

QUOCIENTE DE MINERALIZAÇÃO DO SOLO SOB CULTIVO DE NOGUEIRA-PECÃ EM UM SISTEMA DE MONOCULTIVO ORGÂNICO E EM UM SISTEMA AGROFLORESTAL

JAQUELINE LÜBKE WEEGE¹; RAFAELA GLÜGE BATISTA²; CHARLES FERREIRA BARBOSA³; JAIANE MACHADO BARBOSA⁴; DAIANE APARECIDA KREWER⁵; EZEQUIEL CESAR CARVALHO MIOLA⁶

¹Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) – jaquelineweege@gmail.com; ²UFPEL – glugerafaela@gmail.com; ³UFPEL – charlesbarbosaceufpel@gmail.com; ⁴UFPEL – jaihmbarbosa@gmail.com; ⁵UFPEL – daiakrewer83@gmail.com; ⁶UFPEL – ezequielmiola@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A noqueira-pecã (*Carya illinoensis*) é uma cultura de grande importância econômica e ambiental, especialmente na região Sul do Brasil, onde as condições climáticas e do solo são favoráveis ao seu desenvolvimento (Marco *et al.*, 2021). O cultivo dessa espécie pode ser realizado em diferentes sistemas de manejo, como o monocultivo orgânico e os sistemas agroflorestais, cada um com suas particularidades e impactos na qualidade do solo e na microbiologia.

O quociente de mineralização (qM) é um parâmetro importante a ser considerado no manejo de pomares de noqueira-pecã. O qM é um indicador crucial para avaliar a eficiência dos microrganismos do solo na transformação da matéria orgânica do solo (MOS) em nutrientes disponíveis para as plantas (Rutigliano *et al.*, 2023). Esse quociente expressa a fração de carbono total que é mineralizado ao longo de um período de tempo, fornecendo informações valiosas sobre a estabilidade da MOS (Pinzari *et al.*, 1999; Mganga *et al.*, 2024). Em sistemas de monocultivo orgânico, a dinâmica da MOS pode ser diferente em comparação aos sistemas agroflorestais, que promovem maior biodiversidade e interações benéficas entre os componentes bióticos e abióticos (Bilharva *et al.*, 2021).

O crescimento da cultura da noqueira-pecã tem sido significativo, impulsionado pela demanda crescente e pelos benefícios nutricionais das nozes (Martins *et al.*, 2023). A escolha do sistema de manejo influencia diretamente a qualidade do solo e a microbiologia (Antisari *et al.*, 2021). No monocultivo orgânico, práticas que envolvem o cultivo de plantas de cobertura e a aplicação de adubos orgânicos são essenciais para manter a fertilidade do solo e a atividade microbiana. Já nos sistemas agroflorestais, a diversidade de plantas contribui para a melhoria da estrutura do solo, ciclagem de nutrientes e controle de pragas, criando um ambiente mais equilibrado e sustentável (Wang *et al.*, 2022).

Portanto, estudos sobre o quociente de mineralização em diferentes sistemas de manejo na cultura da noqueira-pecã, como orgânicos e agroflorestais, são fundamentais para entender a dinâmica de nutrientes no solo e garantir sua sustentabilidade. Neste sentido, esse estudo objetivou avaliar o quociente de mineralização do solo sob cultivo de noqueira-pecã em um sistema de monocultivo orgânico e em um sistema agroflorestal.

2. METODOLOGIA

Foram avaliadas duas áreas com o cultivo de noqueira-pecã localizados na Estação Experimental Cascata (EEC) - EMBRAPA Clima Temperado em Pelotas-RS. A área com sistema de monocultivo orgânico tem aproximadamente 1,5 ha, as plantas são distribuídas com o espaçamento de 10x10m, e foi

implantado no ano de 2018 quando recebeu uma única calagem no solo. A adubação deste pomar é feita com a aplicação de 10 kg de esterco de aves, duas vezes ao ano, na projeção da copa das plantas. Além disso, é realizada roçada, capina e aplicação de palhada no entorno das plantas e o solo recebe aveia no inverno e crotalária/azevém no verão.

Já a área do sistema agroflorestal (SAF) composto por diversas árvores frutíferas e não-frutíferas apresenta aproximadamente 0,36 ha, sendo um pomar bem adensado implantado no ano de 2013 com espaçamento de 5x1,5m entre plantas, e neste SAF está inserido o cultivo da noqueira-pecã com espaçamento de 10x10m entre as plantas. Em relação ao manejo do solo, não realizou-se a calagem nos últimos anos, não houve a aplicação de fertilizantes, porém, nas entrelinhas foi realizado um experimento com milho e feijão onde procedeu-se o preparo do solo e roçada.

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso compostos por quatro blocos, sendo que cada unidade experimental continha uma planta. As amostras de solo foram coletadas em julho de 2024, na camada de 0-10cm de profundidade, com quatro amostras de cada sistema e ambos apresentam um Neossolo lítólico distrófico típico (Santos *et al.*, 2018). As amostras de solo foram encaminhadas e analisadas no laboratório de microbiologia do solo no Departamento de Solos da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) – RS, onde foram peneiradas na malha de 2mm e em seguida, encaminhadas para as análises microbiológicas. O solo do SAF apresentou 18% de argila, pH em água de 5,2 e 2,35% de matéria orgânica e o SMO 24% de argila, pH em água de 5,6 e 2,35% de matéria orgânica.

A Respiração Basal (RB) foi determinada com a soma de todas as funções metabólicas nas quais o CO₂ é emitido como resultado da degradação da matéria orgânica, metodologia adaptada de Silva *et al.* (2007). Foram realizadas quatro repetições por amostra, onde utilizou-se 100g de solo em vidros cilíndricos de 800mL, com 20 mL de solução NaOH 1M em copos plásticos, em seguida os vidros foram vedados, incubados em estufa a 25°C e analisados 4 vezes durante 30 dias por meio de titulometria com uma solução de ácido clorídrico 1 M e 3 ml solução de cloreto de bário. O Carbono Orgânico Total (COT) foi analisado conforme método descrito por Walkley & Black (1934). O quociente de mineralização (qM) é determinado a partir da fração do carbono orgânico total mineralizado ao longo do tempo de incubação (30 dias) (Pinzari *et al.*, 1999).

Fórmula quociente de mineralização:

$$qM(\%) = \left(\frac{RB \text{ acumulada (mg C-CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ solo)}}{COT \text{ (mg kg}^{-1} \text{ solo)}} \right) \times 100$$

As análises estatísticas foram realizadas no software SISVAR (versão 5.3-Build 75). Os dados foram submetidos à análise de variância e a comparação de médias foi realizada pelo teste t student a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com resultados expostos na Tabela 1, é possível observar diferenças entre os sistemas e como a influência do manejo interfere na dinâmica de mineralização no solo. Os valores de COT sugerem que, embora o manejo dos sistemas seja diferente, não apresentam diferença significativa para COT, ambos os sistemas possuem uma quantidade semelhante de MOS, essencial para o desenvolvimento da microbiota.

Neste estudo a respiração basal apresentou-se ligeiramente mais alta no SAF, semelhante ao estudo de Callejas-Rodenas *et al.* (2024) que avaliaram o sistema de monocultivo e sistema agroflorestal no norte da Alemanha, e também

perceberam que os fluxos de CO₂ foram maiores para o SAF. A maior respiração sugere uma ciclagem mais ativa de nutrientes no solo do SAF, favorecida pela diversidade de plantas que contribuem com diferentes tipos de resíduos orgânicos e exsudatos radiculares.

Tabela 1. Respiração Basal (RB), carbono orgânico total (COT) e quociente de mineralização (qM) do solo sob cultivo de noqueira-pecã em um sistema de monocultivo orgânico (SMO) e em um sistema agroflorestal (SAF).

Manejo	RB ^{&} (mg C-CO ₂ kg ⁻¹ solo)	COT (mg kg ⁻¹ solo)	qM (%)
SAF	455,14* (± 103,6)	17800* (± 3459,2)	2,56
SMO	342,46 (± 103,6)	17600 (± 1665,7)	1,95

[&]Valores acumulados em 30 dias de incubação; *Não significativo; **Significativo a 5%; ± entre parênteses indica o desvio padrão da média.

A ausência de valores de referência para o quociente de mineralização (qM) deve-se à sua sensibilidade a variações ambientais, tipos de solo e práticas de manejo. Ele reflete a atividade biológica específica de cada solo, sendo útil para comparações relativas dentro de um ambiente. Neste sentido, os resultados de qM indicam diferenças para os dois sistemas de cultura de noqueira-pecã, visto que, os dois apresentam um NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico e se encontram próximos um do outro. O qM é maior no SAF (2,56%) em comparação ao SMO (1,95%), que pode ser atribuído a fatores como a diversidade de manejo em cada sistema. O SAF apresenta maior biodiversidade em função da combinação de diferentes espécies de plantas, que resulta na diversidade de resíduos orgânicos no solo (Bilharva *et al.*, 2021), fornecendo uma fonte contínua de nutrientes para os microrganismos do solo e promovendo uma atividade microbiana mais intensa e eficiente.

No entanto, um alto valor de qM pode significar perdas no sistema, em função da alta mineralização dos nutrientes serem perdidos para a atmosfera, e segundo Rutigliano *et al.* (2023), a cobertura do solo está intimamente ligada com as perdas de carbono do solo (altos valores de qM). Neste sentido, o preparo de solo que foi realizado para um experimento nas entrelinhas pode ser um fator que levou aos maiores valores qM.

Pelo contrário, no SMO, a matéria orgânica adicionada ao solo é menos diversificada, limitando o desenvolvimento da variedade de microrganismos, e consequentemente diminuindo a eficiência da mineralização da MOS. Neste estudo, mesmo que qM foi menor para SMO ainda é um valor muito próximo de um sistema tão complexo e dinâmico como SAF, isso pode ser atribuído ao bom manejo realizado na área do SMO, tendo em vista que, se faz uso de plantas de cobertura e adubação com esterco, que proporciona uma considerável fonte de MOS e eficiência da mineralização. Segundo Ramos *et al.* (2022), o uso de plantas de cobertura aumenta a disponibilidade de nutrientes, assim como, as populações microbianas em um pomar de noqueira-pecã.

De acordo com a pesquisa de Mganga *et al.* (2024), algo importante que deve ser considerado é a argila do solo, que no SMO é menor do que no SAF, pois a forte adsorção da MOS a minerais protege a matéria orgânica da biodegradação por microrganismos no solo, isso melhora a agregação e a estrutura física do solo, levando a redução da mineralização.

Ademais, Wang *et al.*, (2022) avaliaram a transição de sistemas de monocultivo de noqueira-pecã para SAF, e perceberam que o sistema melhorou as propriedades físicas, aumentou a eficiência na utilização dos nutrientes, melhorando a ciclagem de nutrientes. Portanto, SAFs podem ser incorporados

para práticas sustentáveis de manejo do solo para que os agricultores possam obter o melhor uso dos recursos com terras limitadas com a integração da nogueira-pecã com outras culturas.

4. CONCLUSÕES

De acordo com esse estudo é possível concluir que diferentes manejos influenciam a dinâmica da microbiota e do carbono no solo, impactando diretamente a saúde do ecossistema e a sustentabilidade. Portanto, a adoção de SAFs em áreas de cultivo de nogueira-pecã pode representar uma prática de manejo sustentável, capaz de equilibrar a ciclagem de nutrientes e mitigar possíveis perdas, proporcionando um uso mais eficiente dos recursos naturais e melhorando a qualidade do solo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTISARI, L. V.; FERRONATO, C.; FEUDIS, M. de; NATALI, C.; BIANCHINI, G.; FALSONE, G.. Soil Biochemical Indicators and Biological Fertility in Agricultural Soils: a case study from northern italy. **Minerals**, [S.L.], v. 11, n. 2, p. 219, 20 fev. 2021. MDPI AG.
- BILHARVA, M. G.; SOUZA, R. S. de; MARCO, R. de; LÔCIO, P. da S.; MARTINS, C. R.; CARDOSO, J. H.; MALGARIM, M. B.. Nogueira-pecã em sistema agroflorestal. **Research, Society And Development**, [S.L.], v. 10, n. 6, p. 1-11, 4 jun. 2021. Research, Society and Development.
- MARCO, R.; MARTINS, C. R.; BILHARVA, M. G.; HAMANN, J. J.; HERTER, F. G.. **Estádios Fenológicos da Nogueira-pecã**: circular técnica 218. Pelotas: Embrapa, 2021. 8 p. (ISSN 1516-8832).
- MARTINS, C. R., HOFFMANN, A., NACHTIGAL, J. C., ALBA, J. M. F., Panorama da produção, processamento e comercialização de noz-pecã no Sul do Brasil. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 2023.
- PINZARI, F.; TRINCHERA., A.; BENEDETTI, A.; SEQUI, P.. Use of biochemical indices in the mediterranean environment: comparison among soils under different forest vegetation. **Journal Of Microbiological Methods**, [S.L.], v. 36, n. 1-2, p. 21-28, maio 1999. Elsevier BV.
- RAMOS, J. C. R.; SCOTT, N.; MARTY, J.; KAISER, D.; HALE, L. Cover crops enhance resource availability for soil microorganisms in a pecan orchard. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [S.L.], v. 337, p. 108049, out. 2022. Elsevier BV.
- RUTIGLIANO, F.A.; MARZAIOLI, R.; GRILLI, E.; COPPOLA, E.; CASTALDI, S.. Microbial, physical and chemical indicators together reveal soil health changes related to land cover types in the southern European sites under desertification risk. **Pedobiologia**, [S.L.], v. 99-100, p. 150894, set. 2023. Elsevier BV.
- SANTOS, H. G. dos.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos.; OLIVEIRA, V. A. de.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de.; ARAUJO FILHO, J. C. de.; OLIVEIRA, J. B. de.; CUNHA, T. J. F., 2018. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa.
- SILVA, E. E. da; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. **Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO₂)**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 6 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 99).
- WALKLEY, A. & BLACK, I. A. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid tritration method. *Soil Science*, 37:29-38, 1934.
- WANG, Z.; ZHOU, M.; LIU, H.; HUANG, C.; MA, Y.; GE, Hao X.; GE, X.; FU, S.. Pecan agroforestry systems improve soil quality by stimulating enzyme activity. **Peerj**, [S.L.], v. 10, p. 1-19, 4 jan. 2022. PeerJ.