantidades consideráveis de emissões de CO_2 . As indústrias de produção e construção, assim como outros subsectores, que apareciam entre os setores mais significativos responsáveis pela emissão de CO_2 , estão a perder importância desde 1990.

As fugas de emissões resultantes do refinamento, transportes e distribuição de combustíveis fósseis, assim como o armazenamento e transporte de gás natural, têm ganho maior importância em anos recentes, com um aumento de aproximadamente 900% desde 1990. (APA, 2017)

O metano é gerado principalmente por decomposição anaeróbica de matéria orgânica nos sistemas biológicos, outras fontes responsáveis pela sua emissão de origem antropogénica, como a queima de biomassa, distribuição de petróleo e gás natural e a combustão incompleta de combustíveis fósseis. O crescimento geral das emissões de CH_4 (6% desde 1990) foi determinado pela importância da decomposição de resíduos em aterros.

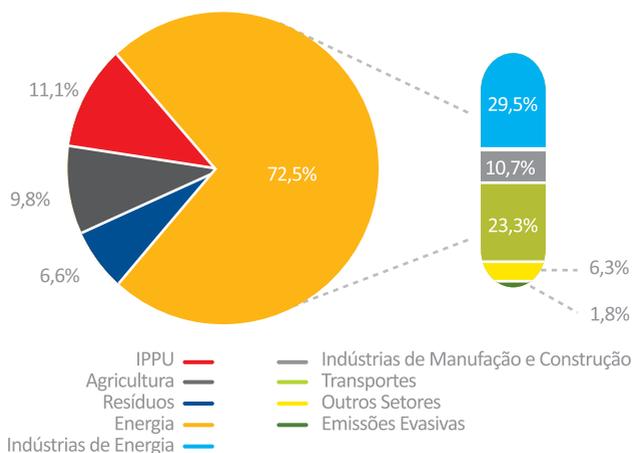
As emissões de óxido nitroso (N_2O) registam um decréscimo geral de 17% no período de 1990-2015, e estão associadas com emissões diretas e indiretas dos solos agrícolas, maioritariamente relacionados com o uso de fertilizantes sintéticos e orgânicos, decomposição de dejetos da pecuária no solo, fixação de Azoto por culturas fixadoras (leguminosas) e incorporação de resíduos das culturas no solo.

F-gases (halocarbonos) têm ganho especial importância desde 1995, ligada à substituição gradual de halocarbonos como substituto de substâncias que diminuem a camada de ozono em sistemas de refrigeração, espuma, inaladores para a asma e sistemas de proteção contra incêndio. Os setores mais relevantes são: ar condicionado (36%), refrigeração comercial (34%) e ar condicionado móvel (21%).

3.1.1 - Evolução das Emissões de GEE em Portugal por Setor

De acordo com as diretrizes dos relatórios da UNFCC, as emissões estimadas estão agrupadas em cinco grandes categorias: Energia, Processos industriais e uso de produtos (IPPU), Agricultura, Uso das terras, alteração do uso das terras e silvicultura (LULUCF) e Resíduos.

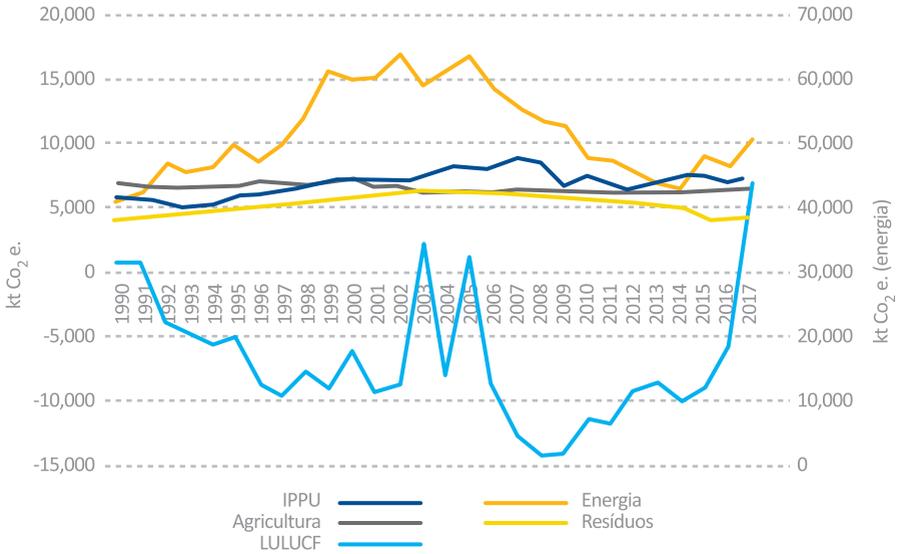
Figura 10 | Emissões de GEE por setor em Portugal (2017)



Fonte: APA, 2019

O Setor energético, o mais importante, responsável por 73% do total das emissões em 2017, incorporado nesse setor, as indústrias energéticas (particularmente, a eletricidade pública e a produção de calor) e os transportes são as duas fontes mais importantes representando, respetivamente, 30% e 24% do total das emissões. (APA, 2019)

Figura 11 | Emissões de GEE e Sequestro de carbono Português por setor económico (1990-2017)



O total das emissões apresenta diferentes momentos ao longo do tempo. O crescimento continuado das emissões durante 1990 deu lugar a um ritmo moderado que começou a estagnar no início de 2000, registando depois disso, particularmente em 2005, um decréscimo provavelmente associado à crise económica global que se fez sentir particularmente em Portugal. Conforme se pode observar na Figura 11, a tendência geral das emissões baseia-se na evolução do setor energético, que apresenta um aumento de 17% durante o período de 1990-2015, e reflete a importante dependência do país ao nível dos combustíveis fósseis na produção de eletricidade e transporte e, mais recentemente, como resultado do investimento em larga escala em energias renováveis e na eficiência energética (APA, 2017). Outro aspeto importante a reter, é o efeito que os incêndios florestais podem ter na capacidade de sequestro de carbono e por conseguinte no balanço de carbono nacional. Os anos de 2003, 2005 e 2017 foram os piores anos em termos de área ardida em Portugal desde que existem registos e, isso está manifestamente presente na capacidade da floresta em servir como sumidouro de carbono e nesses anos em particular, como fonte líquida de emissões de GEE para a atmosfera.

3.1.2 - GEE Indiretos e Emissões de Óxidos Sulfúricos

Certos gases não têm influência direta nas alterações climáticas, mas afetam a formação ou destruição de outros GEE. Monóxido de carbono (CO), Óxidos de Nitrogénio (NO_x) e compostos orgânicos voláteis que não o metano (NMVOC) são precursores de Ozono, que também é um GEE. Óxidos sulfúricos (SO_x) produzem aerossóis, pequenas partículas que podem afetar as características de absorção da atmosfera. Em 2015, as emissões destes gases diminuíram em comparação com os níveis de 1990: SO_x - 85%, CO - 67%, NMVOC - 35% e NO_x - 28%. (APA, 2017)

3.2 - Emissões Específicas da Agricultura

“A agricultura é, ao mesmo tempo, culpada e vítima das alterações climáticas. Precisamos urgentemente de alterar o modo como produzimos e consumimos os alimentos. Só assim será possível, ao mesmo tempo, alimentar a crescente população mundial, erradicar a fome e respeitar a natureza. A exploração dos recursos naturais é tal, que corremos o risco da fome se espalhar e ameaçar o futuro da humanidade e do planeta”, afirmou Bernd Nilles, Secretário Geral da CIDSE.

O sector agrícola desempenha sem dúvida, um papel fundamental à escala mundial, por fixar populações no espaço rural e por produzir os alimentos que sustentam uma população que cresce a um ritmo nunca observado na história da Humanidade. É, no entanto, um importante consumidor de recursos naturais e responsável por impactes ambientais relevantes, seja na paisagem, nos ecossistemas ou no clima.

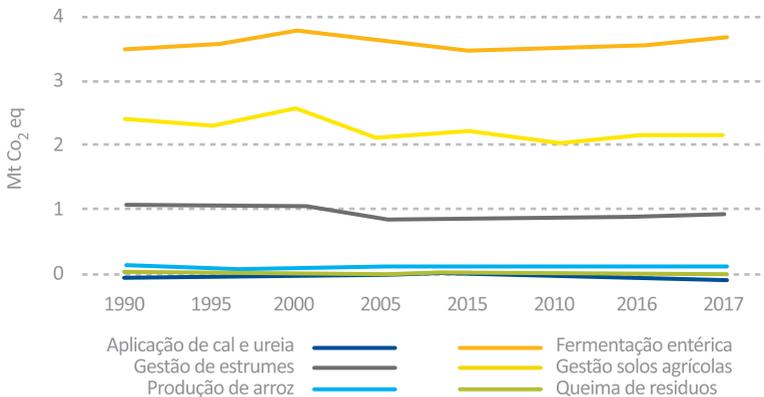
Os alimentos produzidos através de métodos industriais geram uma quantidade considerável de gases com efeito de estufa, seja por meio dos fertilizantes azotados sintéticos utilizados, pela emissão de metano pelos animais, pela alteração do uso do solo ou pelo uso de equipamentos e máquinas agrícolas. Todas estas atividades geram e são emissoras de GEE para a atmosfera.

O setor da Agricultura, Silvicultura e Pesca é o único setor económico onde as emissões de metano e óxido nitroso (expressas em CO₂ eq.) são superiores ao dióxido de carbono. Em 2017, este setor foi responsável pela emissão de 11,7% dos GEE na União Europeia, dos quais 46% foram de metano, 35% de óxido nitroso e apenas 19% de dióxido de carbono. (Eurostat, 2018)

Em Portugal, a agricultura foi o setor que apresentou menores oscilações das emissões de GEE entre 1990 e 2015, destacando-se o facto de, a partir de 2005, se situarem sempre abaixo das registadas em 1990. Em 2017 as emissões da agricultura representaram 9,7% da contabilidade nacional de GEE. Em 1990 a agricultura representava 8,5% das emissões totais.

As emissões totais de GEE do setor agrícola nacional diminuíram 3,6% de 1990 a 2017: 7,14 Mt de CO₂ eq. em 1990 e 6,88 Mt de CO₂ eq. em 2017. A redução mais significativa ocorreu com as emissões de óxido nitroso, 13,4%, enquanto as emissões de metano aumentaram 1,6%. Realça-se, no entanto, o aumento de 1,6% das emissões totais do setor, entre 2016 e 2017, promovido essencialmente pelo aumento do número de efetivos animais. No mesmo período, as emissões provenientes da fermentação entérica aumentaram 2,5%, perfazendo um total de 3,66 Mt CO₂ eq. (Figura 12).

Figura 12 | Evolução dos GEE na agricultura por fonte de emissão (1990 - 2017)



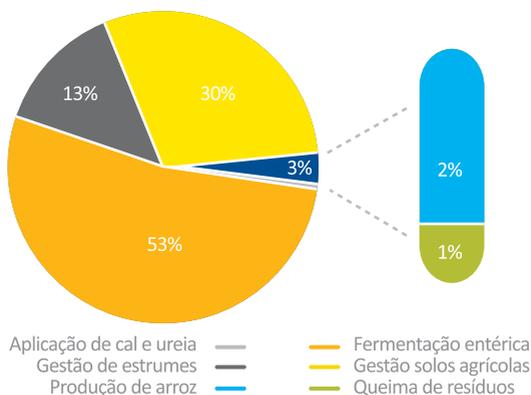
Fonte: Adaptado de APA, 2019

Observando a Figura 13, constata-se que mais de metade das emissões de gases com efeito de estufa provenientes da agricultura vêm do setor pecuário. A maior fonte destes gases é a fermentação entérica, devido à produção de metano pelos animais durante a digestão e expulsão por eructação.

Os bovinos leiteiros e os bovinos de carne são os animais que, de uma forma geral, têm as emissões mais elevadas de metano, quer as derivadas do processo digestivo, quer as originadas pelos dejetos, seguindo-se os pequenos ruminantes (ovelhas e cabras) e os herbívoros não ruminantes. Os suínos e as aves são as espécies que produzem menores quantidades de metano nos processos digestivos e que originam menores emissões a partir dos dejetos. Nas atividades vegetais, a emissão de CH₄ apenas é significativa na cultura do arroz, devido à decomposição anaeróbia da matéria orgânica em solos inundados. (Sousa, 2012). A cultura do arroz em 2017 foi responsável por 2% do total de emissões provenientes da agricultura.

No cômputo geral, o crescimento das emissões entre 2016 e 2017, é explicado maioritariamente pelo aumento da população de bovinos de engorda (+38.330 animais), de ovinos (+63.700), e de aves (+1.652.740), bem como à maior produtividade da cultura do arroz (+340 kg/ha).

Figura 13 | Distribuição dos GEE por fonte de emissão do setor agrícola (2017)



Fonte: Adaptado de APA, 2019

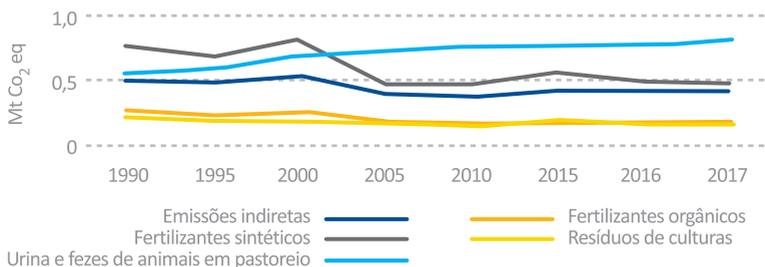
A segunda categoria com maiores emissões de gases com efeito de estufa, diz respeito à gestão dos solos agrícolas com quase 1/3 da totalidade dos GEE do setor agrícola. A contabilização destas emissões está associada exclusivamente ao N₂O que tem um potencial de aquecimento global de 298 vezes superior ao CO₂. Nos solos agrícolas, as emissões de N₂O aumentam em função do azoto

disponível capaz de desencadear atividade microbiológica através dos processos de nitrificação e desnitrificação. Os fatores que mais influenciam a emissão de N_2O , dizem respeito principalmente às práticas agrícolas (taxa de aplicação de N, tipo de cultura, tipo de fertilizante) e condições do solo (humidade do solo, conteúdo orgânico de C do solo, pH e textura do solo).

A evolução destas emissões pode ser observada em detalhe na Figura 14, sendo evidente o peso crescente das emissões provenientes da urina e fezes de animais em pastoreio, que tem vindo a acentuar-se desde 1990. Em 2017 o peso desta sub-fonte representava 39% das emissões da gestão do solo, tendo aumentado 47,5% desde 1990 (Figura 15). Por outro lado, as emissões de fertilizantes sintéticos têm vindo a estabilizar na última década, tendo decrescido 36% desde 1990. Em 2017, o contributo dos fertilizantes sintéticos continua a ser muito relevante, representando cerca de 23% das emissões totais. Em 1990, representava 32%.

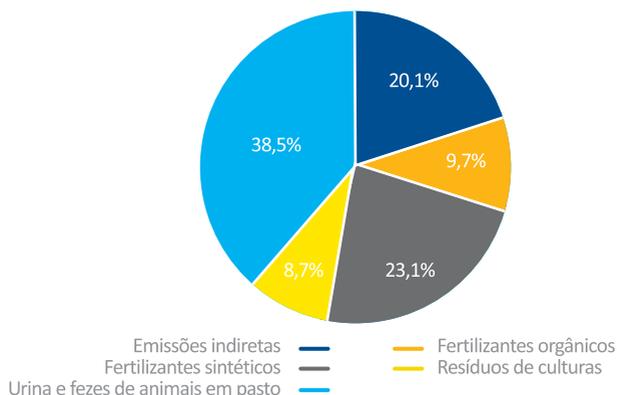
Além das emissões diretas de N_2O , as emissões de N_2O também podem ocorrer por duas vias indiretas: via volatilização na forma de NH_3 e NO_x e via N perdida por lixiviação e escoamento. Esta situação, ocorre quando uma parte do N adicionado ao solo a partir de fertilizantes (sintéticos e orgânicos) e da urina/fezes em pastagem, é volatilizado como NH_3 e NO_x . Uma fração do N volatilizado retorna ao solo e é reemitido como N_2O . Da mesma forma, uma fração do N adicionado por resíduos agrícolas é perdido por lixiviação e escoamento e indiretamente acaba por originar N_2O . Estas emissões têm um peso muito expressivo na contabilização de GEE, representando em 2017, cerca de 20% das emissões totais.

Figura 14 | Evolução das emissões por sub-fonte da categoria gestão do solo agrícola (1990 - 2017)



Fonte: Adaptado de APA, 2019

Figura 15 | Contribuição das várias sub-fontes de N₂O provenientes da gestão de solos agrícolas (2017)



Fonte: Adaptado de APA, 2019

O inventário de emissões é o ponto de partida para a contabilidade de emissões de GEE, contudo, para avaliar o balanço de GEE nacional, é necessário incluir as múltiplas fontes de sequestro existentes (ex: solos/floresta/agricultura). Por essa razão, é importante reforçar que a existência de vegetação, *per si*, não é sinónimo de sequestro de carbono da atmosfera, a retenção do carbono em biomassa vegetal, no longo prazo, só é possível em culturas plurianuais. Isto acontece porque em culturas de ciclo curto (anual), a perda de biomassa origina emissões que “compensam” o sequestro ocorrido enquanto a planta cresce, já em culturas de ciclo longo (décadas), há ciclos longos de sequestro (de pequena escala) seguidos de picos de emissão (de grande escala), nomeadamente quando ocorre o arranque ou corte das plantas lenhosas. Esta situação pode e deve ser contrariada com o aumento do teor de matéria orgânica do solo ao longo do ciclo.

Segundo a FAO, em 2011, 45% das emissões de gases com efeito estufa relacionadas com a produção agrícola ocorreram na Ásia, seguidas pelas Américas (25%), África (15%), Europa (11%) e Oceânia (4%). Esta distribuição regional manteve-se praticamente constante ao longo da última década. Em 1990, no entanto, a contribuição da Ásia para o total mundial (38%) era menor do que no presente, enquanto a da Europa era muito maior (21%).

3.3 - Emissões e Sequestro de Uso de Solo e Alterações de Uso de Solo na Agricultura

De acordo com Lal (1997), os processos gerais de sequestro de carbono nos solos ocorrem via processos de humificação, agregação e sedimentação. A humificação define-se como decomposição/transformação de detritos vegetais e animais por ação de microrganismos em húmus, um estágio mais resistente a novas ações microbianas (processo bioquímico), conseqüentemente gerando um acúmulo de carbono no solo (KIEHL, 1979). A agregação do solo ou estruturação do substrato edáfico – resultado do arranjo das partículas primárias do solo – é conseqüência dos processos de floculação e cimentação (DUIKER *et al.*, 2003), estando entre os principais responsáveis pelo sequestro de C no solo (LAL, 1997). Por fim, a sedimentação é o processo de acúmulo de materiais provenientes da área fonte onde o ambiente perdeu a capacidade de transporte desse material. Esses materiais podem ser provenientes de outras áreas (alóctones) ou da própria área (autóctones) (SUGUIO; BIGARELLA, 1990).

Segundo Paula e Valle (2007), os principais processos de perdas de C no solo seriam por lixiviação, erosão, volatilização e decomposição (aeróbia ou anaeróbia). Pulrolnik (2009) explica que a lixiviação é um processo físico de remoção de materiais solúveis pela translocação da água. A erosão, segundo Pruski (2011), consiste no processo de desprendimento e arraste das partículas primárias do solo, ocasionado por fenômenos naturais, porém, pode ser intensificada pela ação humana, especialmente por causa da gestão inadequada do solo ou de características do ambiente como o comprimento e declive de encostas.

A magnitude desses processos, em condições edafoclimáticas específicas, depende direta ou indiretamente da gestão do solo. As concentrações de CO₂ atmosférico em áreas agrícolas podem ser reduzidas pelo uso de sistemas de preparação do solo que resultem em matéria orgânica estável e mais resistente à degradação.

Ecossistemas onde a emissão de carbono excede a assimilação na forma de produção primária são considerados como fontes desse gás. Ao contrário, se a absorção predomina sobre a libertação, são considerados sumidouros. Portanto, o balanço entre o carbono perdido pelo processo de respiração e o acumulado como matéria orgânica conduzem o solo à função de sumidouro ou fonte desse elemento.

Essa função do solo depende fundamentalmente do seu uso e manejo, principalmente, quando ocorre a conversão de vegetação natural (especialmente áreas florestais) em sistemas agropecuários, alterando os reservatórios de carbono do solo. A floresta pode acumular, a longo prazo, grandes quantidades de carbono, quer no material vegetal, quer na matéria orgânica do solo. As florestas são assim, em larga medida, o reservatório de carbono mais importante da biosfera em termos globais. Uma redução global da área destes ecossistemas naturais terá impactes negativos sobre a capacidade de sumidouro da biosfera.

Sistemas sem mobilização do solo, como por exemplo, reflorestamento, sementeira/ plantação direta e pastagens, em geral, resultam numa maior conservação de carbono no solo em relação aos que utilizam a mobilização do solo, sendo considerados fontes de GEE para a atmosfera. No que diz respeito aos sistemas de mobilização do solo, pratica-se a mobilização convencional associado à inversão das camadas do solo (reviramento da leiva), e a mobilização conservadora (mobilização mínima) que interdita o recurso a qualquer tipo de mobilização que execute o reviramento da leiva, permitindo apenas a utilização de alfaias que executem mobilização vertical das camadas de solo; em comparação com a tradicional, a mobilização conservadora tem efeitos positivos sobre as características físicas, químicas e biológicas do solo, entre elas destacam-se o aumento dos bioporos, maiores taxas de infiltração de água, acréscimos dos teores de matéria orgânica, entre outros.

Se esses sistemas forem acompanhados com outras práticas, tais como, rotação, sucessão e consociação, que favoreçam a acumulação de resíduos vegetais no solo e adição de carbono no perfil de solo, então, a mitigação das emissões de CO₂ e dos demais gases de efeito de estufa, como o N₂O e CH₄ para a atmosfera, será favorecida. Portanto, para que ocorra “sequestro” de carbono no solo é fundamental que o agroecossistema esteja associado a um sistema de cultivos (cultura principal e planta de cobertura) com elevada produção de biomassa e decomposição mais lenta de resíduos vegetais, o que resultará em cobertura mais eficiente do solo. (Carvalho, s.d.)

Por meio da fotossíntese, a vegetação retira o CO₂ do ar, utilizando-o para o seu crescimento, contribuindo dessa forma para absorver parte das emissões provenientes das atividades humanas, retardando o aumento das concentrações atmosféricas e a intensificação do efeito estufa.

Mas o crescimento da vegetação depende também da disponibilidade de nutrientes do solo. Um dos principais é o azoto, amplamente utilizado como fertilizante pela agricultura em todas as geografias.

A elevação do CO₂ atmosférico e as estações de crescimento mais longas, aumentam a produtividade da vegetação. O consumo de nutrientes cresce, mas não sendo acompanhado por uma maior disponibilidade de nutrientes, a disponibilidade de azoto para as plantas reduz-se.

Esta é uma situação contraditória. Por um lado, algumas culturas agrícolas estão saturadas de azoto por causa dos fertilizantes, gerando em alguns locais, impactos ambientais. De outro lado, em resposta ao aquecimento global, a vegetação em ambientes naturais passou a conviver com uma deficiência de azoto.

A restrição imposta pela deficiência de azoto pode levar a vegetação a absorver menos carbono da atmosfera. Isso tem implicações na projeção de cenários futuros de emissões de gases com efeito de estufa. Retirando menos carbono da atmosfera, a contribuição dos ecossistemas terrestre será menor do que é suposto atualmente.

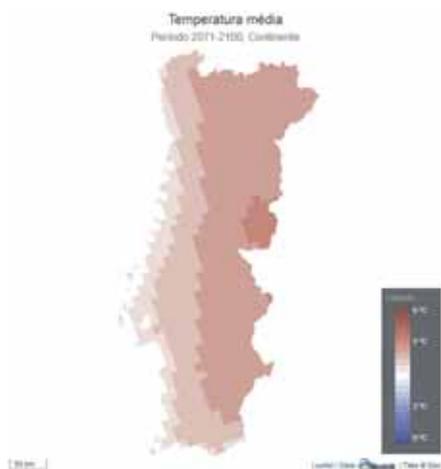
Os processos de degradação física, química e biológica que resultam na diminuição de biomassa produzida e incorporada no solo causam impactos negativos na acumulação de carbono do solo, podendo aumentar as emissões dos gases CO₂, CH₄, NO e N₂O para a atmosfera. As alterações na dinâmica de decomposição da matéria orgânica por mecanismos biológicos associados aos resíduos vegetais, além dos fatores climáticos, afetam diretamente a liberação de CO₂ e a mineralização do azoto, refletindo-se na emissão de gases de efeito de estufa para a atmosfera.

3.4 - Cenários Climáticos

Sendo Portugal um país do Sul da Europa, com grande extensão de costa e com influências mediterrâneas, está localizado numa região potencialmente mais afetada pelas alterações climáticas, do que os parceiros da União Europeia do Norte. A região mediterrânica e Portugal em particular, são reconhecidas por serem *hotspots*, precisamente porque os modelos climáticos estimam

aumentos médios da temperatura nesses locais, muito acima da média global. O cenário de aumento da temperatura global de 2°C, pode significar um aumento, em algumas zonas de Portugal, de 5° ou 6°C.

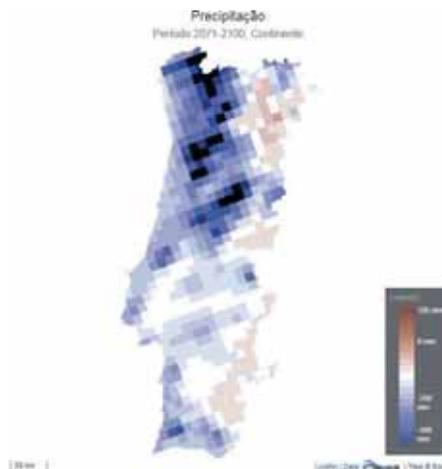
Figura 16 | Anomalias da temperatura média (referência 1971-2000) para o período 2071 -2100, RCP8.5 e para os modelos regionais e globais



Normais climatológicas: Cenário RCP8.5 2071-2100 | Média Temporal: Anual | Estatística: Anomalia | Referência: 71-00 | Modelo Regional: Ensemble | | Modelo Global: Ensemble

Fonte: Portal do Clima, 2019

Figura 17 | Anomalias da precipitação (referência 1971 -2000) para o período 2071-2100, RCP8.5 e para os modelos regionais e globais



Normais climatológicas: Cenário RCP8.5 2071-2100 | Média Temporal: Anual | Estatística: Anomalia | Referência: 71-00 | Modelo Regional: Ensemble | | Modelo Global: Ensemble

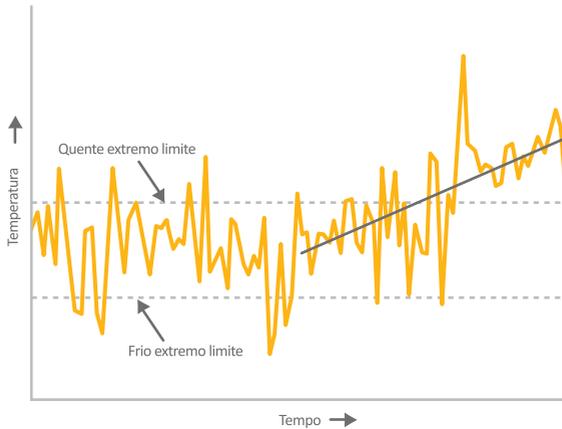
Fonte: Portal do Clima, 2019

Os riscos que enfrentamos são muito variados, desde ondas de calor, seca, inundações, incêndios e tempestades. O estudo dos padrões das alterações da temperatura e precipitação é crucial para avaliar os riscos climáticos.

Os cenários climáticos para Portugal reforçam o aumento da temperatura que pode chegar a +5°C até 2100, especialmente durante o verão no interior do País. Com o aumento da temperatura, aumentará o número de dias muito quentes (temperatura máxima $\geq 35^{\circ}\text{C}$), especialmente no interior sul, as noites tropicais (temperatura mínima $\geq 20^{\circ}\text{C}$) e ondas de calor de maior duração,

em particular no interior norte. Este aquecimento irá agravar o risco de incêndios rurais e o risco de desertificação.

Figura 18 | Alteração dos limites das temperaturas extremas à medida que a temperatura média aumenta



Fonte: Australian Academy of Science, 2015

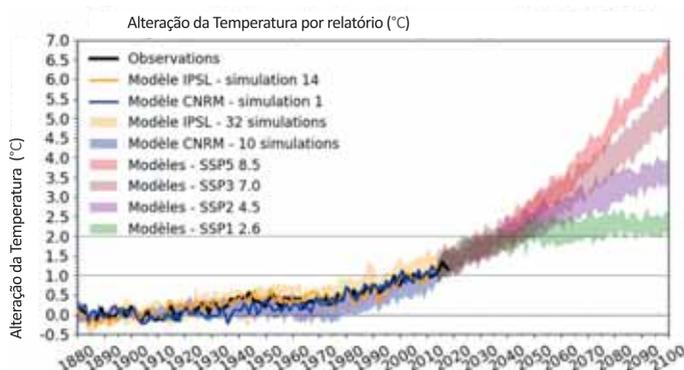
Os padrões de precipitação irão enfrentar alterações, com decréscimos significativos dos valores anuais em todo o território, apesar do aumento da precipitação em dezembro/ janeiro (eventos maiores, mas menos frequentes de precipitação, aumentarão a lixiviação de azoto para camadas mais profundas do solo, dificultando o acesso da vegetação a esse nutriente). É também mais provável que a época seca durante o verão aumente. Ainda assim, essa redução da precipitação não compensa os desvios da variabilidade inter-anual. Apesar desta tendência, haverá anos com mais precipitação do que os anos normais na atualidade. Nesta situação, o território nacional encontrar-se-á vulnerável a inundações, em particular considerando as tendências de aumento da contribuição dos dias com chuva intensa para a precipitação anual. Por outro lado, a redução da precipitação conduzirá a uma diminuição do caudal dos rios e intensificação dos eventos de seca e processos de desertificação.

As variáveis, temperatura e precipitação, definem uma tendência para o clima de Portugal, onde é expectável a expansão para o norte do verão quente do Mediterrâneo. Para o final do século é também esperado o aparecimento de climas quentes semiáridos no sul de Portugal.

Criado há mais de 20 anos pelo *World Climate Research Programme* (WCRP), o programa modelo de intercooperação (CMIP) promove a cooperação internacional entre os vários centros de modelação climática. Em setembro de 2009 cientistas franceses do Centro Nacional de Pesquisa Científica (CNRS), do comissariado de Energia Atómica (CEA) e do Instituto de Meteorologia *Météo France*, revelaram os resultados das suas últimas modelações; o aquecimento global será muito maior do que o previsto até ao final do século.

Com base em diferentes cenários socioeconómicos (SSP), dois modelos climáticos franceses, CNRM-CM6 e IPSL-CM6A-LR, preveem um aumento da temperatura média da terra até 2040 com algumas variações mais ou menos importantes dependendo do ano. A partir de 2040 e até 2100, os modelos já apresentam cenários bastante diferentes, que dependem acima de tudo de políticas climáticas fortemente impostas/implementadas, quer sejam postas em prática “hoje”, como ao longo do século 21 (Figura 19).

Figura 19 | Comparação das temperaturas globais médias simuladas para o CMIP 5 (linhas tracejadas e cores pastel) e para o CMIP6 (linhas sólidas e cores brilhantes) para os dois modelos franceses. O modelo CNRM-ESM2 também é mostrado para o cenário SSP5 8.5

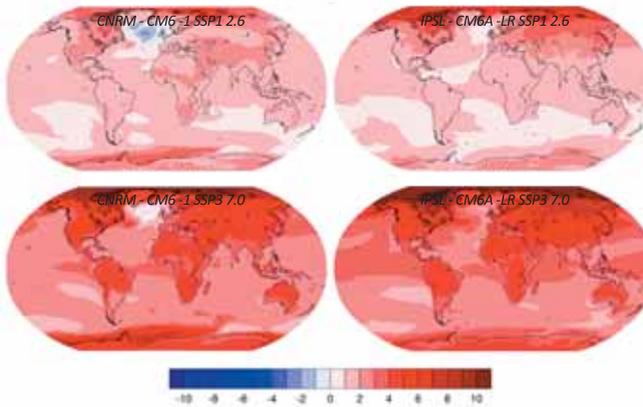


Fonte: CNRS, CEA, & Météo-France, 2019

O cenário SSP1 2.6, envolve um esforço importante e implica uma redução drástica e imediata das emissões de CO₂ (permitindo ultrapassar temporariamente o objetivo de aumento de 2°C) e atingir a neutralidade de carbono por volta de 2080. Nos cenários mais pessimistas (SSP3 7.0 e SSP5 8.5) em que não há qualquer esforço de reduzir as emissões de CO₂, mas sim em manter um crescimento económico alimentado por combustíveis fósseis, simulam um aumento drástico da temperatura média global até 2100, na ordem de +6.5°C/ 7°C.

Ao nível do aumento da temperatura média das regiões (continentes/ países), os modelos apresentam resultados diferentes quer para os cenários otimistas, quer para os cenários pessimistas até 2100 (Figura 20).

Figura 20 | Distribuição das mudanças anuais de temperatura da superfície (°C) em 2071-2100 (em comparação com 1981-2010) em dois dos cenários (SSP1 2.6 e SSP3 7.0), de acordo com o modelo CNRM-CM6 (à esquerda) e IPSL (direita)



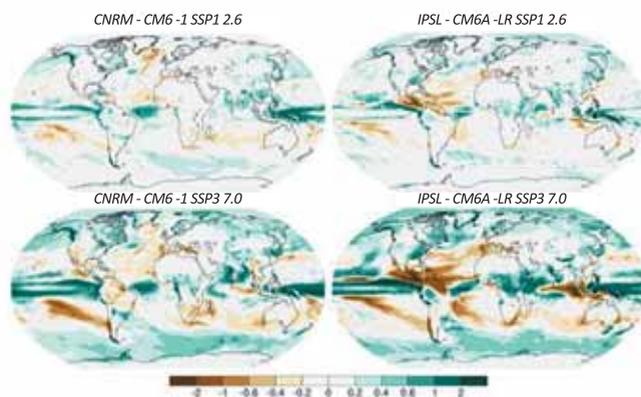
Fonte: CNRS, CEA, & Météo-France, 2019

Nos cenários mais otimistas (SSP1 2.6) é notório que o maior aquecimento é nas altas latitudes do hemisfério Norte (no modelo IPSL-CM6A-LR ainda é mais acentuado), os continentes vão ter a sua temperatura média aumentada face aos oceanos – realça-se que no modelo CNRM-CM6 Portugal tem um aumento na ordem dos +2°C enquanto que no modelo IPSL-CM6A-LR o aumento

é na ordem dos $+3^{\circ}\text{C}/4^{\circ}\text{C}$ –, e o modelo CNRM-CM6 simula um arrefecimento localizado no Atlântico Norte. Nos cenários mais pessimistas, o aumento médio da temperatura ainda é maior nas altas latitudes do hemisfério norte, passando a apresentar um incremento de $+6^{\circ}\text{C}$ - 10°C , os oceanos continuam a apresentar um menor aumento da temperatura face aos continentes, e Portugal registará um aumento médio na ordem dos $+2^{\circ}\text{C}/5^{\circ}\text{C}$. Esta situação faz com que os fenómenos de ondas de calor (que se sentiram recentemente em muitas cidades europeias) sejam cada vez mais frequentes e mais duradouros.

Ao nível da precipitação média anual acumulada das regiões (em milímetros por dia), os modelos apresentam resultados diferentes quer para os cenários otimistas quer para os cenários pessimistas até 2100 (Figura 21).

Figura 21 | Alterações anuais acumuladas da precipitação (em milímetros por dia) simuladas pelo CNRM-CM6 (esquerda) e pelo modelo IPSL (direita) entre 1981-2010 e 2071-2100 nos cenários SSP1 2.6 (superior) e SSP3 7.0 (inferior)



Fonte: CNRS, CEA, & Météo-France, 2019

Para o mesmo modelo, a distribuição geográfica das mudanças é semelhante para os dois cenários mostrados. A intensidade dessas mudanças é, no entanto, ainda mais acentuada quando o cenário em questão envolve emissões de gases de estufa mais elevados (cenários SSP3 7.0 – Figura 21). Nos dois modelos, a precipitação aumenta em grande parte no Pacífico tropical, nos mares do Sul e em muitas regiões de latitudes médias e altas do hemisfério Norte. Ao invés, a região do

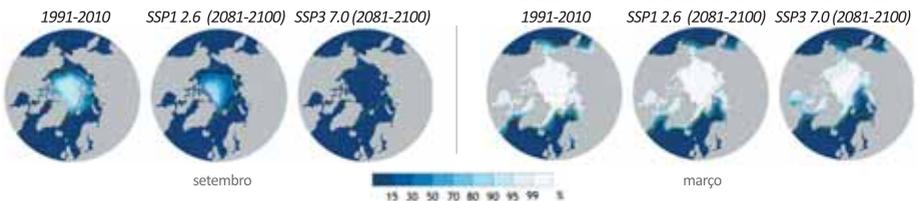
mediterrâneo pode secar assim como muitas regiões semiáridas. Comparando os dois modelos conseguimos perceber as diferenças em algumas partes do mundo, nomeadamente as Américas. Também é perceptível que o modelo IPSL tende a simular mudanças mais drásticas do que o CNRM-CM6-1, quer seja nas regiões de seca quer seja nas regiões onde ocorre um aumento de precipitação. Como referimos anteriormente, a região mediterrânea está a secar e Portugal não escapa a essa tendência, sendo notório que em ambos os cenários e ambos os modelos, a precipitação nacional decresce drasticamente.

Relativamente à evolução do campo de gelo do Ártico, as previsões para o verão são alarmantes.

No final do verão (setembro), no cenário SSP3 7.0 (cenário pessimista de emissão de gases com efeito de estufa), as projeções de ambos modelos convergem para um desaparecimento total do gelo do ártico até ao final do século. Enquanto que no cenário mais otimista, cenário SSP1 2.6, o modelo CNRM-CM6 (linha azul cyan) mantém as condições próximas do mínimo de congelamento registado em setembro de 2012; enquanto que o modelo IPSL (linha encarnada) simula um desaparecimento virtual do gelo marinho.

No final do inverno (março), o gelo simulado pelos dois modelos permanece relativamente extenso, mas atinge apenas algumas dezenas de centímetros de espessura, contrariamente ao registado atualmente de 0,5 metros. O gelo recua na região do Pacífico e desaparece completamente no mar de Barents (no Norte da Escandinávia) que consequentemente está a perder sucessivamente o seu carácter marítimo polar (Figura 22).

Figura 22 | Percentagem de cobertura de gelo simulada pelos dois modelos em setembro e março para 1991-2010 e para 2081-2100 (SSP1 2.6 e SSP3 7.0)



Contornos vermelho e cyan: limites de gelo simulados respetivamente pelo modelo IPSL e pelo CNRM-CM6. Esboço verde: reconstruções baseadas em observações do modelo Piomas para o período 1991-2010. Gradientes azul-branco: cobertura de gelo simulada pelo CNRM-CM6

Fonte: CNRS, CEA, & Météo-France, 2019

A interpretação destes cenários climáticos é consistente com outras projeções já realizadas para Portugal, como é o caso do projeto SIAM e SIAM II (*Climate Change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measures*). Este projeto teve como objetivo a realização da primeira avaliação integrada dos impactos e medidas de adaptação às alterações climáticas em Portugal Continental no século XXI. Os estudos realizados basearam-se em cenários do clima futuro obtidos a partir de modelos de circulação geral da atmosfera e incidiram sobre um conjunto de sectores socioeconómicos e sistemas biofísicos designadamente: recursos hídricos, zonas costeiras, agricultura, saúde humana, energia, florestas e biodiversidade e pescas.

Das conclusões destaca-se que a região sul de Portugal, será a mais afetada devido ao aumento da aridez. Num dos cenários do estudo, o número de dias por ano com temperaturas máximas superiores a 35°C em 2080 poderá chegar a 100/120 dias em todo o Alentejo interior. Atualmente, são 30 a 40 dias, pelo que é expectável que as ondas de calor sejam por isso, mais frequentes.

As ocorrências de pragas e doenças também poderão ser mais frequentes “devido ao stress ambiental acrescido”. E várias culturas poderão ser afetadas, nomeadamente as florestais, porque os decréscimos de produtividade associados ao aumento dos riscos ambientais, como as pragas, doenças e incêndios, vão constituir um forte desincentivo ao investimento, conduzindo a um aumento do abandono dos espaços florestais. A prazo vem o abandono e a longo prazo, o que se segue é a desertificação.

3.5 - Impactos na Agricultura e nos Ecossistemas

“Já reparou que há sobreiros e azinheiras a morrer no Alentejo? Que as ondas de calor se tornaram mais frequentes? Que a floresta de Portugal está a diminuir, consumida pelos incêndios? Que a chuva já não cai como antes? Que os Invernos estão mais curtos? Que os mosquitos da febre de dengue encontraram condições para espalhar um surto na ilha da Madeira? Que, devagarinho, acontece uma subida do nível do mar? São apenas alguns dos efeitos das mudanças climáticas em Portugal”. (Freitas, 2017)

Os impactos das alterações climáticas na atualidade são vistos no ambiente natural, e estão associados com o aquecimento global e com o aumento em número, duração e severidade das ondas de calor. Estes impactos incluem alterações no crescimento e distribuição das plantas, animais e insetos.

As alterações climáticas começam a afetar a distribuição das culturas, a reduzir as produções e a aumentar as necessidades hídricas na agricultura; na pecuária, a escassez de alimento que por vezes acontece, aumenta os custos de produção e diminui a sua produtividade. Estas alterações em conjunto ou parcialmente, proporcionam condições favoráveis para pragas e doenças com impacto negativo na agricultura, florestas, biodiversidade e saúde humana. As ondas de calor também aumentam a mortalidade, enquanto que, o *stresse* hídrico é um *driver* importante para a perda de biodiversidade e migração de espécies. A tudo isto, adicionalmente, ainda há uma tendência crescente para mais tempestades e processos de erosão costeira.

O aumento da temperatura provocará um avanço fenológico para Norte e influenciará os processos fisiológicos das plantas obrigando a um ajustamento do seu ciclo cultural. Para as plantas com necessidades de frio ou de geadas, o aumento da temperatura poderá levar à ausência de floração nos cenários mais drásticos ou a atrasos na data de floração. Nas plantas que não têm necessidades de frio, ou quando estas são satisfeitas, a taxa de desenvolvimento está linearmente relacionada com a temperatura em que a planta se desenvolve. Dado que o avanço da floração e maturação terá como consequência uma redução da estação de crescimento, com um crescimento e produção finais menores, haverá necessidade de utilizar novas variedades, fazer as sementeiras mais tarde e recorrer a rega deficitária ou de complemento como forma de mitigar esses efeitos.

Apesar da precipitação total poder vir a diminuir, além dos impactos gerados pelo *stresse* hídrico, o aumento da pluviosidade num curto espaço de tempo, determina impactos negativos associados à lixiviação de azoto para camadas mais profundas do solo (ou mesmo para fora desse solo); ao aumento da erosividade da precipitação e ao aumento da necessidade de drenagem artificial e lixiviação. As culturas tornaram-se mais suscetíveis aos eventos extremos. A sociedade também.

O **Índice de Risco Climático (CRI)** é uma medida que indica o nível de exposição e vulnerabilidade a eventos extremos. Este índice reflete apenas os impactos diretos (perdas diretas e fatalidades) de eventos climáticos extremos, enquanto que impactos indiretos (por exemplo, o resultado de

secas e escassez de alimentos) não são registados. Ainda assim, é uma ferramenta importante que está ao dispor dos países para ajudar a interpretar quais os eventos extremos mais frequentes e quais se poderão vir a acentuar no futuro.

No último relatório do *Global Climate Risk Index 2020* (Germanwatch, 2019), Portugal é o 19º país mais afetado por eventos climáticos extremos entre 1999 e 2018. No período de 20 anos, em Portugal, morreram 11 pessoas por cada 100 mil habitantes (cerca de mil mortes em todo o país), por causa dos eventos registados, e registou-se uma perda de cerca de 37 milhões de euros. Globalmente, e considerando os dados de 181 países, registaram-se 12 mil eventos climáticos extremos, 495 mil mortes e perdas no valor de 3,54 mil biliões de dólares (cerca de 3,19 mil biliões de euros). Já em 2017 Portugal foi o 11º país mais afetado por eventos climáticos, tendo registado um total de 113 mortes e uma perda superior a mil milhões de dólares. O ano de 2017 foi também o ano com maior área ardida (quatro vezes mais alta que o habitual) e coincidiu com uma onda de calor que afetou Portugal Continental.

Segundo a Organização Meteorológica Mundial, considera-se que ocorre uma onda de calor quando num intervalo de pelo menos 6 dias consecutivos, a temperatura máxima diária é superior em 5°C ao valor médio diário no período de referência. De realçar, no entanto, que esta definição está mais relacionada com o estudo e análise da variabilidade climática (em termos de tendências) do que propriamente com os impactos na saúde pública de temperaturas extremas que possam observar-se num período mais curto. Por exemplo, a ocorrência de 3 dias em que a temperatura seja 10°C acima da média terá certamente mais impacto na saúde que 7 dias com temperatura 5°C acima da média.

A ciência sugere que períodos de calor extremo não só se tornarão mais comuns devido ao aumento da temperatura global, mas também interagirão e agravarão os riscos já existentes, como secas, chuvas ou inundações extremas. O aumento da temperatura, acentua o efeito da evapotranspiração que, juntamente com as alterações na variabilidade na precipitação, amplia as condições de seca.

Na agricultura a combinação entre ciclos de ondas de calor combinadas com secas hidrológicas, levarão inevitavelmente a quebras na produção, com forte impacto na atividade agrícola e por conseguinte, na segurança alimentar. Os efeitos adversos são sentidos não apenas diretamente onde os extremos climáticos ocorrem, mas também indiretamente nas regiões que sofrem com

as repercussões da redução das exportações e do aumento dos preços dos alimentos. Esta situação é mais grave nos países do Sul, nomeadamente na região do Mediterrâneo e norte de África, sendo esta uma das razões apontadas para o fluxo de migrações que tem ocorrido para a Europa.

3.5.1 - O exemplo da carne de vaca

A produção de carne bovina e as alterações climáticas têm tido um grande destaque na comunicação social, sobretudo face a medidas que têm sido propostas e colocadas em prática, tendem a polarizar e, de certo modo, a contaminar o debate sobre as alterações climáticas.

Como já foi referido, as emissões de origem entérica dos animais, nomeadamente o gás metano, inequivocamente é o constituinte individual que mais contribui para as alterações climáticas no setor agrícola nacional. Por estas razões, é fácil compreender que os consumos de determinados alimentos não têm necessariamente o mesmo impacto nas emissões de GEE e que o maior ou menor consumo de determinado produto pode aumentar ou diminuir a pegada de carbono da nossa alimentação. No caso da carne de vaca, e o mesmo pode ser aplicado a todos os outros produtos, o regime de produção, as raças ou variedades selecionadas, a gestão dos estrumes e das pastagens, desempenham um papel chave no total de emissões que são geradas. O impacto da produção extensiva em Portugal é muito inferior ao da produção “extensiva” nos trópicos, realizado à custa do abate da floresta tropical, libertando assim terra limpa convertível em pastagem. No caso da produção extensiva nacional é inclusivamente possível ter sistemas em que o balanço de emissões é negativo (isto é, o sequestro de carbono nos solos é superior às emissões dos animais).

A produção animal é uma fonte nutritiva de proteína de qualidade e é fundamental em praticamente todas as dietas do mundo, contudo, ainda é ineficiente em termos de recursos naturais (sistemas pecuários e uso do solo).

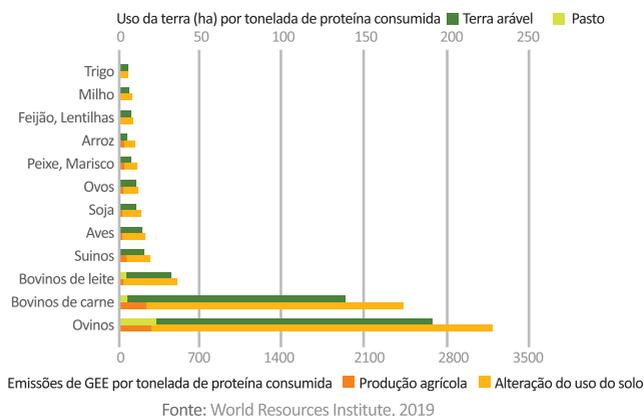
Como é que a produção de carne causa a emissão de gases com efeito de estufa?

A produção animal, de vacas e de outros animais ruminantes (como cabras e ovelhas) emitem metano (o metano tem um potencial de aquecimento global 28 vezes superior ao CO₂), ao digerirem gramíneas e plantas. Esse processo é chamado de "fermentação entérica". O metano também é

emitido a partir do estrume e o óxido nitroso, outro gás de efeito estufa (potencial de aquecimento global 265 vezes superior ao CO₂), é emitido a partir da decomposição de resíduos vegetais e dos fertilizantes azotados usados na preparação das culturas para a alimentação de gado. De forma indireta, mas talvez mais relevante, o aumento da produção de carne bovina no mundo, requer quantidades crescentes de terra limpa e novas pastagens são geradas com o abate de árvores, que liberta o dióxido de carbono armazenado na madeira e no solo. Um estudo de 2013 da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) estimou que as emissões anuais totais da agricultura animal (emissões de produção mais mudanças no uso do solo) eram cerca de 14,5% de todas as emissões humanas, das quais a carne bovina contribuiu com 41%.

A carne de vaca é mais intensiva ao nível de recursos que outras fontes de proteína animal e muito superior a alternativas vegetais. Os animais ruminantes têm taxas de crescimento e reprodução mais baixas do que os porcos e aves, por isso requerem uma quantidade maior de alimento por unidade de carne produzida. Em geral, a produção de bovinos requer 20 vezes mais solo e contribui com 20 vezes mais emissões de GEE por grama de proteína comestível do que as proteínas vegetais comuns, como o feijão. E embora uma boa parte das pastagens do mundo não se possa utilizar para culturas temporárias ou floresta de produção, essas "pastagens nativas" já estão no limite da produção animal, o que significa que uma procura adicional de carne bovina provavelmente aumentará a pressão sobre as florestas naturais, agravando o problema.

Figura 23 | Emissões de GEE e terra utilizada por proteína consumida



Em Portugal, e em geral na Europa, a conversão de floresta em pastagens não acontece e por regra, o pastoreio extensivo ocorre em solos relativamente pobres, pelo que a situação de alteração do uso do solo não é um problema. Aliás, a utilização de pastagens naturais ou melhoradas, é muitas das vezes a melhor alternativa económica para a gestão desses espaços naturais. A presença de gado nesses locais gerido de forma responsável, é uma excelente alternativa para manter a carga de combustível vegetal em níveis reduzidos e assim mitigar o risco de incêndio florestal. Além disso, a introdução de estrume e a utilização de pastagens melhoradoras também pode contribuir para o aumento da matéria orgânica do solo e dessa forma fixar carbono da atmosfera. De acordo com o Inventário Nacional de Emissões de 2016 (APA), as pastagens permanentes semeadas biodiversas ricas em leguminosas (PPSBRL) apresentavam uma capacidade de sequestro de 6,48 tCO₂/ha/ano suscetível de tornar os sistemas de produção animal associados carbonicamente neutros, desde que o encabeçamento animal seja responsável por emissões de GEE com um valor por ha/ano inferior ao da capacidade de sequestro das referidas pastagens, o que se estima ser cerca de 1,65 CN/ha (APA & CECAC, 2012).

No que diz respeito à melhoria da digestibilidade da alimentação animal também é possível reduzir as emissões associadas à produção de carne, tais como:

- aumento do teor de concentrado na dieta;
- redução do teor de proteína bruta da dieta;
- aumento do teor de gordura da dieta;
- utilização de aditivos alimentares;
- melhorias de produtividade por via genética.



4 - CAMINHOS FUTUROS PARA ADAPTAÇÃO, MITIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL



4 - CAMINHOS FUTUROS PARA ADAPTAÇÃO, MITIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

"Não podemos dar-nos ao luxo de ser a geração que comprometeu o futuro do planeta"

(António Guterres, 2019)

Em Portugal, em 2017, a agricultura foi responsável por 10% das emissões de GEE, tendo-se verificado um decréscimo de 5% relativamente a 1990. O decréscimo de emissões decorreu da redução de importância do sector na economia nacional, a par de decisões técnicas como por exemplo, a redução de produção de algumas categorias do efetivo pecuário, à extensificação da pecuária e ao decréscimo do consumo de fertilizantes. A fermentação entérica, os solos agrícolas e a gestão de estrumes constituem as três principais fontes de emissões da agricultura.

Em Portugal, entre 1990 e 2017, o sector LULUCF (*Land Use, Land-Use Change and Forestry*) tem sido no geral um sumidouro líquido de emissões, com exceção dos anos 1990, 1991, 2003, 2005 e 2017, tendo-se registado ao longo do tempo uma tendência de aumento de sequestro líquido.

De acordo com o Roteiro Nacional de Baixo Carbono 2050 (RNBC 2050), a transição de uma agricultura dependente de apoios públicos à produção e ao rendimento, baseada num modelo de intensificação tecnológico do tipo químico-mecânico, para uma agricultura economicamente viável, ambientalmente sustentável e carbonicamente neutra, deverá implicar a articulação de diferentes medidas:

- medidas de política agrícola;
- mudanças tecnológicas e de práticas agronómicas.

Entre as práticas agronómicas e tecnológicas com maior relevância futura no que respeita à neutralidade carbónica importa destacar:

- uma maior eficiência na utilização dos adubos azotados e produtos fitofármacos sintéticos, ou mesmo a sua eliminação quando compatível com a viabilidade económica dos sistemas de agricultura;

- uma progressiva eliminação da queima de resíduos de culturas temporárias e permanentes e a sua incorporação no solo ou utilização na produção de bioenergia;
- um aumento generalizado das práticas da mobilização mínima dos solos e da sementeira direta nas áreas ocupadas por cereais de sequeiro e regadio;
- uma maior eficiência no uso da água de rega;
- um aumento das áreas ocupadas por pastagens biodiversas;
- uma evolução dos sistemas de gestão de estrumes caracterizada por uma redução das lagoas e sua substituição por outros sistemas de tratamento mais carbonicamente neutros;
- promoção da produção e utilização de fontes de energia renovável.

Quanto às medidas de âmbito florestal com maior relevância para uma transição rumo à neutralidade carbónica, destacam-se as seguintes:

- as relacionadas com aspetos de âmbito fundiário, fiscal e organizacional em geral, com os apoios ao investimento em novas plantações e com uma gestão sustentável da floresta;
- as relacionadas com as políticas de prevenção e de combate aos incêndios rurais baseados quer na melhoria da eficácia dos métodos atuais, quer nas medidas de prevenção baseadas numa gestão mais eficaz das cargas combustíveis, quer, ainda, num ordenamento adequado dos territórios rurais.
- Incentivar I&D nos sistemas agrícolas e no sequestro de carbono.

4.1 - Instrumentos de Políticas Climáticas em Portugal

4.1.1 - Políticas Internacionais Aplicadas em Portugal

Adotado em 1987, o Protocolo de Montreal revelou um grande sucesso na proteção da camada de ozono. Foi devido a este protocolo que houve uma supressão de 98% na produção e consumo de substâncias que destroem a camada de ozono (SDCO). As SDCO eram usadas nas mais variadas aplicações comuns, tais como em frigoríficos, sistemas de ar condicionado e produtos de isolamento. Se o Protocolo continuar a ser plenamente aplicado, a camada de ozono ficará totalmente recuperada e voltará, em meados do presente século, aos níveis registados antes da década de 1980.

A CONVENÇÃO-QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS (UNFCCC)

Enquanto comunidade internacional, começámos a tratar da questão das alterações climáticas após o primeiro alerta da comunidade científica em 1988. Em 1990, o Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas publica o seu Primeiro Relatório de Avaliação e em 1992, na Cimeira Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, no Rio de Janeiro, é adotada a Convenção-Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas (UNFCCC). Com a onda de preocupação que se gerou com os trabalhos e as conclusões preliminares do 2º Relatório do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas, em 1995, a Convenção é rapidamente ratificada e entra em vigor.

O objetivo da Convenção centra-se “na estabilização da concentração dos gases com efeito de estufa a níveis que evitem a interferência perigosa com o sistema climático”. A Convenção estabelece os princípios básicos que deverão nortear a luta internacional contra as alterações climáticas.

O PROTOCOLO DE QUIOTO – A PRIMEIRA TENTATIVA DE UM QUADRO GLOBAL PARA A MITIGAÇÃO

Na primeira reunião dos Estados, que fazem parte da Convenção-Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas, ficou imediatamente claro que apesar do avanço no estabelecimento do quadro global de negociação, seriam necessários instrumentos adicionais que estabelecessem os mecanismos pelos quais a redução de emissões se deveria processar.

Começa então, em 1995, um processo negocial que terminará dois anos mais tarde com a realização no Japão, em 1997, do famoso Protocolo de Quioto. O resultado final das negociações em Quioto é um compromisso entre duas visões: por um lado, os Estados aceitam ter metas quantificadas de limitação ou redução de emissões, sujeitas a uma análise internacional e com um sistema de sanções. Por outro lado, o Protocolo de Quioto define um sistema baseado na quantificação e comércio de direitos de emissão entre os países com metas, por forma a facilitar o seu cumprimento. Apesar do interesse inicial dos Estados Unidos da América, estes não fizeram parte dos cerca de 173 países que ratificaram o Protocolo de Quioto, sendo na altura, o maior contribuinte líquido de GEE no Mundo.

O Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE) foi um instrumento comunitário criado para prosseguir com a implementação do Protocolo, com o objetivo de preparar as empresas para o

período de transição. O CELE transformou-se no maior exemplo em vigor de um mercado internacional de carbono. A aprendizagem da UE tem sido replicada, por exemplo, através de iniciativas como a *International Carbon Action Partnership* e hoje o comércio de emissões é considerado o principal instrumento de política climática europeu.

O ACORDO DE PARIS

O Acordo de Paris baseia-se na ideia de que cada país deverá contribuir na medida das suas possibilidades para a resolução global do problema das alterações climáticas, e que o conjunto desses compromissos ou contribuições deve ser revisto periodicamente à luz do que a ciência produz sobre a evolução das alterações climáticas. O Acordo é bastante mais abrangente na sua arquitetura do que os acordos prévios, nomeadamente o Protocolo de Quioto. Os Estados chegaram a acordo sobre temas como a Mitigação (o esforço de redução de emissões), a Adaptação aos impactos das Alterações Climáticas, o Financiamento climático necessário para o financiamento da transição energética, entre outros. Um dos resultados mais relevantes deste acordo, foi o reconhecimento e o compromisso de manter o aumento da temperatura global abaixo dos 2°C e, se possível, abaixo dos 1,5°C acima da média pré-industrial (note-se que já ultrapassamos 1°C acima desse nível). Isto implica, que as emissões globais devem chegar a um balanço neutro entre as emissões e o sequestro (a absorção pelas florestas e outros sumidouros) nos próximos 30 anos! É isto que se chama “neutralidade carbónica”.

4.1.2 - Políticas Portuguesas

Portugal cumpriu com sucesso os seus objetivos de emissões de GEE no âmbito do Protocolo de Quioto, tendo limitado o aumento das suas emissões em cerca de 13% em relação a 1990 em 2012 (a meta de Quioto possibilitava um aumento de até 27%).

O cumprimento dos objetivos nacionais em matéria de alterações climáticas no âmbito do Protocolo de Quioto baseou-se nos seguintes instrumentos fundamentais:

Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC) - Congrega um conjunto de políticas e medidas de aplicação sectorial que visam o cumprimento do Protocolo de Quioto;

Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão para o período 2008-2012 (PNALE II) - Define as condições a que ficaram sujeitas as instalações abrangidas pelo Comércio Europeu de Licenças de Emissão de Gases com Efeito de Estufa (CELE). Só a indústria pesada foi considerada nesta fase, como as cimenteiras, a indústria de pasta e papel, a energia, etc.;

Fundo Português de Carbono - Instrumento financeiro do Estado para o investimento em carbono e, assim, contribuir para o cumprimento de Quioto.

Para o período pós-2012, o Conselho de Ministros determinou a realização dos seguintes instrumentos de política:

Roteiro Nacional de Baixo Carbono (RNBC) - Estabelece as políticas a prosseguir e as metas nacionais a alcançar em termos de emissões de gases com efeito de estufa. O RNBC é baseado em cenários prospetivos de emissões de gases com efeito de estufa para 2050.

Programa Nacional para as Alterações Climáticas 2020/2030 (PNAC 2020/2030) - Estabelece as políticas, medidas e instrumentos com o objetivo de dar resposta à limitação de emissões de gases com efeito de estufa para os sectores não cobertos pelo CELE, prever as responsabilidades sectoriais, o financiamento e os mecanismos de monitorização e controlo.

Sistema Nacional para Políticas e Medidas (SPeM) - Visa dinamizar a avaliação do progresso na implementação das políticas e medidas de mitigação setoriais, potenciando o envolvimento e reforçando a responsabilização dos setores de integração da dimensão climática nas políticas setoriais.

O **Pacote Energia-Clima** da União Europeia estabeleceu como objetivo comunitário uma redução até 2020 de pelo menos 20% das emissões de gases com efeito de estufa na Comunidade, em relação a 1990. Neste contexto, Portugal deverá limitar, entre 2013 e 2020, o aumento das emissões de gases com efeito de estufa dos sectores não abrangidos pelo CELE em 1% em relação a 2005. O Pacote Energia-Clima para 2030 da União Europeia estabelece, como objetivo comunitário, uma redução até 2030 de pelo menos 40% das emissões de GEE na UE, em relação a 1990.

Na 22.ª sessão da Conferência das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas, ocorrida no final de 2016 em Marraquexe, Portugal comprometeu-se a assegurar a neutralidade das suas emissões até ao final de 2050. Portugal traçou assim uma visão clara relativamente à descarbonização

profunda da economia nacional (APA, 2019). Mais recentemente, no final de 2019, com a entrada em funções da nova Comissária Europeia, Ursula von der Leyen, foi lançado nos primeiros 100 dias de mandato, um plano, designado “Pacto Ecológico”, que tem como principal objetivo, tornar a Europa no primeiro continente neutro em carbono até 2050.

4.2 - Transição para uma Economia de Baixo Carbono

A transição para uma economia de baixo carbono é simultaneamente uma grande oportunidade de crescimento e um enorme desafio societal. Uma oportunidade, na medida em que a comercialização de soluções/serviços de baixo carbono, como tecnologias de energia limpa, podem acelerar novos mercados e apoiar a transformação do setor energético global. Simultaneamente, esta transição apresenta um enorme desafio, tendo em conta o capital (financeiro e social) necessário para transformar economias dependentes no consumo de combustíveis fósseis. Este desafio é particularmente difícil, porque muitos dos investimentos de hoje, só no longo prazo terão benefícios, apesar da intensificação dos efeitos das alterações climáticas. Uma transição de sucesso requiere uma coordenação próxima entre a política, o capital e a tecnologia, no centro do qual se encontra a parceria entre o setor público e o privado, assim como, as oportunidades de parcerias com outros países. (Sachs, s.d.)

São tendências globais a considerar (entre outras), as seguintes:

- agricultura de precisão;
- agricultura regenerativa;
- fecho do ciclo de nutrientes e de outros materiais (economia circular);
- restauração e preservação do capital natural;
- hortas urbanas e periurbanas;
- simbioses industriais;
- canais de distribuição digitais.

4.3 - Estratégias de Adaptação e Mitigação das Alterações Climáticas

“A adaptação é um ajustamento aos estímulos climáticos, reais ou esperados, ou aos seus efeitos, nos sistemas naturais ou humanos, permitindo reduzir os efeitos negativos ou potenciar os efeitos positivos”. (IPCC, 2001)

“A mitigação consiste numa intervenção humana que tem por objetivo reduzir as fontes, e aumentar os sumidouros dos GEE.” (IPCC, 2001)

Se as alterações climáticas acontecerem gradualmente, é de prever que a adaptação da atividade agrícola ocorra despercebidamente e de forma autónoma, incluída nas mudanças mais evidentes, relacionadas com as práticas, a tecnologia e os instrumentos políticos. As pessoas adaptam-se e as empresas também. Por outro lado, poderão existir regiões no mundo onde a velocidade e o grau da alteração climática exigirão a tomada de medidas específicas mais “musculadas”.

A adaptação às alterações climáticas é um processo contínuo que envolve a aprendizagem e a redefinição do que sabemos e do que fazemos. É um processo de transformação. Combina respostas adaptativas e ações preventivas baseadas no estado de conhecimento presente e expectativas para a tomada de decisões (Smith *et al.*, 2000). Nestas circunstâncias, investimentos que aumentam a habilidade de agentes económicos e instituições em reagir mais rápida e suavemente às alterações em progresso são de importância crucial. A questão central é se o “sinal” das alterações climáticas é forte o suficiente para ter impacto nessas decisões.

No entanto, quando se fizer o balanço custos-benefícios das opções de adaptação, temos de ter em atenção outros ângulos, como o aumento da procura por água potável e alimentos no próximo século, por exemplo.

Os três critérios para uma boa política de adaptação são a eficácia, a eficiência económica e a equidade. Eficácia refere a capacidade dos instrumentos em alcançar as metas de adaptação estabelecidas enquanto que a eficiência económica é promovida pela seleção de instrumentos políticos que minimizem custos ao mesmo tempo que se atingem as metas estabelecidas, dessa forma atingindo a maximização da relação custo-eficácia. Um último critério que desempenha um

papel importante na escolha e avaliação das políticas de adaptação é a equidade da distribuição dos custos económicos e benefícios entre os diferentes grupos. (Publishing, 2014)

Apesar da crescente atenção nas energias renováveis, os combustíveis fósseis contam com 80% do consumo de energia global e 75% das emissões dos GEE. (Corfee-Morlot, 2019)

É possível construir cenários de mitigação otimizados em termos de custo/benefício, que conduzem à estabilização do CO₂ próxima dos 450 ppm (Hasselmann, citado por (Santos, 2002)). Para concretizar estes cenários é necessário desenvolver novas tecnologias economicamente competitivas nos domínios das energias renováveis, em especial a energia solar térmica e fotovoltaica em combinação com as tecnologias de hidrogénio. É também necessário desenvolver tecnologias ambientalmente aceitáveis de sequestro de CO₂ em formações geológicas e nos oceanos. Por último, é necessário explorar a possibilidade da fusão nuclear e ainda de tecnologias avançadas de fissão nuclear com menor impacto ambiental. Estas são algumas das possibilidades que atualmente ainda se encontram numa fase preliminar de investigação e desenvolvimento, mas que podem representar soluções válidas no médio prazo.

A lentidão do sistema climático na resposta à pressão dos GEE na atmosfera e às medidas de mitigação, comparada com a duração média da vida humana e com a duração dos ciclos políticos nas democracias modernas, tornam improvável, que o caminho para a descarbonização da economia global, resulte de um planeamento racional e consensual. É provável que seja necessário esperar por crises ambientais e energéticas graves, para depois pôr em prática políticas e medidas de mitigação realmente efetivas. (Santos, 2002)

A tabela seguinte, apresenta a compilação de algumas das principais medidas de adaptação, que hoje já começam a ser adotadas pelo setor agrícola e que no futuro, devem ser expandidas e melhoradas.

Tabela 2 | Medidas de adaptação no nível da exploração agrícola com efeitos positivos na mitigação e na biodiversidade

<p>Adaptação de culturas</p>	<p>O uso de culturas adaptadas pode reduzir o impacto de condições climáticas extremas (por exemplo, geadas) e eventos climáticos (por exemplo, secas). Esta medida tem sinergias com a mitigação, pois o armazenamento de carbono no solo pode aumentar. A introdução de novas culturas ou a recuperação de culturas tradicionais tem efeitos positivos na biodiversidade e nos serviços do ecossistema e aumenta a diversidade genética das espécies, que por sua vez podem se tornar mais resistentes a condições climáticas extremas. O melhoramento genético, desempenha neste ponto, um papel crucial.</p>
<p>Utilização de culturas de cobertura e coberturas artificiais do solo</p>	<p>As culturas de cobertura e coberturas artificiais do solo podem reduzir significativamente o risco de degradação do solo, exacerbado pelas alterações climáticas. A utilização destas plantas ou materiais contribui para reduzir a quantidade de fertilização azotada necessária e, por sua vez, as emissões de azoto não utilizadas pelas culturas anteriores, o que reduz a lixiviação de nitratos. As culturas de cobertura podem melhorar os habitats e a diversidade da fauna silvestre, diminuindo a erosão. O uso de cobertura artificial do solo deve ser limitado a materiais recicláveis para limitar os riscos associados à deposição de resíduos.</p>
<p>Diversificação e rotação de culturas</p>	<p>A diversificação e rotação de culturas melhora a resiliência das culturas e oferece uma gama de serviços dos ecossistemas (reciclagem de nutrientes, conservação da biodiversidade e melhoria da qualidade do solo). Uma longa rotação de culturas fornece mais resiliência às alterações climáticas, garantindo benefícios ambientais, incluindo a redução de emissões de GEE.</p>
<p>Não mobilização e mobilização mínima do solo</p>	<p>A não mobilização ou a mobilização mínima do solo pode traduzir-se em mudanças positivas nas propriedades do solo, tendo um impacto significativo em termos de aumento da humidade do solo. O armazenamento de carbono nas camadas superiores do solo pode aumentar. Também melhora o fornecimento de alimentos para insetos, aves e pequenos mamíferos, devido à maior disponibilidade de resíduos das culturas e sementes da vegetação espontânea. O uso desta medida depende muito do tipo e qualidade do solo do local, pois alguns solos não respondem bem à mobilização mínima do solo. A mobilização reduzida pode aumentar a necessidade de agroquímicos ou o controle alternativo de pragas e doenças (por exemplo, gestão integrada de controle de pragas e doenças).</p>

Tabela 2 | (Continuação)

Alterações das datas de sementeira e plantação	A modificação da época da sementeira e colheita pode traduzir-se num melhor aproveitamento das condições de humidade do solo. O armazenamento de carbono no solo pode aumentar como resultado de maiores produções. Ajustar o tempo de plantação/semteira a novos ou imprevisíveis regimes climáticos pode contribuir para o aumento da produtividade cultural.
Agricultura de precisão	A agricultura de precisão (ou seja, a utilização de tecnologia de ponta na exploração: instalação de sensores, estações meteorológicas, produção de cartografa digital e utilização de <i>software</i> de gestão (débito variável), traduz-se numa melhor utilização de recursos, como água, fertilizantes, agroquímicos e contribui para manter uma melhor estrutura do solo. Esta medida requer investimentos em novos equipamentos e em formação/capacitação para se poder utilizar as novas tecnologias.
Melhor eficiência de irrigação	A melhoria na gestão da água, na captura e armazenamento da água da chuva, diminui a necessidade da captação subterrânea de água em profundidade. Pode ainda melhorar o armazenamento de carbono nos solos por via de um maior rendimento cultural e resíduos e pode melhorar a qualidade da água e a biodiversidade do solo. Esta melhoria deve ser feita conjugando, equipamentos e tecnologia, mas também com novo conhecimento de modelos climáticos e de desenvolvimento de culturas.
Produção animal	As emissões de metano podem ser reduzidas substituindo a forragem por alimentos compostos, contudo, estes produtos acarretam riscos para a saúde animal. A produção animal para uma maior tolerância ao calor e maior produtividade pode ter impactos benéficos nos serviços de regulação do clima, nos serviços do ecossistema da água e no solo.
Melhoria da gestão das pastagens	A melhoria da gestão das pastagens ajuda a reduzir os padrões de degradação e erosão do solo pela água e pelo vento e pode contribuir para aumentar a biomassa das pastagens e consequentemente o teor de matéria orgânica do solo. A introdução de pastagens semeadas biodiversas, pode acelerar o sequestro de carbono atmosférico pelos solos. No entanto, a adição de azoto geralmente estimula as emissões de óxido nitroso e o aumento da irrigação pode exigir mais energia.

Tabela 2 | (Continuação)

Agricultura biológica	O uso de fertilizantes orgânicos na agricultura biológica promove o armazenamento de carbono orgânico nos solos. As práticas de agricultura biológica contribuem para aumentar os níveis de matéria orgânica do solo, melhorando a capacidade de armazenamento de água e aumentando a resiliência contra secas e inundações.
Melhoria das condições da produção pecuária	A melhoria das condições de estabulação dos animais (sombreamento, aspersores e sistemas de ventilação) melhora as condições de produção animal o que pode contribuir para a redução de emissões de metano.
Produção agrícola e diversificação de rendimento	A diversificação do rendimento proveniente da exploração agrícola pode servir como uma importante estratégia de gestão de risco. Os sistemas de produção mista na exploração podem aumentar a produtividade e a eficiência da terra no uso de água, fertilizantes e outros recursos através da reciclagem. Além disso, a diversificação da produção pode diminuir a erosão do solo.

Fonte: Adaptado de European Environment Agency, 2019

4.4 - Agricultura e Sustentabilidade

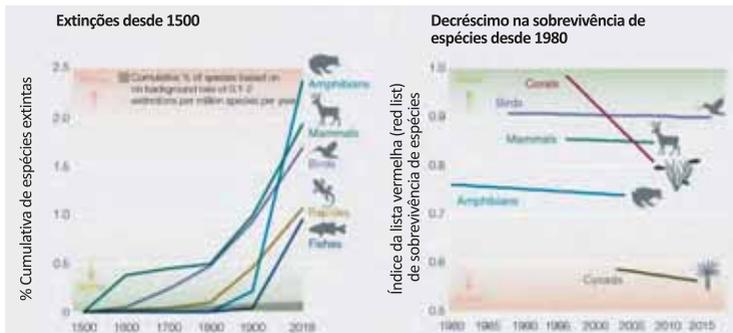
O estado do sistema terrestre é determinado pela interação entre todos os organismos vivos (a biosfera) e os sistemas físicos não vivos. A biodiversidade é, portanto, fundamental para a manutenção das condições da Terra que sustentam os ecossistemas e, por sua vez, a humanidade. O desenvolvimento sustentável depende de ecossistemas resilientes que apoiam os meios de subsistência das famílias, a produção de alimentos e a disponibilidade de água potável, além de promover a mitigação e a resiliência face às alterações climáticas. A diversidade de espécies terrestres e oceânicas desempenham um papel fundamental nos ecossistemas nos seus serviços de produção, regulação e suporte.

No entanto, como apontado no Relatório de Avaliação Global de 2019 da Plataforma Intergovernamental de Ciência e Política sobre Serviços de Ecossistemas (IPBES, 2019), a taxa de perda de espécies e recursos genéticos nas últimas décadas pode levar a uma sexta extinção em

massa! Cerca de um quarto de todas as espécies estudadas nos grupos de animais e plantas está ameaçado, sugerindo que quase 1 milhão de espécies já enfrentam a extinção. De acordo com este documento, se não houver ação imediata, haverá uma aceleração adicional na taxa global de extinção, que já é pelo menos dezenas a centenas de vezes maior do que a média nos últimos 10 milhões de anos. Segundo as estimativas do IPBES, as espécies polinizadoras de 75% das culturas mais utilizadas em agricultura, estão ameaçadas. Estes polinizadores correspondem a cerca de 520.000 milhões de Euros da produção agrícola em todo o mundo e contribuem para a produção de medicamentos, fibras, biocombustíveis e para fins lúdicos e cénicos.

O quadro geral da biodiversidade em todas as regiões do mundo é muito preocupante. Globalmente, as variedades locais de plantas e animais domesticadas estão se extinguindo. A perda de diversidade, incluindo a diversidade genética, representa um sério risco para a segurança alimentar global, pois prejudica a resiliência dos sistemas agrícolas a pragas, patogénicos e alterações climáticas. Esta perda sem precedentes de biodiversidade é motivada por vários fatores inter-relacionados: alterações no uso do solo e da água, sobre-exploração de recursos, alterações climáticas, poluição e aparecimento de espécies invasoras.

Figura 24 | Taxa de extinção de espécies desde 1980



Fonte: IPBES, 2019

A inversão desta tendência é muito difícil de conseguir. No entanto, seja como for, é necessário incentivar e investir na investigação científica e na inovação tecnológica para melhorar o nosso conhecimento sobre o sistema climático, as alterações climáticas

antropogénicas e as medidas de adaptação e mitigação mais adequadas. É necessário diminuir a incerteza associada aos cenários climáticos e socioeconómicos futuros. Em simultâneo é preciso informar e sensibilizar os agentes envolvidos na problemática das alterações climáticas – empresas, administração central e local, organizações não-governamentais e o público em geral. Só a conjugação destes esforços poderá permitir vencer o desafio colocado pelas alterações climáticas antropogénicas nos próximos séculos e assim assegurar um desenvolvimento sustentável.

5 - A VISÃO DE PAULO CANAVEIRA



5 - A VISÃO DE PAULO CANAVEIRA

Investigador do MARETEC – Centro de Ciência e Tecnologia do Ambiente e do Mar do IST.

Quais os impactos a nível de adaptação e em termos de mitigação das alterações climáticas no setor da agricultura? Impactos a curto, médio e a longo prazo.

Ultimamente o sector tem sentido muita pressão no sentido da mitigação, muito marcado pelo discurso de que “comer carne é anti-clima” e de que a agricultura “é um dos principais contribuidores para as alterações climáticas”. E isso tornou muito presente esta questão e penso que a agricultura portuguesa está agora mais desperta para este tema.

Olhando para a agricultura portuguesa, temos duas realidades bastante distintas, o sequeiro e o regadio.

Começando pelo sequeiro, a questão de ter mais um 1°C ou 2°C, ou mesmo 3°C na média até final do século, ou ter um pouco menos de precipitação anual, não é em si mesmo um problema particularmente grave. A generalidade das culturas e dos animais resiste muito bem a isso. O problema é que a média não existe, isto é, todos os anos são diferentes e mesmo em cada ano também há muita variabilidade. Um aumento de 2°C na média significará maiores períodos com temperaturas extremas, precipitações muito reduzidas, antecipação dos ciclos culturais e risco para geadas mais tardias, etc. Esses sim, serão particularmente complicados para a agricultura.

A questão que se põe então à agricultura de sequeiro é o da gestão deste risco acrescido. Se pensarmos por exemplo que em anos de seca severa, a agricultura “falha” (seja porque ocorreu uma perda significativa de produtividade seja porque a cultura se perdeu por completo), haverá que saber como reagir a esta alternância entre anos bons e maus.

"A GENERALIDADE DAS CULTURAS E DOS ANIMAIS RESISTE MUITO BEM A ISSO. O PROBLEMA É QUE A MÉDIA NÃO EXISTE, ISTO É, TODOS OS ANOS SÃO DIFERENTES E MESMO EM CADA ANO TAMBÉM HÁ MUITA VARIABILIDADE."

A produtividade poderá baixar um pouco porque a média se tornou mais desfavorável (seja nas condições de maior temperatura ou de menor precipitação) mas o problema não é tanto se vai ser ou não possível fazer culturas de sequeiro, mas sim, o risco dessas culturas “falharem” com mais frequência.

Penso que o grande desafio é saber que mecanismos poderemos criar para conseguir manter uma atividade económica a prazo, e isso é algo que não tenho visto muito elaborado nos estudos e em trabalhos de adaptação, ou seja, como é que nós conseguimos manter agricultores no território empenhados em fazer agricultura num contexto em que a agricultura em vez de “falhar raramente”, pode “falhar com maior frequência”, sendo que nos anos em que “não falha” podem não ser assim tão “fantásticos” que permitam equilibrar a balança.

Haverá que ajustar e/ou criar mecanismos para lidar com isto (o exemplo mais imediato é o dos seguros agrícolas). Contudo, acho que parte da resposta de adaptação, e que é muito útil também para a mitigação, estará no aumento da matéria orgânica nos solos. Isso teria um efeito de sequestro de carbono nos solos muito significativo, mas permitiria também aumentar a reserva de água no solo, quer retendo maior quantidade de água no solo, quer tornando essa água disponível durante mais tempo. Solos com mais matéria orgânica são também mais resistentes à erosão hídrica e têm maior velocidade de infiltração, que são características muito boas se pensarmos que, com as alterações climáticas, é expectável virmos a ter a precipitação mais concentrada, isto é, mais dias de precipitação muito intensa. Portanto esta é uma das soluções em que as áreas de mitigação e adaptação na agricultura “casam lindamente”.

"ACHO QUE PARTE DA RESPOSTA DE ADAPTAÇÃO, E QUE É MUITO ÚTIL TAMBÉM PARA A MITIGAÇÃO, ESTARÁ NO AUMENTO DA MATÉRIA ORGÂNICA NOS SOLOS"

Outro aspeto relacionado com a matéria orgânica do solo, é que os solos nas regiões mais secas e quentes, têm, por razões naturais, menos carbono do que as regiões mais húmidas e frescas e, portanto, a direção de mais calor e menos chuva que nós temos neste momento - e se não fizermos nada - é uma direção de perda de matéria orgânica, o que tornaria os solos em fontes emissoras de gases com efeito de estufa e com menor capacidade de adaptação a essas mesmas alterações.

Portanto, quer pelo lado da mitigação quer pelo lado adaptação, devia haver uma política muito vinculada e um interesse muito forte na questão da gestão da matéria orgânica e devíamos ter políticas e práticas, quer do lado público, quer do lado dos agricultores, para maximizarem a matéria orgânica no solo.

Na área do regadio a questão da redução de precipitação e de uma precipitação mais irregular fica resolvida, mas é preciso partir do princípio que a água existe (e isso é um grande se).

Mas este não é o único impacto das alterações climáticas e devemos também pensar, por exemplo, na adaptação aos impactos das ondas de calor, como os escaldões do fruto e das folhas, que se vão tornar mais frequentes. Vamos ter de criar estratégias para lidar com este tipo de impactos. Algo que ainda não se conseguiu modelar com grande rigor, e como é que isto tudo vai interagir com a questão da fitossanidade. Com mais calor e mais humidade, como se irão modificar os padrões fitossanitários, e que tipo de adaptações é que poderão ser feitas aos sistemas produtivos?

"NA ÁREA DO REGADIO A QUESTÃO DA REDUÇÃO DE PRECIPITAÇÃO E DE UMA PRECIPITAÇÃO MAIS IRREGULAR FICA RESOLVIDA, MAS É PRECISO PARTIR DO PRINCÍPIO QUE A ÁGUA EXISTE (E ISSO É UM GRANDE SE)."

Já temos alguns agricultores a prevenir escaldões e outros tipos de problemas, ou seja, há medidas de adaptação para estas situações, mas isso, se calhar deixa de ser um custo que se tem em anos extraordinários e passa a ser um custo mais frequente. Estas alterações têm de ser introduzidas e com certeza que não são introduzidas por decreto, são introduzidas à medida que os agricultores sentem a necessidade de que as têm de fazer.

O aumento do regadio tem sido apontado como uma das estratégias para a adaptação. Sem prejuízo de que possa haver ainda algum crescimento nas áreas regadas, é completamente inviável imaginar que passamos a ter milhões de hectares regados, porque não há o recurso “água” para isso. Vamos por isso ter que ser mais criativos na forma como utilizamos o nosso território.

Já há algumas tendências de adaptação que vêm sendo feitas, algo que se pode chamar de adaptação espontânea, como a conversão de cereais para pastagens, ou a introdução de “rega de sobrevivência” em culturas como a vinha, ou em plantações florestais muito jovens (nos primeiros 5 anos).

Claro que nada disto é imune ao facto de haver políticas públicas que apoiem ou desincentivem determinadas práticas ou culturas. Estes tipos de alterações de território podem significar deixar de produzir determinado tipo de coisas e passarmos a focarmo-nos mais noutras. Poderá ser importante começar a olhar para culturas alternativas ou para práticas inovadoras nas culturas existentes que resistam melhor a estas novas condições.

"JÁ HÁ ALGUMAS TENDÊNCIAS DE ADAPTAÇÃO QUE VÊM SENDO FEITAS, ALGO QUE SE PODE CHAMAR DE ADAPTAÇÃO ESPONTÂNEA, COMO A CONVERSÃO DE CEREAIS PARA PASTAGENS, OU A INTRODUÇÃO DE "REGA DE SOBREVIVÊNCIA" EM CULTURAS COMO A VINHA, OU EM PLANTAÇÕES FLORESTAIS MUITO JOVENS (NOS PRIMEIROS 5 ANOS)."

Quando fala na questão da conversão de cereais para pastagens, entramos na questão dos ataques recentes à produção de carne. Uma alternativa económica à exploração das pastagens, na maior parte dos casos não existe, e não tendo aproveitamento económico, a tendência para esse espaço é o abandono, transformar-se em mato e arder, destruindo a pouca matéria orgânica que existisse, conduzindo por fim à desertificação. Esta é uma tendência que tem acontecido noutros países, nomeadamente no Norte de África. O abandono e a desertificação estão intrinsecamente associados à perda de rendimento. Estas situações têm acontecido noutros países?

Nas zonas onde o deserto está a avançar sim, tem havido tendências semelhantes, as pessoas vão migrando, vão abandonando as terras. Temos no Sudão situações de secas muito duradouras, misturando a questão da guerra com a dureza do clima, que não são completamente independentes. Na questão dos bovinos eu acho que há uma enorme variabilidade regional que vai desde os sistemas de produção de bovinos serem um problema grave até aos sistemas de produção que não são nenhum problema. O "diabo está nos detalhes" e é preciso perceber que as culturas e as espécies animais não são todas iguais e que a mesma cultura ou o mesmo animal podem ser produzidos em condições muito diferentes.

No entanto, hoje em dia, há uma grande pressão para simplificar mensagens e tornar tudo "branco ou preto" e há pouca tolerância para mensagens mais complexas. No Twitter é preciso condensar a mensagem em 140 caracteres; como é que se comunica uma realidade complexa nestas condições? Se pensarmos numa realidade em que são os bovinos que estão na fronteira da deflorestação da Amazónia, obviamente que isto não é uma questão boa para o planeta e para

o ambiente em geral, mas se estivermos numa situação de sequeiro de pastoreio com encabeçamentos muito baixos, como os que existem em boa parte de Portugal, aí provavelmente não existem emissões (pode até haver sequestro líquido) ou se existirem emissões, estas serão baixas.

"NO ENTANTO, HOJE EM DIA, HÁ UMA GRANDE PRESSÃO PARA SIMPLIFICAR MENSAGENS E TORNAR TUDO "BRANCO OU PRETO" E HÁ POUCA TOLERÂNCIA PARA MENSAGENS MAIS COMPLEXAS."

Emissões sempre existiram. Nós enquanto País, quando falamos em ser neutros até 2050, é um balanço entre sequestro e emissões. Como é que se conjugam as duas coisas, tendo em conta que a população mundial está a aumentar e, por conseguinte, a procura por carne?

É um facto objetivo que os ruminantes e as vacas, mais do que outros animais, produzem metano, e isso é um facto incontornável. Mas há também sistemas de carbono negativo. O sequestro depende muito da gestão de solo, na questão de acumular matéria orgânica. Se conseguirmos ter árvores em crescimento no meio da pastagem, por exemplo, podemos conceber sistemas em que o balanço de carbono é negativo (mais sequestro do que emissões). Mas daí a extrapolar que as vacas são sempre boas, também não é uma conclusão correta. Mesmo em Portugal há sistemas muito intensivos, com animais estabulados e alimentados com alimentos concentrados, que têm maiores emissões. Os próprios sistemas de gestão de efluentes são eles próprios muito emissores. Ou seja, o sistema de produção faz alterar brutalmente o balanço de emissões, portanto o problema não é necessariamente o animal em si, mas todo o sistema que está à volta do animal. Em Portugal, temos situações que são carbono negativo, e temos outras situações em que as emissões são maiores, apesar do animal ser o mesmo e o bife que comemos também.

"...TODOS OS SISTEMAS SÃO PASSIVAS DE OTIMIZAÇÃO DO PONTO DE VISTA DE EMISSÕES. NOS SISTEMAS MAIS INTENSIVOS SE CALHAR PODÍAMOS GERIR MELHOR A PARTE DOS ESTRUMES, TAMBÉM PODÍAMOS TRABALHAR A PARTE DA ALIMENTAÇÃO DAS VACAS"

Também existe uma confusão generalizada quando se fala em emissões da carne propriamente dita, nomeadamente, quando começamos a olhar para a pegada de carbono do bife, onde as emissões da produção animal, da distribuição, do armazenamento

"É UM FACTO OBJETIVO QUE OS RUMINANTES E AS VACAS, MAIS DO QUE OUTROS ANIMAIS, PRODUZEM METANO, E ISSO É UM FACTO INCONTORNÁVEL. MAS HÁ TAMBÉM SISTEMAS DE CARBONO NEGATIVO."

e do consumo, têm pesos muito distintos. As emissões agrícolas globais andam na casa dos 20% do total, mas quando introduzimos as emissões associadas à distribuição, ao armazenamento e ao consumo, as emissões da carne podem chegar aos 40%! Ou seja, do lado do agricultor há um problema intrínseco da produção, mas pelo menos metade de todas as emissões estão relacionadas com a cadeia de valor e isso escapa à comunicação social. Se não conhecermos os estudos, não sabemos que a energia é consumida nas câmaras frigoríficas (que aumentam o período de conservação), na desflorestação e no transporte até ao consumidor. Ou seja, é todo um inventário que contabiliza a pegada da carne, mas que não está propriamente associado ao animal.

Aqui, acho que o mais interessante e, relacionado com a conversa que estávamos a ter no início, é percebermos que todos os sistemas são passíveis de otimização do ponto de vista de emissões. Nos sistemas mais intensivos se calhar podíamos gerir melhor a parte dos estrumes, também podíamos trabalhar a parte da alimentação das vacas. Mexendo na alimentação, por exemplo com a introdução de aditivos alimentares já é possível reduzir as emissões dos bovinos. Na Austrália neste momento já existe um programa (integrado num mercado interno de carbono) que incentiva os agricultores que dão determinados aditivos à ração das vacas, remunerando os agricultores com base nas reduções de emissões conseguidas por forma dessa via. Esses aditivos são óleos alimentares que são adicionados à ração e podem traduzir-se num abatimento na ordem dos 15-20% nas emissões da fermentação entérica. Mas também do lado mais prático é possível trabalhar na gestão do estrume. Existem sistemas que vão desde 0,5% do carbono que está no estrume e que é emitido como metano, a sistemas em que quase 80% do carbono é emitido como metano. E obviamente que passar dos sistemas que emitem 80% de carbono para os sistemas que emitem 0,5% há um potencial muito grande.

"MEXENDO NA ALIMENTAÇÃO, POR EXEMPLO COM A INTRODUÇÃO DE ADITIVOS ALIMENTARES JÁ É POSSÍVEL REDUZIR AS EMISSÕES DOS BOVINOS. NA AUSTRÁLIA NESTE MOMENTO JÁ EXISTE UM PROGRAMA (INTEGRADO NUM MERCADO INTERNO DE CARBONO) QUE INCENTIVA OS AGRICULTORES QUE DÃO DETERMINADOS ADITIVOS À RAÇÃO DAS VACAS, REMUNERANDO OS AGRICULTORES COM BASE NAS REDUÇÕES DE EMISSÕES"

Que práticas é que estão associadas para chegarmos a discrepâncias dessa ordem?

Normalmente o metano aparece em condições em que temos muito carbono e pouco oxigénio, portanto, estamos a falar de tudo o que implique grandes acumulações de matéria orgânica.

Podemos estar a falar desde sistemas de lagoas anaeróbias, ou sistemas de camas profundas que não são mexidas durante meses ou anos, que são muito emissores, até sistemas de espalhamento diário ou de compostagem, que são menos emissores. Também aqui o efeito da temperatura é relevante. Nas mesmas condições, as emissões de gestão de estrume vão ser piores no Sul do que no Norte. Isto ocorre não porque os agricultores do Sul tenham piores práticas do que os do Norte, mas porque a temperatura média influencia a produção de metano. Também aqui a questão das pastagens é relevante, porque a deposição do estrume nas pastagens diretamente pelos animais acaba por ser o sistema de gestão com menores emissões, menos ainda do que por exemplo a compostagem, que é o segundo sistema mais interessante do ponto de vista das emissões.

Mas mesmo quando se fala numa gestão intensiva há um gradiente de opções que os agricultores podem tomar e há umas que emitem mais do que outras. Portanto, parte do trabalho a desenvolver, terá de ser também o de orientar as pessoas para os sistemas que emitem menos. Portanto, não se trata de abolir os sistemas intensivos face ao extensivo.

Por causa desta diversidade de situações num mesmo país, eu não gosto particularmente da ideia de que o rótulo de origem de alguma forma é uma garantia de sustentabilidade. Dizer que toda a carne que é produzida na Holanda é “boa” ou é “má”, é errado. De certeza que essa carne não é toda igual e de certeza que há coisas muito boas na Holanda e coisas muito más na Holanda. Idem para Portugal. Há sistemas em Portugal com características muito boas e devemos valorizar esses aspetos, mas seria incorreto generalizar e dizer que toda a carne de vaca portuguesa é igual. Há gente em Portugal a fazer coisas muito boas e é importante e positivo dar-se visibilidade a isso, mas também há gente a fazer coisas menos positivas. Portanto, pôr tudo no mesmo saco nem sequer é positivo para os agricultores que estão a fazer as coisas mais interessantes. Qual é a recompensa se depois é tudo tratado por igual?

"DIZER QUE TODA A CARNE QUE É PRODUZIDA NA HOLANDA É "BOA" OU É "MÁ", É ERRADO. DE CERTEZA QUE ESSA CARNE NÃO É TODA IGUAL E DE CERTEZA QUE HÁ COISAS MUITO BOAS NA HOLANDA E COISAS MUITO MÁS NA HOLANDA. IDEM PARA PORTUGAL."

A questão da dieta também é uma questão interessante e que sai do Roteiro Nacional de Baixo Carbono. O roteiro fala inclusive da tendência em reduzir a obesidade dos 57% para cerca de 30% e isso está muito associado à mudança dos hábitos alimentares. Como é que essas coisas se vão processar? Há alguma política?

Normalmente quando se tenta decretar o que as pessoas podem comer, isso não corre bem. Presumo que não vai ser fácil. É possível fazer educação ambiental com uma componente associada à educação alimentar, e isso eu acho que vai acontecer.

O que se sabe é que em breve vamos ser 9 mil milhões de pessoas no planeta e se todos comerem como se come em Portugal, não há Planeta Terra que aguento. Alguma coisa tem de mudar. Ou se mantêm as assimetrias regionais que existem, onde há uns que comem carne e há outros que não comem, ou se quisermos ser muito mais equitativos há uns que vão ter de comer menos carne, que somos nós (o mundo desenvolvido), para que os outros que estão agora em desenvolvimento possam comer mais carne. O que se tem visto em termos de estatísticas, é que o que está a aumentar brutalmente, nem é a carne de vaca, mas sim a carne de porco e a carne de aves."

"O QUE SE TEM VISTO EM TERMOS DE ESTATÍSTICAS, É QUE O QUE ESTÁ A AUMENTAR BRUTALMENTE, NEM É A CARNE DE VACA, MAS SIM A CARNE DE PORCO E A CARNE DE AVES."

Em todo o Mundo há uma tendência para quando as pessoas saem da pobreza comerem mais carne. E felizmente tem havido muitas pessoas a sair da pobreza nas últimas décadas. E, portanto, as curvas de consumo de carne que se vêem são muito semelhantes entre países, o que muda é o ano em que começa o aumento de consumo. A nossa curva iniciou-se nos anos 60 para os anos 80 e teve um crescimento brutal. A curva da China iniciou-se só nos anos 90, mas é muito parecida com a nossa nos anos 60. O crescimento exponencial do consumo de carne da maioria dos países africanos ainda não começou. Vai ter de haver ajustes na dieta, se queremos alimentar a população do mundo de uma forma equilibrada. De qualquer forma, se compararmos as recomendações de consumo de carne com aquilo que é o consumo efetivo de carne, nós estamos a consumir muito mais do que aquilo que seria saudável comer. Portanto, há aqui algum espaço para ajustamento. Se isso significa reduzir a produção portuguesa? Não necessariamente, até porque nós importamos muita carne.

As emissões em termos agrícolas representam cerca de 10% do nosso panorama nacional e nós somos dependentes das importações, nomeadamente de carne, onde importamos cerca de metade do nosso consumo.

Outra coisa que eu acho importante colocar nessa equação é o que acontece à produção portuguesa num contexto em que a Europa come menos carne. Será que é climaticamente mais interessante produzir carne em Portugal do que em qualquer outro estado membro ou noutro país no mundo? Como é que nós nos posicionamos nos sistemas que são mais emissores? Numa sociedade cada vez mais globalizada, em que

"SERÁ QUE É CLIMATICAMENTE MAIS INTERESSANTE PRODUIR CARNE EM PORTUGAL DO QUE EM QUALQUER OUTRO ESTADO MEMBRO OU NOUTRO PAÍS NO MUNDO? COMO É QUE NÓS NOS POSICIONAMOS NOS SISTEMAS QUE SÃO MAIS EMISSORES?"

não interessa muito onde é que as coisas são produzidas, interessa perceber - para a carne de vaca que o mundo vai precisar - qual é o melhor resultado para o Planeta: se abastecer em Portugal ou Holanda? Intensivo ou extensivo? Convencional ou biológico? Portanto, eu não acho que seja direto, que uma redução de consumo se traduza necessariamente numa redução de produção em Portugal. Depende muito aqui e agora, como é que usamos isto como ferramenta de comunicação. Desde logo, precisamos conhecer o impacto dos vários sistemas de produção, não na base que a agricultura representa X% das nossas emissões, que é uma análise demasiado grosseira para ser útil, mas começarmos a perceber, por exemplo, se produzir milho desta forma, ou produzir milho daquela forma, qual é a melhor delas do ponto de vista das emissões?; produzir bovinos desta forma, ou produzir bovinos daquela forma, qual é a melhor do ponto de vista das emissões? Quais são as oportunidades para criar sistemas de carbono negativo em qualquer uma das culturas que estamos a falar e começar a trabalhar nessa questão tendo essa realidade climática muito mais presente.

Honestamente, o que eu sinto é que em Portugal, sendo que não é um exclusivo português, este debate estava muito ausente da conversa dos agricultores. Desde logo, porque penso que os agricultores estavam convencidos que o simples facto de trabalharem com plantas tornava a atividade necessariamente "sequestradora de carbono". Isto não é de todo verdade. A maior parte dos sistemas agrícolas são emissores líquidos, porque, além de terem as emissões (ou sequestro) do solo ou das plantas têm as emissões das máquinas, dos adubos, do estrume e de todo um sistema de produção. Esta é uma realidade que os agricultores não estão preparados para ouvir, mas que tem de ser repetida.

Esta ideia quase romântica de que pelo facto de trabalharmos com plantas e pelo facto de elas fazerem fotossíntese isso é intrinsecamente bom, tem de ser desmistificada e deve ser substituída

por um entendimento de que a agricultura deve ser devidamente trabalhada, para poder emitir muito menos, ou nalguns sistemas sequestrar CO₂.

Seja como for, existe uma diferença muito grande em termos de culturas anuais e culturas permanentes, no que diz respeito ao sequestro.

As culturas permanentes são de facto sequestradoras durante muitos anos, mas há um momento em que elas são substituídas; uma macieira não dura para sempre, e elas são substituídas ao fim de 15-20 anos, o que significa que quando cortamos aquela madeira, vamos ter emissões. Portanto, não é um sequestro que dure para sempre. A dinâmica das áreas também é importante e, como temos vindo a aumentar a área de culturas permanentes nos últimos anos, o stock de carbono relacionado com culturas permanentes está a aumentar, isto é, tem havido sequestro de carbono.

Mas nesta situação, se o stock de carbono do lenho é temporário, dever-nos-íamos concentrar em aumentar a matéria orgânica do solo? Ao plantar um olival a 30 anos que tinha inicialmente uma certa % de MO no solo, até ao momento em que é substituído, o stock à superfície desaparece, mas, se conseguirmos aumentar a MO no solo, por exemplo, através de uma gestão de conservação, vamos ter sequestro.

E aí entram os enrelvamentos e as culturas de leguminosas por exemplo. Também na área das substituições de fertilizações azotadas minerais por outro tipo de fontes de azoto orgânico, seja por via de fixação com leguminosas ou a incorporação de outro tipo de matéria orgânica. O mais evidente é o estrume dos animais, mas poderíamos também falar de lamas ou de composto de resíduos sólidos urbanos. Se conseguirmos por exemplo que os sistemas de triagem de resíduos urbanos sejam suficientemente finos para evitar contaminações, poderá ser uma boa fonte de carbono orgânico para os solos e substituir com isso os adubos minerais"

"ESTA IDEIA QUASE ROMÂNTICA DE QUE PELO FACTO DE TRABALHARMOS COM PLANTAS E PELO FACTO DE ELAS FAZERM FOTOSÍNTESE ISSO É INTRINSECAMENTE BOM TEM DE SER DESMISTIFICADA E DEVE SER SUBSTITUÍDA POR UM ENTENDIMENTO DE QUE A AGRICULTURA DEVE SER DEVIDAMENTE TRABALHADA, PARA PODER EMITIR MUITO MENOS, OU NALGUNS SISTEMAS SEQUESTRAR CO₂."

"SE CONSEGUÍMOS POR EXEMPLO QUE OS SISTEMAS DE TRIAGEM DE RESÍDUOS URBANOS SEJAM SUFICIENTEMENTE FINOS PARA EVITAR CONTAMINAÇÕES, PODERÁ SER UMA BOA FONTE DE CARBONO ORGÂNICO PARA OS SOLOS E SUBSTITUIR COM ISSO OS ADUBOS MINERAIS"

substituir com isso os adubos minerais, que do ponto de vista de emissões no solo não serão muito diferentes, mas reduzem-se as emissões associadas à produção de azoto mineral, e as emissões da matéria orgânica em aterro, que são ambos processos muito emissores.

Aí talvez seja um ponto em que a tecnologia tenha um papel importante...

Eu acho que os aspetos da agricultura de precisão vão trazer um contributo muito importante para naturalmente reduzirmos a quantidade de azoto que colocamos nas parcelas e com isso reduzir as emissões de óxido nitroso.

Como é que classificaria isso? A agricultura de precisão como uma ferramenta de mitigação ou de adaptação?

Será um bocadinho das duas coisas. Se pensarmos em agricultura de precisão também no domínio da água, é uma medida de adaptação – significa que temos um recurso escasso, mesmo que exista na barragem, e podendo ser aplicado de uma maneira mais eficaz e mais eficiente, cada gota de água que pomos na planta, se ela for utilizada, em vez de desperdiçada, isso é um benefício do ponto de vista de adaptação. Pode significar regar durante mais tempo ou mais área.

Na área da mitigação, os benefícios da agricultura de precisão são um pouco mais difíceis de quantificar. Em alguns casos, quando se passa de uma prescrição de x toneladas por hectare de azoto para uma prescrição ao metro quadrado, até pode acontecer que em alguns sítios a prescrição recomendada seja mais alta do que a prescrição média que se fazia anteriormente, mas o mais natural é que ocorram reduções. Com isto otimiza-se a produção, e isso permitirá reduzir as emissões por quilo de produto útil, e provavelmente por hectare.

Mas o que eu acho que acontece hoje em dia é que em muitas situações, a prescrição é feita para a generalidade da parcela, o que significa que em áreas muito significativas da parcela, estamos a sobre adubar muito. Se conseguirmos corrigir essa sobre adubação para algo mais adequado, em função das necessidades de cada metro quadrado, o que eu espero que aconteça (sendo que é preciso dados para o comprovar – isto é algo bastante empírico), é que as adubações médias comecem a diminuir sem prejuízo da produtividade, e se calhar, até com alguns benefícios de produtividade. Portanto, aí ganha-se nos dois lados. Reduzir as emissões por hectare e reduzir também as emissões por quilo do produto útil no balanço final.

Outro contributo poderá vir de uma adequação temporal entre as necessidades da cultura e o fornecimento de adubo, o que poderá ser possível, por exemplo com fertirrigação e pivots de rega com sensores e com aplicação diferenciada de adubo apenas às plantas que dele necessitem.

"REDUZIR AS EMISSÕES POR HECTARE E REDUZIR TAMBÉM AS EMISSÕES POR QUILO DO PRODUTO ÚTIL NO BALANÇO FINAL."

O professor Mário de Carvalho refere que se nós passássemos das tais médias de um 1% de matéria orgânica para os 4%, isso seria o equivalente a termos três barragens do Alqueva no Alentejo. O que de facto é uma coisa extraordinária. Mas esta transformação, em termos temporais quanto tempo é que demoraria se fizéssemos tudo na perfeição? Décadas?

Não serão décadas. Mais uma vez, falta-nos evidência científica para que de facto se comprove isso. Tirando os estudos do professor Mário de Carvalho e outros, há pouca evidência científica, mas pelo que li e vi nas pastagens biodiversas é que essa transformação aconteceria talvez num espaço de 10 anos.

O IPCC, como fator *default*, sugere que as transformações ocorrem ao longo de 20 anos quando mudamos de práticas ou de culturas. Isto pode significar uma interessante estratégia de mitigação do país. Se conseguirmos mudar as nossas práticas, não teremos o benefício todo num ano, mas vamos ter benefícios ao longo de 20 anos. A agricultura poderia por esta via dar um contributo sustentado e continuado ao longo de algumas décadas para a redução de emissões.

"SE CONSEGUIRMOS MUDAR AS NOSSAS PRÁTICAS, NÃO TEREMOS O BENEFÍCIO TODO NUM ANO, MAS VAMOS TER BENEFÍCIOS AO LONGO DE 20 ANOS."

Em termos de práticas o que é que os agricultores podem pôr em prática?

Vai depender muito da cultura em causa e do caso concreto em questão.

Para a redução de emissões (para a mitigação) falamos de redução de intensidade de mobilizações (idealmente passar para sistemas de não mobilização); na otimização (redução) da fertilização azotada (por exemplo com práticas da chamada agricultura de precisão); na promoção de fertilização orgânica (estrumes, incorporação dos resíduos de culturas no solo, adubação verde, etc.), na promoção de enrelvamentos na entrelinha de culturas permanentes.

Tudo isto são “tecnologias” mais ou menos conhecidas, algumas até já bastante difundidas, outras menos usadas pelos nossos agricultores. Obviamente que nem todas podem ser usadas em todas as culturas; por exemplo não se consegue fazer batatas sem mobilização de solo, mas a mensagem a reter é a de que haverá processos de otimização a fazer em todas as culturas.

Numa primeira fase é provável que algumas destas práticas sejam encaradas pelo agricultor como um custo e por isso, talvez faça sentido a existência de políticas públicas para as apoiar, como medidas agroambientais ou outras.

"NUMA PRIMEIRA FASE É PROVÁVEL QUE ALGUMAS DESTAS PRÁTICAS SEJAM ENCARADAS PELO AGRICULTOR COMO UM CUSTO E POR ISSO, TALVEZ FAÇA SENTIDO A EXISTÊNCIA DE POLÍTICAS PÚBLICAS PARA AS APOIAR, COMO MEDIDAS AGROAMBIENTAIS OU OUTRAS."

É também necessário começar a pensar nestes assuntos como um sistema e, cultura a cultura, falar com os especialistas: como é que eu corto adubos nesta cultura; como é que transformo a adubação mineral, como é que consigo reduzir a mobilização; como é que consigo cortar tratamentos; como é que consigo aumentar produtividades, que também é importante. Não se trata só de reduzir as emissões por hectare, também podemos e devemos estar interessados em reduzir as emissões por unidade de produto – que também é um caminho de mitigação e de eficiência.

A genética vai desempenhar um papel muito importante na estratégia de adaptação. Em Portugal existem investimentos na área do melhoramento genético especialmente nesta ótica de adaptação às alterações climáticas?

Em Portugal, não saberia dizer. Em termos globais e na área da produção animal por exemplo, está a fazer-se investigação para perceber, porque é que determinados bovinos emitem mais do que outros, e já se percebeu que há uma variabilidade genética muito grande de animal para animal. Existem experiências curiosas em que se trocou o conteúdo do rúmen entre dois ruminantes e, o que emitia mais, passou a emitir menos e vice-versa. A perspetiva é encarar o rúmen como um mini-ecossistema e perceber o que leva esse ecossistema a produzir mais ou menos metano. Naturalmente, o objetivo destes trabalhos é tentar perceber como é que isso se pode manipular. Até hoje selecionámos por melhoramento genético os animais que tem mais rendimento em “bife” ou em “leite”, e agora vamos começar a selecionar os animais que emitem menos, e isso é um caminho mais ou menos convencional de melhoramento genético; depois há estratégias

mais ativas de manipular a dieta do animal e aí começamos a entrar no campo dos aditivos. Neste momento, há uma explosão na investigação nessa área, que vai desde a adição dos óleos alimentares (por exemplo de linho ou de girassol) na ração das vacas, mas que só é possível fazer em animais que consomem alimentos concentrados, tipicamente animais estabulados. Também se está a estudar outro tipo de aditivos alimentares à base de algas, onde já se conseguiu reduções na ordem dos 80% nas emissões. Aqui, a questão, também passa por perceber se existe disponibilidade suficiente de algas para abastecer o mercado a preços razoáveis e, se a incorporação deste tipo de aditivos tem consequências na saúde dos animais ou na qualidade do produto que chega ao consumidor. Em termos de laboratório, estão em curso muitas pesquisas que ainda não chegaram ao mercado. A resposta mais eminente e que já está no mercado é sem dúvida a das rações com aditivos de óleos alimentares.

"ATÉ HOJE SELECIONÁMOS POR MELHORAMENTO GENÉTICO OS ANIMAIS QUE TEM MAIS RENDIMENTO EM "BIFE" OU EM "LEITE", E AGORA VAMOS COMEÇAR A SELECIONAR OS ANIMAIS QUE EMITEM MENOS"

Na área das culturas vegetais seria interessante trabalhar as questões da fitossanidade, e claro, seria importante conhecer a resistência aos escaldões e a resposta a valores extremos de temperatura. Nas culturas de sequeiro, começar a trabalhar em culturas de ciclo mais curto que conseguem aproveitar melhor a disponibilidade de água, sendo que a disponibilidade de água vai encurtar no tempo.

"NA ÁREA DAS CULTURAS VEGETAIS SERIA INTERESSANTE TRABALHAR AS QUESTÕES DA FITOSSANIDADE, E CLARO, SERIA IMPORTANTE CONHECER A RESISTÊNCIA AOS ESCALDÕES E A RESPOSTA A VALORES EXTREMOS DE TEMPERATURA"

Mas a genética continua a ser uma das grandes ferramentas no combate às alterações climáticas?

Há gente a explorar muitas avenidas nas alterações climáticas. A avenida da genética é uma das mais importantes e, vai continuar a ser trabalhada sem necessariamente ir para os chamados OGM. Ou seja, mesmo no melhoramento genético clássico vai haver novidades nesta área e, iremos tentar ter plantas mais resistentes a ondas de calor ou a geadas, para permitir que os agricultores tenham material capaz de resistir

"UMA DAS CONSEQUÊNCIAS DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS, SÃO OS PERÍODOS DE CHUVA MUITO CONCENTRADOS, O QUE INDICA QUE VAMOS ALTERNAR ENTRE SOLOS SECOS E SOLOS ALAGADOS E, SE ESTIVERMOS A FALAR DE CULTURAS PERMANENTES, SIGNIFICA QUE AS CULTURAS VÃO TER DE SUPORTAR AS DUAS SITUAÇÕES."

às alterações climáticas. Uma das consequências das alterações climáticas, são os períodos de chuva muito concentrados, o que indica que vamos alternar entre solos secos e solos alagados e, se estivermos a falar de culturas permanentes, significa que as culturas vão ter de suportar as duas situações.

A mortalidade por alagamento é muito frequente, uma vez que em geral, as raízes não suportam o excesso de água. Com a concentração da precipitação, seremos nós capazes de capturar essa água e consequentemente desenvolver uma rede maior de infraestruturas, como as barragens?

Portugal já tem uma rede de barragens razoavelmente extensa, é a tal adaptação espontânea. As secas não são uma novidade em Portugal e, portanto, quando olhamos para Portugal e comparamos com o Reino Unido, onde a seca é um evento raro, vemos uma quantidade diferente de barragens. Daqui resulta, que Portugal passa razoavelmente bem por uma seca moderada a grave, enquanto o Reino Unido tem problemas sérios mesmo com secas mais ligeiras. Isto faz parte de um percurso que o país sempre teve. No passado, os agricultores tinham tanques, poços, barragens, charcas e depois, com o investimento público, passámos a ter as grandes barragens e os sistemas de regadio. Esse é um caminho que o país já fez, mas que continuará a ter alguns ajustes, seja na área da redução de perdas de água, seja nas mudanças das tecnologias de regadio, seja ainda na gestão da capacidade das barragens e das áreas servidas por regadios.

Temos, contudo, de resistir a uma tentação, a de que a resposta às alterações climáticas tenha que ser sempre pelo aumento do número e da capacidade de barragens. Quando se faz uma barragem ela é tipicamente sobredimensionada para a área a regar, justamente porque queremos ter água disponível mesmo quando há uma seca. Contudo, na maioria dos anos não há seca, e fica a sensação de que há na barragem muita água a “estragar-se”. Esta situação, aumenta a pressão para aumentar a área regada, para evitar que essa água “se estrague”. Contudo, quando chega de novo uma grande seca (e ela chegará sempre), já não há água suficiente para regar a nova área e cria-se assim pressão para a construção de outra barragem, o que pode reiniciar este ciclo.

"ESTA SITUAÇÃO, AUMENTA A PRESSÃO PARA AUMENTAR A ÁREA REGADA, PARA EVITAR QUE ESSA ÁGUA "SE ESTRAGUE". CONTUDO, QUANDO CHEGA DE NOVO UMA GRANDE SECA (E ELA CHEGARÁ SEMPRE), JÁ NÃO HÁ ÁGUA SUFICIENTE PARA REGAR A NOVA ÁREA E CRIA-SE ASSIM PRESSÃO PARA A CONSTRUÇÃO DE OUTRA BARRAGEM"

É preciso resistir a esta tentação, para não entrarmos neste tipo de ciclos, porque é sempre possível regar mais um hectare, mas há-de chegar sempre um momento em que não há água para regar esse mesmo hectare. Nesta situação, ou se diz aos agricultores, quando a barragem chegar a este nível ficam sem água, e os agricultores estão disponíveis a aceitar esse risco, ou, se não quisermos aceitar esse risco, temos de ser mais cautelosos na área que regamos. O recurso não vai estar presente para todos e em todos os anos.

Em países como o nosso, em que a previsão de secas é elevada, a dessalinização da água do mar poderia ser algo para nós?

Neste momento a dessalinização da água do mar ainda é muito cara, portanto pensar nisso como uma ferramenta para o uso generalizado é complicado. Se olharmos para os locais onde existe dessalinização, ela existe fundamentalmente para consumo humano, isto é, não há muita dessalinização para a agricultura no mundo, porque é demasiado cara.

Um dos grandes custos da dessalinização é o custo da energia, e se as energias renováveis tornarem esse custo tão barato ao ponto de a dessalinização ficar barata, poderá ser um quadro diferente. Por esse motivo, associada à dessalinização, existe quase sempre um contexto natural e social bastante dramático de falta de água; estamos a falar de países como Israel, ou como a ilha de Porto Santo em Portugal. Estas são geografias que não conseguem ir buscar água a mais lado nenhum.

"SE OLHARMOS PARA OS LOCAIS ONDE EXISTE DESSALINIZAÇÃO, ELA EXISTE FUNDAMENTALMENTE PARA CONSUMO HUMANO, ISTO É, NÃO HÁ MUITA DESSALINIZAÇÃO PARA A AGRICULTURA NO MUNDO, PORQUE É DEMASIADO CARA."

Mas de facto, a ideia de que o problema se resolve construindo armazenamento sucessivo, também não sei se é uma grande estratégia.

Uma avenida alternativa é a de passar a utilizar águas residuais tratadas para rega. O tratamento de águas residuais com qualidade, pode disponibilizar uma grande quantidade de água para agricultura – que é uma medida de adaptação porque estamos a deixar de consumir água fresca para passar a consumirmos água tratada para a rega.

No entanto, tem de se garantir que as águas dos centros urbanos sejam distribuídas para os locais onde há agricultura e, isso em si mesmo é um desafio muito grande. Se virmos em termos geográficos, as ETAR de Lisboa e Porto não estão muito perto de zonas agrícolas importantes. O outro grande desafio é garantir a qualidade dessa água. A tecnologia para o fazer já está disponível e, de novo, a questão põe-se ao nível dos custos. Em Portugal, por exemplo, já existem campos de golfe regados com água de tratamento terciário de efluentes e importaria expandir essa experiência para mais regiões e culturas agrícolas.

"UMA AVENIDA ALTERNATIVA É A DE PASSAR A UTILIZAR ÁGUAS RESIDUAIS TRATADAS PARA REGA. O TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS COM QUALIDADE, PODE DISPONIBILIZAR UMA GRANDE QUANTIDADE DE ÁGUA PARA AGRICULTURA"

Em termos de cenários climáticos mais generalistas de alterações climáticas, Portugal é um hotspot de alterações climáticas. Fala-se no acordo de Paris, em manter a temperatura média global abaixo do 1,5°C no máximo 2°C. O que é que isso significaria para Portugal? Isto é a média global do mundo, mas no nosso território chegar 2°C no mundo, poderá significar 4-5°C da nossa média! O que existe sobre novos cenários?

Existe um portal novo que foi feito pelo IPMA em 2016, dedicado a essa questão, que é o Portal do Clima. Esse é o instrumento mais recente e detalhado que nós temos para o conjunto do país. Ele tem a projeção por conjuntos de trinta anos para uma série de variáveis, quer de médias, quer de variabilidade e fazem isto para dois cenários climáticos, que são o 4.5 e o 8.5 – que são os cenários do IPCC. O 8.5 é o cenário mais gravoso e o 4.5 é o cenário que corresponde aos dois graus para o planeta. Consegue-se fazer a pesquisa por NUTS, tem cerca de 40 variáveis climáticas. É o depósito de informação regionalizada mais fino que eu conheço neste momento. Sei que há planos para revisitar e melhorá-lo porque, entretanto, as tecnologias vão mudando. O exercício atual foi feito com base nos modelos que deram origem ao último *Assessment Report do IPCC*.

REFERÊNCIAS



REFERÊNCIAS

4.5 Billion Years of the Earth's Temperature. (August de 2013). Obtido de wordpress.com: <https://muchadoaboutclimate.wordpress.com/2013/08/03/4-5-billion-years-of-the-earths-temperature/>

A grande aceleração das atividades antrópicas entre 1950 e 2010. (12 de fevereiro de 2015). Obtido de Instituto Humanitas Unisinos: <http://www.ihu.unisinos.br/noticias/539842-a-grande-aceleracao-das-atividades-antropicas-entre-1950-e-2010-artigo-de-jose-eustaquio-diniz-alves>

Agricultura: do problema à solução. (17 de Outubro de 2012). Obtido de plataformaongd.pt: <http://www.plataformaongd.pt/noticias/noticia.aspx?id=583>

Allison, I., & Raupach, M. (Janeiro de 2015). *"The science of climate change: Questions and answers."* Obtido de science.org.au: <https://www.science.org.au/files/userfiles/learning/documents/climate-change-r.pdf>

APA. (2017). Obtido de https://apambiente.pt/_zdata/Alteracoes_Climaticas_Relatorios/Comunicacao_Nacional/7CN/PT7CN3BRfinal.pdf

APA. (Dezembro de 2017). *7th National Communication to the United Nations Framework Convention on Climate Change - Portugal.* Amadora: Portuguese Environment Agency. Obtido de [apambiente.pt: https://apambiente.pt/_zdata/Alteracoes_Climaticas_Relatorios/Comunicacao_Nacional/7CN/PT7CN3BRfinal.pdf](https://apambiente.pt/_zdata/Alteracoes_Climaticas_Relatorios/Comunicacao_Nacional/7CN/PT7CN3BRfinal.pdf)

APA. (2019). *Instrumentos para cumprimento do Protocolo de Quioto.* Obtido de [apambiente.pt: https://apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81&sub2ref=117](https://apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81&sub2ref=117)

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

APA, & CECAC. (2012). *Roteiro Nacional de Baixo Carbono: Análise Técnica das Opções de Transição para uma Economia de Baixo Carbono competitiva em 2050*. Agência Portuguesa do Ambiente.

Attenborough, D. (Julho de 2019). *Comité de Alterações Climáticas*.

Australian Academy of Science. (2015). *The science of climate change: Questions and answers*". Canberra.

Canaveira, P. (2019). *Emissões da Agricultura em Portugal e a sua Redução*. Simpósio Alterações Climáticas e Agricultura. 36º Ovibeja.

Carvalho, A. M. (s.d.). *Carbono no solo e emissões de gases de efeito estufa*. Obtido de [cpt.com.br](http://www.cpt.com.br): <https://www.cpt.com.br/artigos/carbono-solo-emissoes-de-gases-efeito-estufa>

Chameides, B. (25 de Julho de 2007). *The Greenhouse Effect Explained*. Obtido de <http://blogs.edf.org>: http://blogs.edf.org/climate411/2007/07/25/greenhouse_effect/

CNRS, CEA, & Météo-France. (2019). *Conférence de presse – Changement climatique: les résultats des nouvelles simulations françaises*.

Corfee-Morlot, J. (15 de Janeiro de 2019). *4 Ways to Shift from Fossil Fuels to Clean Energy*. Obtido de wri.org: <https://www.wri.org/blog/2019/01/4-ways-shift-fossil-fuels-clean-energy>

CSIRO, D. o. (Agosto de 2016). Obtido de https://www.researchgate.net/figure/1-The-climate-system-Source-CSIRO-Division-of-Atmospheric-Research_fig1_309487640

Denchak, M. (26 de Junho de 2018). *Permafrost: Everything You Need to Know*. Obtido de nrdc.org: <https://www.nrdc.org/stories/permafrost-everything-you-need-know>

European Environment Agency. (2019). *Climate change adaptation in the agriculture sector in Europe*.

Eurostat. (Dezembro de 2018). *Greenhouse gas emission statistics - air emissions accounts*. Obtido de ec.europa.eu: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Greenhouse_gas_emission_statistics_-_air_emissions_accounts#Analysis_by_economic_activity

Fergus, G. (26 de Abril de 2014). Obtido de https://en.wikipedia.org/wiki/Geologic_temperature_record#/media/File:All_palaeotemps.svg

Freitas, A. C. (2 de Junho de 2017). *O que é que as alterações climáticas fizeram a Portugal?* Obtido de publico.pt: <https://www.publico.pt/2017/06/02/ciencia/noticia/o-que-e-que-as-alteracoes-climaticas-fizeram-a-portugal-1774291>

Germanwatch. (2019). *Global Climate Risk Index 2020*.

Government, U. S. (s.d.). *Overview of Greenhouse Gases*. Obtido de epa.gov: <https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases>

INE. (2018). Obtido de https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESpub_boui=320464081&PUBLICACOESmodo=2

INE. (2019). *Indicadores Económico-ambientais – Contas das Emissões Atmosféricas 1995-2017*.

IPBES. (2019). Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Paris.

IPCC. (2001). Obtido de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WGII_TAR_full_report-2.pdf

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.*

Mann, M. E. (s.d.). *Greenhouse gas*. Obtido de britannica.com: <https://www.britannica.com/science/greenhouse-gas>

Portal do Clima. (2019). Obtido de Portal do Clima: <http://portaldoclima.pt/>

Protocol, G. G. (2016). *Global Warming Potential Values*.

Publishing, O. (2014). *Climate Change, Water and Agriculture: Towards Resilient Systems*. Obtido de read.oecd-ilibrary.org: https://read.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/climate-change-water-and-agriculture_9789264209138-en#page3

Rockström, J. W. (2009). *Planetary boundaries:exploring the safe operating space for humanity. Ecology and Society*. Obtido de ecologyandsociety.org: <https://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>

Sachs, G. (s.d.). Obtido de <https://www.goldmansachs.com/insights/archive/archive-pdfs/trans-low-carbon-econ.pdf>

Santos, F. D. (2002). *Alterações climáticas: situação actual e cenários futuros*. Obtido de [cienciaviva.pt: http://www.cienciaviva.pt/img/upload/Situacaoactualecenariosfuturos-FDuarteSantos.pdf](http://www.cienciaviva.pt/img/upload/Situacaoactualecenariosfuturos-FDuarteSantos.pdf)

Santos, F. D. (s.d.). *Alterações climáticas: Situação actual e cenários futuros*. Obtido de <http://www.cienciaviva.pt/img/upload/Situacaoactualecenariosfuturos-FDuarteSantos.pdf>

Schmunk, R. B., & NASA. (2018). *Graphic: Global warming from 1880 to 2018*. Obtido de [climate.nasa.gov: https://climate.nasa.gov/climate_resources/139/graphic-global-warming-from-1880-to-2018/](https://climate.nasa.gov/climate_resources/139/graphic-global-warming-from-1880-to-2018/)

SiberianArt. (13 de Março de 2019). Obtido de <https://beduka.com/blog/materias/quimica/definicao-de-efeito-estufa/>

Sousa, M. J. (Outubro de 2012). *Avaliação do desempenho ambiental do setor agrícola em Portugal*. Obtido de [run.unl.pt: https://run.unl.pt/bitstream/10362/40901/1/Sousa_2012.pdf](https://run.unl.pt/bitstream/10362/40901/1/Sousa_2012.pdf)

Steffen, W, W. Broadgate, L. Deutsch, O. Gaffney , & C. Ludwig. (2015). *The Trajectory of the Anthropocene: the Great Acceleration*. The Anthropocene Review.

Stocker, T. D.-K. (2013). *IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.

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

World Resources Institute. (2019). *World Resources Institute*. Obtido de <https://www.wri.org/blog/2019/04/6-pressing-questions-about-beef-and-climate-change-answered>

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

