

TECNOLOGIA BIOAS (BIOANÁLISE DO SOLO): SOLO VIVO, SAUDÁVEL E PRODUTIVO

GABRIEL CARLOS BAETA MELO¹;
EZEQUIEL CESAR CARVALHO MIOLA²

¹Universidade Federal de Pelotas – baetagabriel7@gmail.com

² Universidade Federal de Pelotas – ezequielmiola@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Um solo fértil e saudável é imprescindível para garantir saúde ao longo da cadeia trófica, pois é capaz de produzir plantas saudáveis, que conseqüentemente proverão uma alimentação saudável aos seres vivos, principalmente aos seres humanos (PRIMAVESI, 2016). Portanto, a saúde dos seres humanos está diretamente dependente da saúde do solo.

A fertilidade e a saúde do ambiente edáfico são resultado de interações complexas e sistêmicas entre seus atributos físicos, químicos e biológicos (ANGHINONI, 2021). Atualmente, as análises laboratoriais de rotina para aferir a fertilidade de um solo, são baseadas principalmente em atributos físicos e químicos, desconsiderando a complexidade dos atributos biológicos. De acordo com MENDES et al. (2024), incluir a análise de atributos biológicos nas análises de rotina seria capaz de fornecer informações mais precisas sobre a saúde do solo, permitindo prever a ocorrência de problemas como doenças de plantas, erosão e perda de nutrientes, e assim, auxiliar na tomada de decisões mais assertivas para a gestão sustentável dos recursos naturais na prática da agricultura.

Para suprir a demanda por uma análise de solo mais completa, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) foi responsável pelo desenvolvimento da Bioanálise do Solo (BioAs). Esta tecnologia é baseada na análise da atividade de duas enzimas: beta-glicosidase e arilsulfatase. A acessibilidade e interpretabilidade da BioAs a torna uma ferramenta inovadora, capaz de incluir a atividade enzimática como um indicador biológico da qualidade do solo nas análises laboratoriais de rotina.

O objetivo deste trabalho é descrever e discutir sobre a tecnologia e seu uso no Brasil, destacando suas potencialidades e limitações.

2. METODOLOGIA

Este estudo consiste em um levantamento bibliográfico, realizado através de pesquisa de artigos científicos no Google Scholar, no período entre março e agosto de 2024. As palavras utilizadas na busca dos artigos foram: BioAS, SoilBio, Soil Bioanalysis, bioanálise do solo, soil health, soil enzymatic activity. Foram selecionados artigos que tratam do desenvolvimento da tecnologia BioAs e/ou do seu uso em sistemas de manejo agrícola no Brasil.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da atividade enzimática (bioanálise) do solo surge em 1950, e no Brasil, os primeiros trabalhos em solos brasileiros começaram a ser publicados em meados da década de 80 (SOBUCKI, 2021). Alguns trabalhos demonstram que a atividade enzimática do solo está intrinsecamente relacionada com a saúde do solo, e é altamente sensível ao tipo de manejo ao qual o solo é submetido (GALINDO, 2022; PASSINATO, 2021).

Ainda que a bioanálise já exista há algumas décadas, o seu uso enquanto um indicador de qualidade do solo nas análises laboratoriais de rotina não era viável por dois motivos: o alto custo das análises e a falta de um índice para interpretar e relacionar a atividade enzimática de maneira precisa com a saúde do solo, pois a atividade enzimática é altamente sensível ao manejo e alterações climáticas (DAUNORAS et al., 2024). Em 2019, após 20 anos de pesquisa, a Embrapa lança a tecnologia BioAS, que proporciona baixo custo de análise aliado a interpretabilidade dos resultados, se constituindo enquanto uma tecnologia inovadora (MENDES et al., 2019).

A BioAs consiste na análise de duas enzimas: beta glicosidase (β -glicosidase) e arilsulfatase, que fazem parte do ciclo do carbono e do enxofre, respectivamente. A relação entre a atividade enzimática média (AEM) com indicadores de rendimento relativo acumulado (RRA) de grãos e carbono orgânico do solo (COS) foi calibrada para estabelecer índices de qualidade biológica do solo. (MENDES et al., 2021). Para facilitar a inclusão da atividade enzimática no laudo da qualidade do solo, a amostragem do solo é feita de acordo com as instruções de coleta para fertilidade do solo: Terra Fina Seca ao Ar (TFSA) coletada na pós colheita, na profundidade de 0-10 cm. Desta forma, é possível extrair dados sobre os atributos químicos (FERT) e biológicos (BIO), consistindo em uma amostra que Mendes et. Al (2024) caracterizam como indicador FertBio. São três as funções relacionadas à saúde do solo: F1 - ciclagem de nutrientes (arilsulfatase e beta-glicosidase); F2 – Armazenamento de nutrientes (capacidade de troca de cátions e matéria orgânica) e F3 – Suprimento de bases (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , P, pH, acidez potencial, alumínio, soma de base e saturação por bases).

Essa tecnologia foi desenvolvida e calibrada a partir de estudos em solo do cerrado, em experimentos com grãos (MENDES et al., 2019). Considerando a grande diversidade de solos e sistemas de manejo agrícola que existem no Brasil, um dos desafios atuais para a utilização da BioAs no território brasileiro é sua calibração para atender a diversidade de solos e sistemas de manejo de agroecossistemas. Os solos do estado do Paraná já estão calibrados e a tendência é que em algum tempo seja possível popularizar ainda mais o uso da tecnologia através da sua calibração para diferentes solos e sistemas de manejo. (MENDES et al., 2024).

Dentre as principais experiências que contribuem para o desenvolvimento da BioAs, destaca-se o estudo de Chaer et al. (2023), que desenvolve o modelo de quatro quadrantes. Esse conceito consiste na categorização da saúde do solo em 4 quadrantes, a partir da relação entre AEM e COS, sendo eles: Q1: alto COS e alta AEM (solo saudável – manter manejo); Q2: alto COS e baixa AEM (solo adoecendo – rever manejo); Q3: baixo COS e baixa AEM (solo doente – rever manejo); Q4: baixo COS e alta AEM (solo se recuperando – manter manejo).

O trabalho de Carneiro et al. (2024) se destaca por ser realizado em sistemas de cultivo de hortaliças, e utiliza da metodologia *Comprehensive Assessment of Soil Health* (CASH) para complementar a análise dos quatro quadrantes. Esse exemplo de integração metodológica evidencia o potencial da BioAs enquanto

tecnologia complementar a análises já existentes, sendo capaz de trazer resultados mais representativos sobre a complexidade da saúde do solo.

De acordo com Simon et al. (2022), os trabalhos que falam sobre qualidade do solo no Brasil têm aumentado, porém, são poucos os trabalhos que consideram os parâmetros químicos, físicos e biológicos de maneira integrada para aferir a qualidade do solo. Nessa perspectiva, o detalhamento e inclusão de atributos físicos do solo no laudo de saúde de solo da BioAs é uma oportunidade de melhoria, pois atualmente o método é muito focado nos atributos químicos e biológicos do solo. A pesquisa da BioAs em diferentes sistemas de manejo, como pomares e agroglostas, pode também é uma oportunidade de melhorar a calibração, pois será possível adaptar os quadrantes de qualidade do solo de acordo com o tipo de solo, tipo manejo, clima, entre outros fatores que podem influenciar os resultados.

4. CONCLUSÕES

A BioAs é uma tecnologia inovadora e capaz de contribuir para o detalhamento do laudo de saúde de solo. O baixo custo das análises, a praticidade na coleta e a interpretabilidade dos resultados são características que potencializam a sua popularização. Ainda que a tecnologia tenha sido desenvolvida com base em solos do Cerrado e do estado do Paraná, a BioAS tem sido aplicada em outras regiões, o que está contribuindo com a melhoria e calibração para da BioAs para diversos solos e manejos. A inclusão de mais indicadores na análise dos atributos físicos pode ser uma oportunidade de tornar a BioAs ainda mais completa.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGHINONI, I.; VEZZANI, F. M. Systemic Soil Fertility as product of system self-organization resulting from management. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 45, p. 1-18, 2021.

CARNEIRO, R. G.; FIGUEIREDO, C. C.; MALAQUIAS, J. V. et al. A soil health assessment tool for vegetable cropping systems in tropical soils based on beta-glucosidase, arylsulfatase, and soil organic carbon. **Applied Soil Ecology**, v. 198, p. 1-11, 2024.

CHAER, G. M.; MENDES, I.C.; DANTAS O.D. et al. Evaluating C trends in clayey Cerrado Oxisols using a four-quadrant model based on specific arylsulfatase and β -glucosidase activities. **Applied Soil Ecology**, v. 183, p. 1-11, 2023.

DAUNORAS, J.; KAČERGIUS, A.; GUDIUKAITĖ, R. Role of Soil Microbiota Enzymes in Soil Health and Activity Changes Depending on Climate Change and the Type of Soil Ecosystem. **Biology**, v. 13, n. 2, p. 1-39, 2024.

GALINDO, Fernando S.; STROCK, Jeffrey S.; PAGLIARI, Paulo H. Impacts of corn stover management and fertilizer application on soil nutrient availability and enzymatic activity. **Scientific reports**, v. 12, n. 1, p. 1985, 2022.

MENDES, I. C. SOUSA, D. M. G.; REIS JUNIOR, F. B. et al. Bioanálise de solo: aspectos teóricos e práticos. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 10, p. 399- 462,

2019.

MENDES, I. C.; CHAER, G. M.; REIS JUNIOR, F. B. et al. Tecnologia BioAS : uma maneira simples e eficiente de avaliar a saúde do solo. Planaltina, DF : **Embrapa Cerrados**, 2021.

MENDES, I. C.; CHAER, G. M.; REIS JUNIOR, F. B. et al. Soil Bioanalysis (SoilBio): A Sensitive, Calibrated, and Simple Assessment of Soil Health for Brazil. In: MENDES, Ieda de Carvalho; CHERUBIN, Mauricio Roberto. **Soil Health and Sustainable Agriculture in Brazil**, v. 3, p. 292-326, 2024.

PASSINATO, Jardel H. et al. Soil health check-up of conservation agriculture farming systems in Brazil. **Agronomy**, v. 11, n. 12, p. 2410, 2021.

PRIMAVESI, A. **Manual do solo vivo: solo sadio, planta sadia, ser humano sadio**. São Paulo, SP: Expressão Popular, 2016.

SIMON, C. D. P. et al. Soil quality literature in Brazil: A systematic review. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 46, 2022.

SOBUCKI, Lisiane et al. Contribution of enzymes to soil quality and the evolution of research in Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 45, 2021.