

LUCILÉIA REIS<sup>1</sup>, MARIA DO SAMEIRO PATRÍCIO<sup>2</sup>, SAMUEL DIEGUES<sup>1</sup>, GIOVANA POGGERE<sup>3</sup>, MÁRIO GONZALEZ PEREIRA<sup>4</sup>, MANUEL FELICIANO<sup>2</sup>.



<sup>1</sup> Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior Agrária, Campus Sta. Apolónia, 5300-253 BRAGANÇA, Portugal.

<sup>2</sup> Centro de Investigação de Montanha – CIMO, Instituto Politécnico de Bragança, Campus Sta. Apolónia, 5300-253 BRAGANÇA, Portugal.

<sup>3</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus de Medianeira, Paraná, Brasil.

<sup>4</sup> CITAB Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados, 5000-801 VILA REAL, Portugal.



## Introdução

No âmbito das alterações climáticas, o desenvolvimento de estudos capazes de apontar formas que atenuem as emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) é de fundamental importância para conter uma gama de fenómenos que vêm perturbando o equilíbrio natural do planeta Terra nas últimas décadas. O CO<sub>2</sub> é um dos GEE (gases de efeito estufa) de maior relevância desde o início da era industrial. Diversos estudos têm constatado um aumento significativo e de forma muito acelerada das concentrações desse gás na atmosfera num curto período de tempo, com influência direta no processo de aquecimento global da superfície terrestre [1]. Segundo dados dos últimos 800 anos, não se registavam emissões antrópicas tão elevadas de dióxido de carbono como as que foram observadas entre 2000 e 2010 [2]. O acréscimo das concentrações dos GEE, em particular CO<sub>2</sub>, está relacionado principalmente com a queima de combustíveis fósseis, atividades industriais, setor de transportes e modificações do uso e cobertura do solo, em particular setor agrícola [3]. Os usos intensivos do solo têm contribuído para o aumento da libertação de CO<sub>2</sub> armazenado sob a forma de matéria orgânica nos solos, e, consequentemente, para diminuir a disponibilidade de carbono orgânico das reservas terrestres. Neste contexto, o recurso a práticas agronómicas mais conservativas da matéria orgânica, consideradas ambientalmente mais adequadas para permitir elevar o potencial de sequestro e armazenamento de carbono por parte dos solos, é absolutamente necessário. Em geral, estima-se que o carbono orgânico nas reservas dos solos corresponda a duas vezes mais do que toda a biomassa vegetal existente no planeta, sendo considerado de suma importância no ciclo do carbono [4]. Contudo, as práticas culturais podem contribuir para uma maior ou menor conservação da matéria orgânica no solo e consequente maior ou menor libertação de gases de efeito de estufa para a atmosfera [5].

## Objetivos

- ✓ Avaliar os fluxos de CO<sub>2</sub> num sistema agroflorestal com duas formas de gestão do solo contrastantes (solo mobilizado e solo ervado com cobertura permanente) para definir o manejo do solo ambientalmente mais adequado em termos de GEE e conservação do C;
- ✓ Monitorizar as variações espaciais e temporais dos fluxos de CO<sub>2</sub> do solo;
- ✓ Avaliar a influência das variáveis edafoclimáticas nas trocas líquidas de carbono entre o solo e a atmosfera, bem como a sua relação com as práticas culturais do solo.

## Material e Métodos

### Área de estudo:

Área de castanheiro em sistema agroflorestal com aproximadamente 0,5 ha (souto demonstração), instalado no âmbito do projeto GO\_ClimCast, em abril de 2018 e área de souto contígua

### Caracterização do local de estudo

**Localização:** Freguesia de Parada, região de Trás-os-Montes, Nordeste de Portugal, coordenadas geográficas 41°38'12.53"N; 6°42'42.94"W.

**Altitude:** A área fica situada a 740 m de altitude; **Exposição:** S-SE.

**Do tipo:** A área com a classificação de Köppen- Geiger [6] o clima da região é Csb, mediterrâneo com verões quentes. **Precipitação média anual:** 821mm, correspondendo à distribuição típica mediterrânica sazonal, com verões secos, e com chuvas concentradas no outono e inverno. **Temperatura média anual:** 11,6° C [7].

**Tipo de solo:** Leptosolo de xisto de baixa espessura e elevada pedregosidade e relativamente pobre em matéria orgânica.

### Metodologia de monitorização

O estudo envolveu duas áreas contíguas (soutos) com gestão distinta: uma de castanheiro com solo mobilizado (área A<sub>mov</sub>) (Fig. 1A); outra de castanheiro, não mobilizado, com subcoberto ervado permanente (área A<sub>nmov</sub>) (Fig. 1B). Selecionaram-se aleatoriamente 10 pontos de amostragem tendo sido fixados 4 colares de PVC no solo mobilizado e 6 no solo não mobilizado. As medições foram feitas em triplicado por ponto, em três momentos diferentes do dia, entre março e julho de 2019.



**Figura 1.**

- A) Área de castanheiros adultos com solo não mobilizado e coberto por vegetação;  
B) Área de castanheiros plantados recentemente, com solo nu e mobilizado.

Os fluxos de CO<sub>2</sub> do solo foram registados com um sistema automático (LI-8100A), constituído por uma unidade de controlo e análise de CO<sub>2</sub> e vapor de água acoplada a uma câmara transparente (Fig. 2). Paralelamente, a temperatura do solo e a radiação fotossinteticamente ativa (PAR) foram monitorizadas com auxílio de uma Sonda de humidade 8100-202, de um Termistor 8100-203 e de um Sensor Quântico LI-190R, respectivamente.



**Figura 2.**

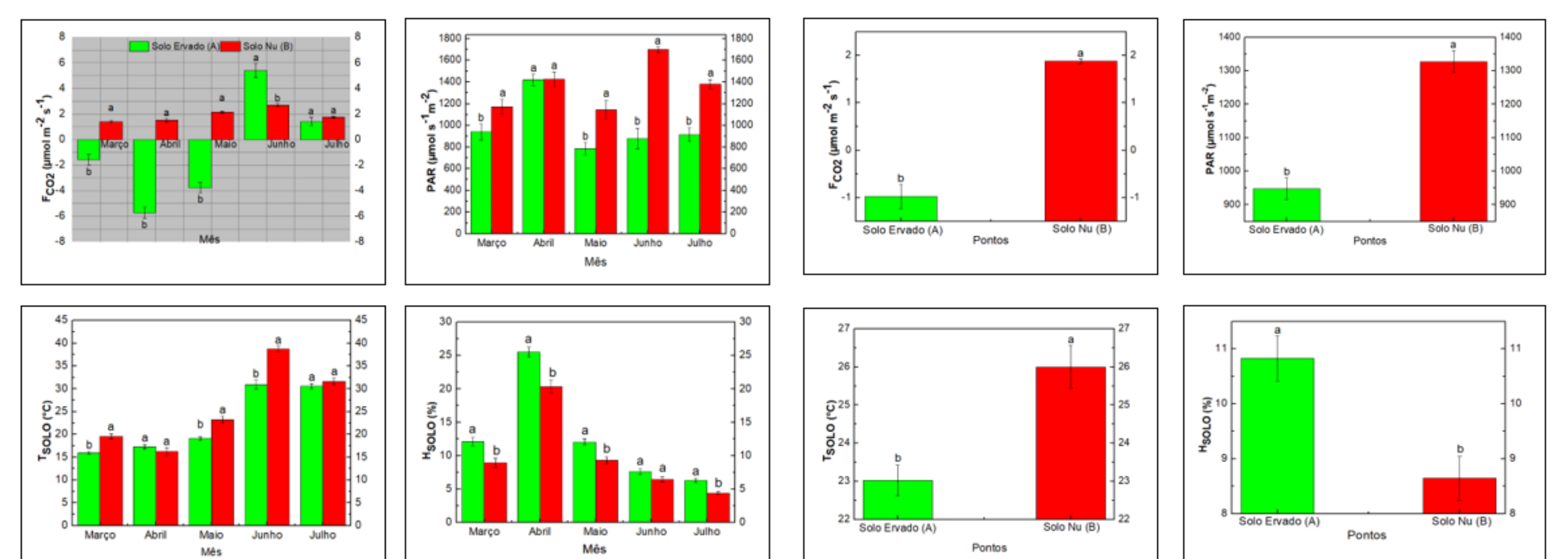
Sistema automatizado de troca líquida de carbono LI-8100-NCE, com destaque do colar de PVC na área A e na área B.

## Resultados

**Tabela 1.** Parâmetros estatísticos das variáveis em análise registadas para a área A e B, no período de março à julho, em Parada, Bragança, Portugal.

Parâmetros	F <sub>CO2</sub> (μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )		PAR (μmol s <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup> )		T <sub>soilo</sub> (°C)		H <sub>soilo</sub> (%)	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Média	-0,97b	1,88a	947,55b	1327,65a	23,02b	26a	11,71a	9,03b
Mediana	-0,9	1,8	1059,78	1482,06	20,24	24,88	9,7	6,85
Erro Padrão	0,26	0,05	32,28	32,52	0,41	0,56	0,38	0,38
Variância	26,2	0,65	412531,5	279282,05	65,21	83,26	56,36	39,09
Máximo	16,8	4,19	2091,07	2091,07	44,42	44,04	34,5	31
Mínimo	-19,08	-0,36	1,021	58,53	11,28	7,07	1,4	1,3

Nota: letras diferentes por coluna entre as áreas A e B indicam diferenças significativa p<0,05 pelo teste de Tukey. **F<sub>CO2</sub>**: Fluxo de Dióxido de Carbono; **PAR**: Radiação Fotossinteticamente Ativa; **T<sub>soilo</sub>**: Temperatura do solo; **H<sub>soilo</sub>**: Humidade do solo.



**Figura 3.** Variação temporal global dos F<sub>CO2</sub> (μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), PAR (μmol s<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup>), T<sub>soilo</sub> (°C) e H<sub>soilo</sub> (%) do solo para o Solo Ervado (área A) e do Solo Nu (área B), referente ao período de março à julho de 2019. Onde, letras diferentes indicam diferenças significativas entre as áreas de amostragem avaliadas pelo teste de Tukey, para p<0.05.

**Figura 4.** Variação espacial global dos F<sub>CO2</sub> (μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), PAR (μmol s<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup>), T<sub>soilo</sub> (°C) e H<sub>soilo</sub> (%) do solo entre os pontos do Solo Ervado (área A) e o Solo Nu (área B), referente ao período de março à julho de 2019. Onde, letras diferentes indicam diferenças significativas entre os pontos de amostragem avaliadas pelo teste de Tukey, para p<0.05.

## Conclusões

- Em relação à gestão do carbono do solo, constatou-se que as práticas de gestão exercem uma influência significativa na produção líquida dos ecossistemas. Os solos mobilizados comportam-se como fontes importantes de dióxido de carbono, enquanto os solos não mobilizados, com coberto vegetal, comportam-se como sumidouros durante o período de crescimento vegetativo e como emissores no período em que a vegetação fica fisiologicamente inativa.
- Os resultados mostraram que existe uma variabilidade significativa nos fluxos de CO<sub>2</sub> entre os pontos de amostragem dentro da mesma área de análise. Esta variação pode ser devida à heterogeneidade das características físicas, química e biológicas do solo, nomeadamente o teor de matéria orgânica e a relação C/N que interfere com a atividade microbiana.
- As variáveis edafoclimáticas observadas *in situ* exercem uma importante influência na magnitude dos fluxos de CO<sub>2</sub>.
- Assim, de acordo com a análise global feita nas duas áreas, verificamos que a presença da vegetação altera a dinâmica do carbono, pelo que a manutenção de um coberto vegetal permanente no subcoberto dos soutos constitui uma prática ambientalmente mais sustentável.

## Referências

- [1] Barbera, A. C. (2018). *Greenhouse Gases Formation and Emission. Encyclopedia of Ecology, 2nd Edition* (2.a ed.). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.10895-4>
- [2] IPCC. (2014). *Climate Change 2013 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324>. (2013). *CLIMATE CHANGE 2013*.
- [3] Jalota, S. K., Vashisht, B. B., Sharma, S., & Kaur, S. (2018). Emission of Greenhouse Gases and Their Warming Effect. *Understanding Climate Change Impacts on Crop Productivity and Water Balance*, 1–53. doi:10.1016/b978-0-12-809520-1.00001-x
- [4] Nair, P. K. R., Gordon, A. M., & Rosa Mosquera-Losada, M. (2008). *Agroforestry. Encyclopedia of Ecology, 101–110*. doi:10.1016/b978-0-08045405-4.00038-0
- [5] Chatterjee, N., Nair, P. K. R., Chakraborty, S., & Nair, V. D. (2018). Agriculture, Ecosystems and Environment Changes in soil carbon stocks across the Forest-Agroforest-Agriculture / Pasture continuum in various agroecological regions: A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 266, 55–67. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.07.014>
- [6] Köppen, W. (1936). *Das geographische System der Klimate. Handbuch der Klimatologie, v.1, Part C* (W. Köppen & R. Geiger, eds.). Gerbrüder Bornträger, Berlin, pp. 1-44.
- [7]. Normais Climatológicas - 1981-2010 (provisórias) - Bragança. Disponível em: <<http://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/1981-2010/003/>>. Acessado em: 20 de Junho de 2019.

## Agradecimentos

Este trabalho foi suportado, pelo projeto GO ClimCast financiado pelo FEADER e pelo Estado Português, no âmbito da Ação 1.1 “Grupos Operacionais” integrada na Medida 1. Inovação do PDR 2020. Os autores agradecem também à Fundação para Ciência e Tecnologia (FCT, Portugal) e FEDER a abrigo do Programa PT2020 pelo apoio financeiro ao CIMO [UID/AGR/00690/2019].

Financiado pelo Fundo Europeu Agrícola de Desenvolvimento Rural (FEADER) e pelo Estado Português no âmbito da Ação 1.1 «Grupos Operacionais», integrada na Medida 1. «Inovação» do PDR2020- Programa de Desenvolvimento Rural do Continente.

