

## MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO SUL DA EUROPA: SOLO E SERVIÇOS DE ECOSISTEMA

### CLIMATE CHANGE MITIGATION AND ADAPTATION IN SOUTHERN EUROPE: SOIL ECOSYSTEM SERVICES

**Henrique CERQUEIRA,**

CICS.NOVA, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa  
[h.m.cerqueira@gmail.com](mailto:h.m.cerqueira@gmail.com)

**Maria José ROXO,**

CICS.NOVA, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa  
[rmj@fcs.unl.pt](mailto:rmj@fcs.unl.pt)

**Adolfo CALVO-CASES**

Institut Interuniversitari de Desenvolupament Local, Departament de Geografia, Universitat de València  
[adolfo.calvo@uv.es](mailto:adolfo.calvo@uv.es)

#### Resumo

O Sul da Europa, fortemente dependente dos sectores da Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo (AFOLU), está numa posição de vulnerabilidade única em relação aos efeitos das mudanças climáticas. As implicações dessas mudanças são profundas e complexas, estendendo-se para além do meio ambiente, penetrando nas estruturas socioeconómicas e influenciando as relações que as definem. Fundamental para esta discussão está o papel crucial do solo como recurso. Quando gerido de forma sustentável, o solo fornece serviços de ecossistema vitais. Estes incluem o sequestro de carbono, a retenção de água, a melhoria da resiliência dos ecossistemas e a produção de alimentos e matérias-primas, todos eles contribuindo de forma significativa para a mitigação das causas e adaptação aos efeitos de um clima em mudança. Infelizmente, práticas insustentáveis, como sobrepastoreio, desflorestação e desadequação de culturas, ameaçam a saúde do solo. Estas práticas diminuem a fertilidade do solo e a sua capacidade de suportar o crescimento de plantas, aumentando simultaneamente o risco de erosão e outras formas de degradação da terra. Para enfrentar estes desafios, os países do Sul da Europa devem adoptar práticas de gestão recomendadas para a conservação e recuperação do solo. Estas práticas podem incluir sistemas integrados, lavoura de conservação, sistemas de irrigação mais eficientes, entre outras. Além disso, é necessário repensar o planeamento e a gestão do território para alinhar as trajetórias de mudança do uso do solo com a capacidade e resiliência dos ecossistemas. Neste sentido, a alocação adequada dos incentivos da Política Agrícola Comum (PAC) é fundamental para evitar a erosão e a degradação da terra que ocorrem em algumas áreas da Bacia do Mediterrâneo. Ademais, a inclusão de objetivos de sequestro de carbono no solo nas políticas agrícolas e ambientais é uma medida necessária para a recuperação de ecossistemas degradados e para a adaptação à desertificação. Concentrando-se nos serviços de ecossistema do solo, os países do Sul da Europa podem tomar medidas proactivas para construir um futuro mais sustentável e resiliente para os seus cidadãos, enfatizando a importância de combinar esforços de mitigação e adaptação para melhorar a resiliência das comunidades e ecossistemas.

**Palavras-chave:** Mudança Climática, Solo, Serviços de Ecossistema, Política Agrícola Comum

#### Abstract

Southern Europe, heavily dependent on the sectors of Agriculture, Forestry and Other Land Uses (AFOLU), is in a uniquely vulnerable position in relation to the effects of climate change. The implications of these changes are profound and complex, extending beyond the environment, penetrating socioeconomic structures, and influencing the relations

that define them. Fundamental to this discussion is the crucial role of soil as a resource. When managed sustainably, soil provides vital ecosystem services. These include carbon sequestration, water retention, improvement of ecosystem resilience, and production of food and raw materials, all of which contribute significantly to mitigating the causes and adapting to the effects of a changing climate. Unfortunately, unsustainable practices such as overgrazing, deforestation, and unsuitable cropping threaten the health of the soil. These practices decrease soil fertility and its ability to support plant growth, simultaneously increasing the risk of erosion and other forms of land degradation. To address these challenges, Southern European countries must adopt recommended management practices for soil conservation and recovery. These practices may include integrated systems, conservation farming, more efficient irrigation systems, among others. Additionally, it is necessary to rethink planning and land management to align land-use change trajectories with ecosystem capacity and resilience. In this sense, the adequate allocation of Common Agricultural Policy (CAP) incentives is key to preventing erosion and land degradation that occur in some areas of the Mediterranean Basin. Furthermore, the inclusion of soil carbon sequestration objectives in agricultural and environmental policies is a necessary measure for the recovery of degraded ecosystems and for adaptation to desertification. By focusing on soil ecosystem services, Southern European countries can take proactive measures to build a more sustainable and resilient future for their citizens, emphasizing the importance of combining mitigation and adaptation efforts to enhance the resilience of communities and ecosystems.

**keywords:** Climate Change, Soil, Ecosystem Services, Common Agricultural Policy (CAP)

## 1- Introdução

O Sul da Europa é particularmente vulnerável aos efeitos da Mudança Climática. As consequências são complexas e abrangem os sistemas ambientais, as estruturas socioeconómicas e as relações que definem entre si, em especial quando existe uma dependência territorial para com os sectores da Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo (AFOLU). O solo é um recurso fundamental ao fornecer serviços de ecossistema que, geridos de forma sustentável, ajudam na mitigação das causas e favorecem a adaptação aos efeitos de um clima em mudança: sequestro de carbono, retenção de água, melhoria da resiliência dos ecossistemas, ou produção de alimento e matéria-prima (Power, 2010). Contudo, a saúde do solo é frequentemente comprometida por práticas como o sobrepastoreio (Czegledi & Radacsi, 2021), desflorestação (Hu et al., 2021; Zeraatpishe et al., 2013) e desadequação de culturas, que reduzem a fertilidade do solo, a sua capacidade de suportar o crescimento de plantas e aumentam o risco de erosão e outras formas de degradação da terra.

Para enfrentar estes desafios e maximizar os benefícios dos serviços de ecossistema fornecidos pelo solo, os países do Sul da Europa devem adotar práticas de gestão recomendadas para a conservação e recuperação de solo: sistemas integrados, lavoura de conservação, sistemas de irrigação mais eficientes, entre outras (Aguilera et al., 2013). Para além disso, é necessário repensar o planeamento e gestão do território de forma a adequar as trajetórias de mudança de uso do solo à capacidade e resiliência dos ecossistemas. A alocação adequada dos incentivos da Política Agrícola Comum (PAC) aos territórios onde se inserem é fundamental para evitar os gradientes de erosão e degradação da terra que se verificam em algumas áreas da Bacia do Mediterrâneo, em especial onde existem condições de clima árido, semiárido e sub-húmido seco (Panagos et al., 2016). Incluir objetivos de sequestro de carbono no solo nas políticas agrícolas e ambientais do espaço europeu representa a necessidade de recuperar ecossistemas

degradados, mas também a oportunidade de criar condições de adaptação à seca e desertificação, bem como atribuir valor aos serviços de ecossistema de regulação, suporte e culturais.

Enfrentar os desafios da mudança climática no Sul da Europa é combinar esforços de mitigação e adaptação que apoiem o uso sustentável dos recursos naturais e melhorem a resiliência das comunidades e ecossistemas. Concentrando-se nos serviços de ecossistema do solo, os países do Sul da Europa podem construir um futuro mais sustentável e resiliente e justo para os seus cidadãos.

Como tal, pretende-se, doravante, contextualizar a problemática da mudança climática no Sul da Europa, e esmiuçar as determinantes do sequestro de carbono como serviço dos ecossistemas derivado do solo, nomeadamente: i) práticas de gestão recomendadas; ii) mudanças de uso e ocupação do solo; iii) o abandono da terra.

## **2 – Mudança Climática no Sul da Europa**

A região do Sul da Europa é, na sua generalidade, caracterizada por um clima mediterrâneo. Os Verões tipicamente quentes e secos são alternados com Invernos de chuvas e temperaturas moderadas, mas dotados de uma notável variabilidade e imprevisibilidade inter-anual. A mudança climática em curso coloca desafios importantes a esta variabilidade e imprevisibilidade: com cada vez menos dias de chuva acompanhados de uma redução nos totais anuais de precipitação, a periodicidade e intensidade dos processos de degradação do solo aumenta (Carvalho et al., 2022; Gao & Giorgi, 2008). Desde o final do século XIX, a temperatura média do globo aumentou cerca de 1.2 °C, tendo-se verificado um aumento no ritmo de aquecimento nas últimas décadas. No entanto, estas mudanças no sistema climático não se verificaram de forma homogénea por todo o globo: algumas regiões são mais susceptíveis a aumentos de temperatura e aridez, os chamados hotspots. Uma dessas regiões é do Mediterrâneo, onde o aquecimento médio no mesmo período ocorreu a um ritmo superior à média global, cerca de 1.7°C (W. Cramer et al., 2018).

O Mediterrâneo é, por natureza, uma região muito complexa: da heterogeneidade no ambiente e recursos naturais às questões sociais, políticas e culturais que se estendem tanto pela margem norte como pela margem sul, resultam interações distintas com a realidade da mudança climática. As consequências do aquecimento no Sul da Europa, nomeadamente na região do Mediterrâneo, não se manifestam unicamente em termos de alterações nas temperaturas. A tendência de menos chuvas e períodos mais prolongados de seca têm levado a condições mais áridas na região, com consequências profundas para a agricultura, abastecimento de água potável e biodiversidade. Na agricultura, a redução da quantidade de água disponível está a pressionar as culturas tradicionais e os sistemas de produção, com potenciais impactos na segurança alimentar. O solo, cada vez mais seco, erodido e pobre em matéria orgânica, torna-se menos produtivo. Para além disso, aumenta também a frequência e intensidade de incêndios florestais, causando mais emissões de gases com efeito de estufa, promovendo a erosão e afectando a biodiversidade.

A perda de biodiversidade é uma preocupação grave: a região do mediterrâneo abriga uma alta proporção de espécies endémicas ameaçadas com a perda de habitats devido à expansão urbana e agrícola (Barredo et al., 2016). Por outro lado, a mudança de padrões climáticos coloca desafios à adaptação de algumas espécies às novas condições ambientais, levando a declínios populacionais e à extinção (Newbold et al., 2020). Na agricultura, a variabilidade e imprevisibilidade das chuvas ao longo do ano coloca desafios no crescimento das plantas com potencial de intensificação de processos erosivos se não forem aplicadas práticas de proteção do solo.

O alargamento para norte das áreas associadas a climas do tipo semi-árido e sub-húmido seco no Sul da Europa faz com que a área susceptível à desertificação aumente, associada ao deteriorar de indicadores de qualidade do clima, solo e vegetação, e uma maior intensidade de uso do solo. O aumento da área de culturas regadas, sobrepastoreio, alargamento das áreas de produção agrícola para terras cada vez mais marginais, e a limpeza de vegetação coloca pressão nos recursos naturais e dificulta a resiliência dos ecossistemas, tornando-os menos produtivos.

### **3 – Solo e Serviços de Ecossistema – Sequestro de Carbono**

O recurso solo tem um papel fundamental nos serviços de ecossistema de forma directa e indirecta em todos os serviços de ecossistema: 1) regulação, devido ao seu papel no ciclo do carbono, da água e dos nutrientes; 2) fornecimento de matéria e energia, uma vez que a sua fertilidade está na base da produção agrícola e de matéria-prima; 3) suporte à biodiversidade devido ao seu papel na formação de habitats, fornecendo o meio físico onde as plantas crescem e os animais se abrigam; 4) serviços culturais, devido ao seu papel na formação e manutenção da paisagem e dos ecossistemas que são valorizados pelas pessoas para fins de recreação, turismo, espirituais e sentido de lugar. Estes serviços de ecossistema são de extrema importância nos sectores da agricultura, floresta e outros usos do solo (AFOLU) por representarem oportunidades de gestão sustentável de recursos com benefícios transversais ao ambiente e sociedade.

#### **3.1- Práticas de Gestão Recomendadas**

O papel do recurso solo na mitigação e adaptação à mudança climática surge principalmente associado à capacidade de sequestro de carbono na biomassa e no solo, bem como na sua relação com a redução dos processos erosivos e aumento da capacidade de retenção de água. A componente do solo que é principalmente responsável por este sequestro de carbono é a matéria orgânica que provém da decomposição de animais, plantas e outros organismos. Aumentar o teor de matéria orgânica no solo apenas ocorre quando a quantidade de matéria orgânica depositada e incorporada no solo é superior às perdas por distúrbios como por exemplo a erosão. Para isso, existem práticas de gestão recomendadas

de, sobretudo, dois tipos: as de aumento do fornecimento de material orgânico ao solo, e as de protecção contra perdas da matéria orgânica já existente.

À medida que se considera o papel fundamental do solo na mitigação e adaptação à mudança climática, é importante reconhecer que as estratégias de gestão e as práticas recomendadas podem variar significativamente dentro do sector AFOLU, especificamente entre a agricultura e as florestas. Na agricultura, o foco principal pode ser em práticas como a lavoura de conservação, e gestão da fertilização, todas destinadas a equilibrar o teor de matéria orgânica no solo (Aguilera et al., 2013). Por outro lado, a gestão florestal pode envolver abordagens diferentes, tais como a gestão sustentável da madeira, a preservação de áreas naturais, e a regeneração controlada, que visam não só o sequestro de carbono, mas também a biodiversidade e a conservação da água.

No sector da agricultura, muitas destas práticas asseguram ambos os benefícios: fertilização verde/sideração, gestão de resíduos de produção, culturas de superfície, lavoura de conservação (reduzida, mínima ou superficial), sementeira directa, gestão da fertilização, entre outras. A estas práticas estão geralmente associadas taxas de sequestro de carbono expressas em toneladas de carbono por hectare por ano ( $t\ C\ ha^{-1}\ y^{-1}$ ), conforme os exemplos na Tabela I.

Tabela I – Algumas Taxas de Sequestro de Carbono no Solo ( $t\ C\ ha^{-1}\ y^{-1}$ ) em sistemas culturais mediterrâneos.

Sementeira Directa	0,44
Lavoura Reduzida	0,32
Culturas de Superfície	0,27
Sideração	0,97
Combinação de Práticas	1,11

Fonte: Aguilera et al. (2012), adaptado por Cerqueira (2021)

### 3.2- Mudanças de Uso e Ocupação do Solo

Para além disso, é possível induzir mudanças no teor de carbono através de mudanças de uso e ocupação do solo: cada tipo de uso/ocupação acaba por significar um determinado tipo de relação entre a atividade humana, os recursos naturais e o clima, que por sua vez determinam a produtividade primária, a quantidade de matéria orgânica que é fornecida ao solo, bem como a quantidade que é removida através da gestão ou processos de degradação do solo (Muñoz-Rojas et al., 2012, 2015). No entanto, este solo como reservatório de carbono não é todo igual, devido ao papel desempenhado pela litologia e morfologia na pedogénese e processos erosivos ao longo do tempo. Portanto, ao nível da paisagem, o teor de carbono no solo é definido pela interação complexa entre as características-base do solo, o seu uso/ocupação, e as práticas de gestão desenvolvidas: da mesma forma que uma seara de trigo num Luvisolo Vx não tem o

mesmo teor de carbono de uma num Litosolo *Ex*, e num mesmo tipo de solo essa mesma seara não terá o mesmo teor de carbono, quando comparada com uma pastagem semeada biodiversa.

Gerir o recurso solo para maximizar o teor de carbono criando um benefício no serviço de ecossistema de regulação climática implica então compreender de que forma estes sistemas interagem. Assim, ajustando o uso e as práticas às condições pedoclimáticas do local será possível manter o carácter produtivo da terra enquanto se remove algum do carbono em excesso da atmosfera e, para além disso, se melhoram algumas das características do solo como a capacidade de retenção de água, beneficiando por sua vez o serviço de ecossistema de regulação do ciclo da água. Por exemplo, na Margem Esquerda do Guadiana, a diferença de litologia entre a área dos olivais de Moura e Serpa e a área de Barrancos acaba por definir diferenças também no teor de carbono no solo. A figura 1 mostra a estimativa de teor de carbono para um sector da Margem Esquerda do Guadiana, obtida através de uma combinação tipo/uso do solo, e a figura 2 os ganhos e perdas de carbono por mudança de uso do solo na mesma área entre 1995 e 2018 (dados preliminares).

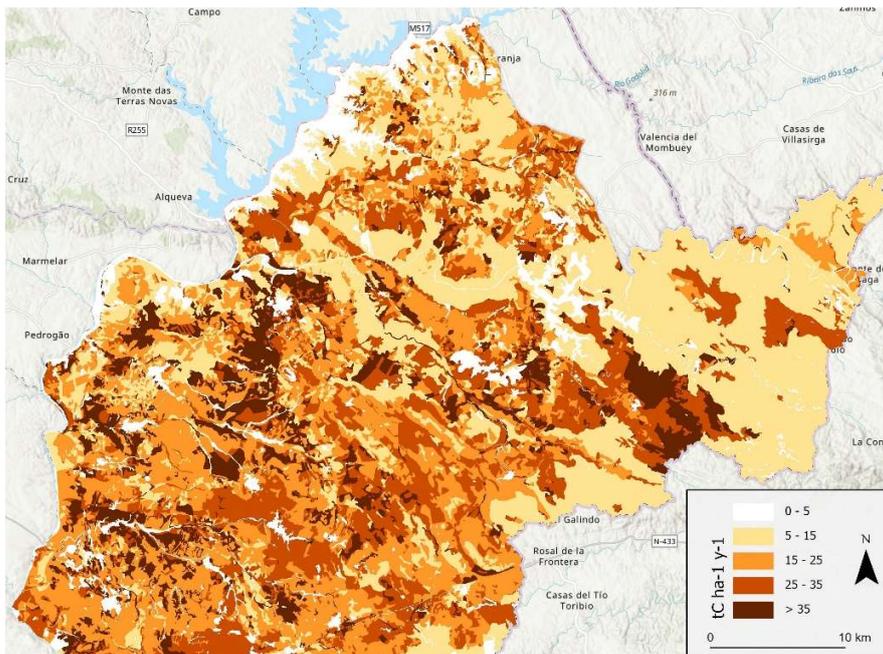


Figura 1 – Estimativa de teor de carbono no solo ( $t\ C\ ha^{-1}\ y^{-1}$ ) para um pormenor na margem esquerda do Guadiana com base em dados preliminares.

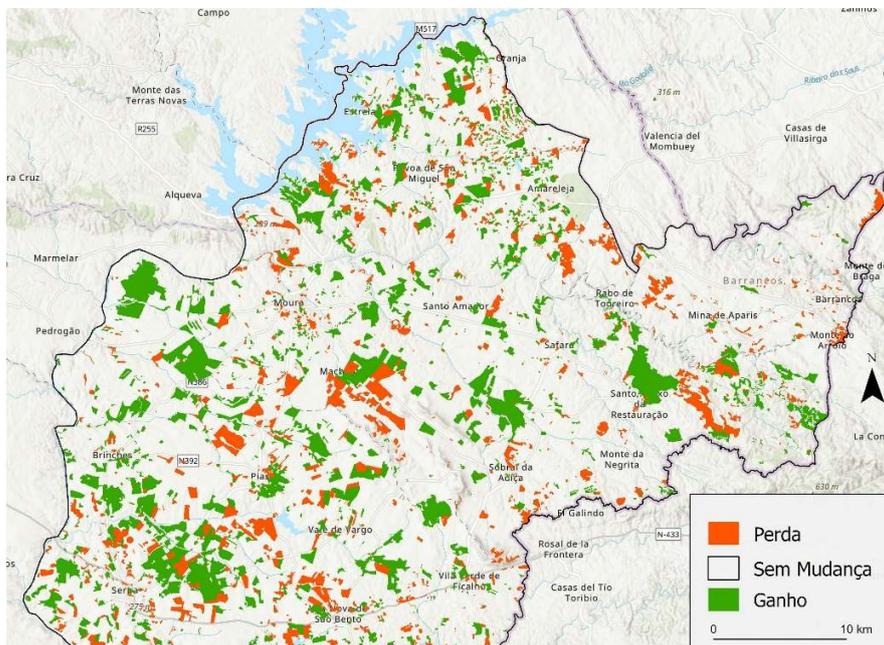


Figura 2 – Estimativa de ganhos e perdas de carbono na paisagem para um pormenor da Margem Esquerda do Guadiana, baseado em dados preliminares.

As mudanças de uso do solo são um fenómeno complexo determinado por factores biofísicos, socioeconómicos, culturais, tecnológicos e políticos. Em paisagens como as da Margem Esquerda do Guadiana (à semelhança de outras áreas do Sul da Europa, em particular da Bacia do mediterrâneo), a complexidade de interações entre o desenvolvimento económico, a Política Agrícola Comum e as tendências recentes de evolução das paisagens rurais levam a dois tipos principais de trajectórias de mudança – intensificação e extensificação – que são cada vez mais acompanhadas por uma terceira: o ‘abandono’ da actividade agrícola.

### 3.3- O “abandono” da terra

De entre as mudanças de uso do solo com um importante impacto no sequestro de carbono, existe uma que está a surgir em várias partes do Sul da Europa: o abandono da actividade agrícola. Este fenómeno é bastante complexo e determinado por factores biofísicos, socioeconómicos, tecnológicos, demográficos e políticos (Lasanta et al., 2017). Alguns exemplos de causas são os movimentos migratórios (êxodo rural), inovação tecnológica (aumento da produtividade e menor necessidade de área para produção), baixa produtividade de algumas terras mais marginais, baixa competitividade no mercado (maiores custos de produção ou menores economias de escala), a PAC (através, por exemplo, do *set aside*), a dificuldade de produzir continuamente em ambientes semiáridos e sub-húmidos secos num clima

em mudança, ocupações alternativas mais atractivas (actividades do sector terciário como o turismo) e consequências de uma gestão desadequada da terra (Alonso-Sarría et al., 2016; Lasanta et al., 2021).

O abandono das terras cultivadas pode levar a uma recuperação natural da vegetação que, em certos casos, aumenta o sequestro de carbono (Cramer et al., 2008). No entanto, essa transição também pode gerar desafios em termos de gestão da terra, biodiversidade e recursos hídricos. Compreender o impacto desse abandono na dinâmica do solo e nos serviços de ecossistema torna-se vital na formulação de políticas e estratégias que respondam adequadamente às mudanças climáticas, bem como às necessidades sociais e económicas das comunidades locais (Bell et al., 2020; Khorchani et al., 2021). Na Margem Esquerda do Guadiana, em particular na Serra de Serpa e Mértola, dados preliminares permitem desenhar uma linha de recuperação de carbono no solo em condições semelhantes de litologia e morfologia desde a cessação da actividade agrícola até aos valores de referência para solos sem registo de actividade humana em pelo menos 150 anos (figura 3).

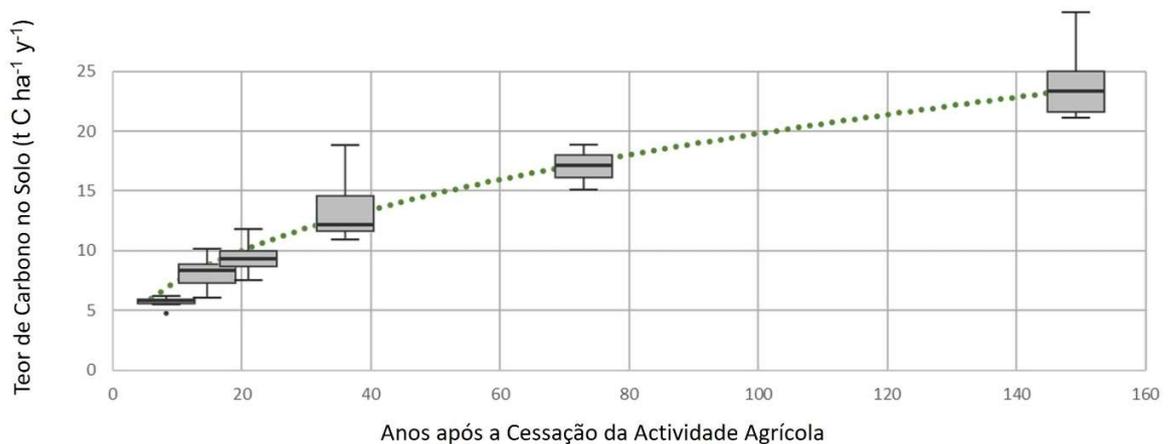


Figura 3 – Sequestro de Carbono no Solo (t C ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup>) após a cessação da actividade agrícola. Dados preliminares da Serra de Serpa e Mértola, na Margem Esquerda do Guadiana.

Ao cessar a actividade agrícola, a evolução da vegetação vai depender muito dos factores de partida como o uso e gestão do solo e o nível de degradação. Dados preliminares do Centro Experimental de Erosão de Vale Formoso dão conta de uma rápida redução das taxas de erosão seguidas de uma redução da escorrência superficial à medida que a vegetação cresce (Roxo e Calvo-Cases, 2019). Sem entraves ao seu desenvolvimento que não as condições do solo e a variabilidade climática, a recuperação da vegetação vai progressivamente possibilitar a infiltração de água, aumentar o teor de matéria orgânica, diminuir a densidade aparente, o que por sua vez cria condições mais favoráveis para o crescimento de outras plantas, fomentando o sequestro de carbono e retenção de água (regulação), a biodiversidade (suporte), e a manutenção de paisagens com espécies locais (valor cultural). Todos estes factores culminam numa paisagem que reduz as emissões de gases com efeito de estufa, remove algum do carbono em excesso da atmosfera (mitigação) e coloca-o no solo onde vai permitir uma maior resiliência a condições de maior

aridez (adaptação). No entanto, esta questão está coberta de uma grande complexidade, uma vez que a cessação da actividade e os respectivos benefícios têm de competir com a necessidade de produzir alimento para uma população em crescimento. A recuperação de solos pobres e degradados é promissora, mas a utilização sustentável futura desses terrenos exige uma gestão cuidadosa e um entendimento profundo das interações entre o ambiente e as sociedades.

#### **4 – Reflexões finais**

As mudanças climáticas são uma realidade que afeta todos os aspetos da vida, e o Sul da Europa não é excepção. Esta região, rica em diversidade cultural e ecológica, enfrenta desafios únicos que exigem uma abordagem sensível e bem planeada. Um dos recursos mais vitais na luta contra as mudanças climáticas é o solo. Mais do que uma simples parte da paisagem, o solo desempenha um papel crucial na redução dos gases de efeito estufa. A conservação e utilização responsável do solo é um foco significativo na região do Sul da Europa, em particular no Mediterrâneo, e devem ser feitos esforços para entender, proteger e utilizar este recurso da melhor forma possível. Devem ser incentivadas práticas sustentáveis na agricultura, como o uso eficiente da água e a rotação de culturas, aliadas à necessidade de inovação contínua. A gestão do solo florestal é também essencial para o sequestro de carbono, com acrescida importância nesta região devido à necessidade de evitar incêndios florestais que, para além de todas as suas outras consequências, são uma fonte de emissão de gases com efeito de estufa.

No entanto nem os desafios nem as soluções não são uniformes. As especificidades do solo, clima, cultura e economia variam muito entre os diferentes países e regiões do Sul da Europa. Portanto, políticas e práticas devem ser cuidadosamente adaptadas às necessidades e características locais. As estratégias que funcionam em uma área podem não ser adequadas a outra, e a flexibilidade e compreensão dessas diferenças são fundamentais. A educação desempenha um papel vital nesse processo: compreender a importância das práticas sustentáveis e como contribuir para elas é uma necessidade em todos os níveis da sociedade. A consciência da importância do solo, das práticas agrícolas responsáveis, e da importância de adaptação às mudanças climáticas locais é vital para o sucesso a longo prazo. Por fim, a formação de políticas eficazes é uma prioridade no Sul da Europa, e o foco deve estar em incentivar a conservação do solo, promover investigação e inovação, e reunir recursos e pessoas para enfrentar as mudanças climáticas de forma integrada.

A mitigação e adaptação às mudanças climáticas no Sul da Europa são desafios complexos e multifacetados. Envolvem ciência, economia, política, e a participação activa de todos os agentes territoriais. É um caminho difícil, mas os esforços conjuntos e a determinação podem levar a um futuro mais sustentável e resiliente.

## Bibliografia

- AGUILERA, E., LASSALETTA, L., GATTINGER, A., & GIMENO, B. S. (2013). Managing soil carbon for climate change mitigation and adaptation in Mediterranean cropping systems: A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 168, 25–36. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.02.003>
- ALONSO-SARRÍA, F., MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, C., ROMERO-DÍAZ, A., CÁNOVAS-GARCÍA, F., & GOMARIZ-CASTILLO, F. (2016). Main Environmental Features Leading to Recent Land Abandonment in Murcia Region (Southeast Spain). *Land Degradation & Development*, 27(3), 654–670. <https://doi.org/10.1002/ldr.2447>
- BARREDO, J. I., CAUDULLO, G., & DOSIO, A. (2016). Mediterranean habitat loss under future climate conditions: Assessing impacts on the Natura 2000 protected area network. *Applied Geography*, 75, 83–92. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.08.003>
- BELL, S., BARRIOCANAL, C., TERRER, C., & ROSELL-MELÉ, A. (2020). Management opportunities for soil carbon sequestration following agricultural land abandonment. *Environmental Science and Policy*, 108, 104–111. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.03.018>
- CARVALHO, D., PEREIRA, S. C., SILVA, R., & ROCHA, A. (2022). Aridity and desertification in the Mediterranean under EURO-CORDEX future climate change scenarios. *Climatic Change*, 174(3–4), Article 3–4. <https://doi.org/10.1007/s10584-022-03454-4>
- CRAMER, V., HOBBS, R., & STANDISH, R. (2008). What's new about old fields? Land abandonment and ecosystem assembly. *Trends in Ecology & Evolution*, 23(2), 104–112. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2007.10.005>
- CRAMER, W., GUIOT, J., FADER, M., GARRABOU, J., GATTUSO, J.-P., IGLESIAS, A., LANGE, M. A., LIONELLO, P., LLASAT, M. C., PAZ, S., PEÑUELAS, J., SNOUSSI, M., TORETI, A., TSIMPLIS, M. N., & XOPLAKI, E. (2018). Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean. *Nature Climate Change*, 8(11), Article 11. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0299-2>
- CZEGLEDI, L., & RADACSI, A. (2021). Overutilization of Pastures by Livestock. *Gyepgazdálkodási Közlemények*, 3(1–2), Article 1–2. <https://doi.org/10.55725/gygk/2005/3/1-2/10438>
- GAO, X., & GIORGI, F. (2008). Increased aridity in the Mediterranean region under greenhouse gas forcing estimated from high resolution simulations with a regional climate model. *Global and Planetary Change*, 62(3–4), Article 3–4. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2008.02.002>
- HU, X., NÆSS, J. S., IORDAN, C. M., HUANG, B., ZHAO, W., & CHERUBINI, F. (2021). Recent global land cover dynamics and implications for soil erosion and carbon losses from deforestation. *Anthropocene*, 34, undefined-undefined. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2021.100291>
- KHORCHANI, M., NADAL-ROMERO, E., LASANTA, T., & TAGUE, C. (2021). Effects of vegetation succession and shrub clearing after land abandonment on the hydrological dynamics in the Central Spanish Pyrenees. *CATENA*, 204, 105374. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105374>
- LASANTA, T., ARNÁEZ, J., PASCUAL, N., RUIZ-FLAÑO, P., ERREA, M. P., & LANA-RENAULT, N. (2017). Space–time process and drivers of land abandonment in Europe. *CATENA*, 149, 810–823. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.02.024>
- LASANTA, T., NADAL-ROMERO, E., KHORCHANI, M., & ROMERO-DÍAZ, A. (2021). Una revisión sobre las tierras abandonadas en España: De los paisajes locales a las estrategias globales de gestión. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 47(2), 477–521. <https://doi.org/10.18172/cig.4755>

MUÑOZ-ROJAS, M., JORDÁN, A., ZAVALA, L. M., DE LA ROSA, D., ABD-ELMABOD, S. K., & ANAYA-ROMERO, M. (2012). Organic carbon stocks in Mediterranean soil types under different land uses (Southern Spain). *Solid Earth*, 3(2), 375–386. <https://doi.org/10.5194/se-3-375-2012>

MUÑOZ-ROJAS, M., JORDÁN, A., ZAVALA, L. M., DE LA ROSA, D., ABD-ELMABOD, S. K., & ANAYA-ROMERO, M. (2015). Impact of Land Use and Land Cover Changes on Organic Carbon Stocks in Mediterranean Soils (1956–2007). *Land Degradation & Development*, 26(2), 168–179. <https://doi.org/10.1002/ldr.2194>

NEWBOLD, T., OPPENHEIMER, P., ETARD, A., & WILLIAMS, J. J. (2020). Tropical and Mediterranean biodiversity is disproportionately sensitive to land-use and climate change. *Nature Ecology and Evolution*, 4(12), Article 12. <https://doi.org/10.1038/s41559-020-01303-0>

PANAGOS, P., IMESON, A., MEUSBURGER, K., BORRELLI, P., POESEN, J., & ALEWELL, C. (2016). Soil Conservation in Europe: Wish or Reality? *Land Degradation and Development*, 27(6), Article 6. <https://doi.org/10.1002/ldr.2538>

POWER, A. G. (2010). Ecosystem services and agriculture: Tradeoffs and synergies. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), Article 1554. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0143>

ROXO, M.J.; CALVO-CASES, A. (2019). Soil erosion and soil hydrology recovery time and factors after agriculture abandonment. In *EcoDesert Proceedings*, Almeria, 84-85.

ZERAATPISHE, M., KHALEDIAN, Y., EBRAHIMI, S., SHEIKHPOURI, H., & BEHTARINEJAD, B. (2013). The Effect of Deforestation on Soil Erosion, Sediment and Some Water Quality Indicators. 1st International Conference on Environmental Crisis and Its Solutions; 13-14 Feb 2013, Kish Island-Iran, Scientific and Research Branch, Khouzestan, Islamic Azad University, July 2015, Article July 2015.