

## RESULTADOS OBTIDOS NO PERÍODO 2022–2023 NO TÓPICO: MÉTODOS E TECNOLOGIAS INOVADORAS PARA MAPEAMENTO DE ESTOQUES DE C NO SOLO

### *TÉCNICAS LIBS E NIRS RECEBEM APROVAÇÃO INTERNACIONAL PARA USO EM PROJETOS DE CRÉDITOS DE CARBONO NO SOLO*

Ladislau Martin-Neto, Débora M. B. P. Milori, Paulino R. Villas-Boas, Carlos M. P. Vaz, João de Mendonça Naime, Vitor da S. Freitas, Wesley N. Guedes, Diego V. de Babos e Wharley Santos  
Embrapa Instrumentação

#### **RESULTADOS RECENTES**

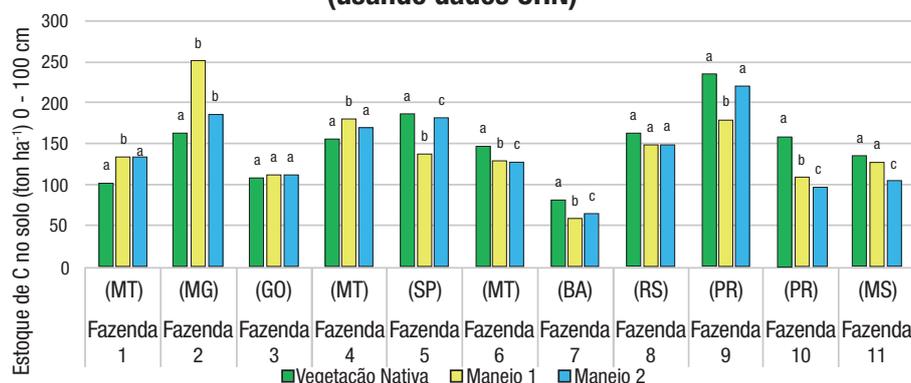
Desde a primeira edição do Carbon Science Talks, realizada em maio de 2022, quando foram apresentados resultados com métodos inovadores, com uso de LIBS e NIRS para quantificação de carbono no solo, as técnicas obtiveram importante reconhecimento da instituição certificadora internacional Verra ([www.verra.org](http://www.verra.org)). Trata-se da aprovação das técnicas LIBS e NIRS para uso em projetos de crédito de carbono no solo, no contexto de MRV (monitoramento, reporte e certificação). Por isso, a Verra atualizou o seu protocolo “Verified Carbon Standard-VCS” (Verra, 2023) e incluiu novas técnicas analíticas para Avaliações de Quantificação de Carbono, incluindo ainda Vis-NIRS, MIRS e “Inelastic Neutron Scattering- INS”. Especificamente no caso da técnica LIBS, em seu protocolo a Verra relacionou 10 publicações internacionais em revistas de alto impacto, com 8 delas oriundas de instituições e autores brasileiros, sendo 5 da Embrapa Instrumentação e 3 da Universidade Federal de São Carlos (Departamento de Química), e ainda uma publicação da Itália e outra da China. Assim, é possível afirmar a consolidação da LIBS como ferramenta inédita globalmente, com importante protagonismo de cientistas e instituições brasileiras, de menor custo e maior rapidez de análises na quantificação de carbono no solo para uso em projetos MRV. A técnica NIRS também foi recomendada no protocolo atualizado da Verra, e se constitui em outra opção analítica que leva à simplificação e redução de custos das análises. Ambas as técnicas estão em uso, desde 2020, no projeto PRO Carbono, liderado pela Bayer.

No âmbito do acordo de cooperação técnico-científica entre Bayer e Embrapa, focado em “Métodos Inovadores de Análises de Carbono nos Solos”, foram propostas uma série de atividades, tais como: (i) análises quantitativas de conteúdo e estoques de C nos solos, com menores custos e com maior simplicidade, incluindo também nova metodologia para determinação de densidade dos solos; (ii) avaliações qualitativas da matéria orgânica do solo (MOS), fundamentais para auxiliar nas avaliações das diferentes práticas de manejos conservacionistas e comparadas às áreas nativas, de referências; e (iii) identificar e quantificar Co benefícios associados ao aumento da MOS, como aumento da capacidade de retenção de água no solo e da produtividade das culturas.

Na consecução das atividades, um marco relevante foi a submissão de um artigo científico (Babos *et al.* 2023) para a conceituada revista "Frontiers in Soil Science", com dados de estoques de carbono determinados com o uso de analisador elementar CHN e comparados com a técnica LIBS, de 11 fazendas, nos biomas Cerrado, Mata Atlântica e Pampa. Trata-se de publicação inédita no contexto de "on-farm research" (pesquisa em propriedade rural) sobre sequestro de carbono no solo em regiões tropical e subtropical do Brasil, com importante protagonismo da ciência e dos produtores rurais brasileiros, membros do projeto PRO Carbono. Na figura 1 são apresentados os dados de estoques de carbono nos solos para as diferentes propriedades analisadas, comparando situações de manejos em plantio direto, chamados de manejo 1 e manejo 2, além das áreas nativas, de referência, em sistemas de produção soja-milho, demonstrando grande concordância entre os resultados obtidos com as duas técnicas. Além dos dados de conteúdo de C para obtenção dos estoques de Carbono no solo há necessidade de medir a densidade dos solos, em determinada camada, e usa-se a seguinte equação para o cálculo:

Estoque de C (ton C/ha): C (g/kg) x densidade do solo (kg/dm<sup>3</sup>) x espessura da camada (cm)

### Comparação do estoque de C em cada fazenda (usando dados CHN)



### Comparação do estoque de C em cada fazenda (usando dados LIBS)

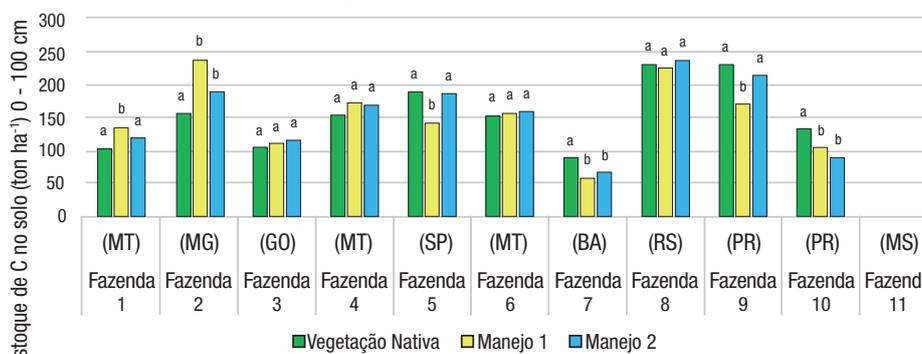


Figura 1- Dados de estoques de Carbono nos Solos para 11 fazendas do projeto PRO Carbono, usando valores dos conteúdos de C nos solos obtidos pelo Analisador CHN (gráfico na parte superior da figura) e pela técnica LIBS (gráfico na parte inferior).

Outro esforço importante está no uso de funções de pedotransferência para o cálculo de densidade do solo visando dar mais uma contribuição para a simplificação e redução de custos de medidas de estoques de carbono no solo, as quais requerem, além do conteúdo de carbono, o valor das densidades dos solos em 8 camadas segmentadas até 1 m da profundidade (0-5; 5-10; 10-20; 20-30; 30-40; 40-60; 60-80 e 80-100 cm). Atualmente utiliza-se um anel volumétrico para coletar amostras indeformadas de solos, em diferentes camadas, e que necessita abertura de trincheiras nos solos para as referidas coletas. Resultados iniciais com dados de mais de 9 mil amostras de solos, oriundos dos bancos de dados do projeto PRO Carbono e também disponibilizadas por outras instituições do Brasil, geraram resultados de estoques de C no solo com alta correlação ( $r^2= 0,96$ ) entre dados que usaram anel volumétrico e os obtidos com as funções de pedotransferências para cálculos das densidades dos solos. Na continuidade desta iniciativa será usado o equipamento penetrômetro combinado, desenvolvido pela Embrapa Instrumentação, buscando consolidar metodologia inédita para substituir o uso do anel volumétrico para medidas de densidade do solo em projetos de C para MRV.

Aumentar o conteúdo de carbono, ou seja, da MOS, principalmente para solos do Brasil, nos quais predominam solos ácidos e de baixa CTC, é muito importante. Nesse contexto, o termo Co benefício tem sido usado para se referir às contribuições dos manejos conservacionistas de solos, para além da questão do sequestro de carbono. Resultados preliminares, usando informações de base de dados já disponíveis no Brasil, com 2.236 pontos avaliados com variações no conteúdo de carbono orgânico do solo, demonstraram aumento de água disponível para todas classes de solos analisadas, com aumentos maiores para solos arenosos e siltosos. Na figura 2, são apresentados esses resultados oriundos de solos dos principais polos produtivos do Brasil. Por sua vez, resultado publicado com quantidade maciça de dados de solos dos Estados Unidos (Libohova *et al.*, 2018) indicou um aumento médio de água disponível de 27 mil litros por hectare (até 20 cm de profundidade) a cada 1% de aumento da MOS, em um intervalo de 1 a 7% de conteúdo de MOS. Na execução do acordo de colaboração também estão previstas medidas experimentais com solos de propriedades rurais que participam do projeto PRO Carbono usando o equipamento Câmara de Richards para determinação da capacidade de retenção de água nos solos, em função do conteúdo da MOS.

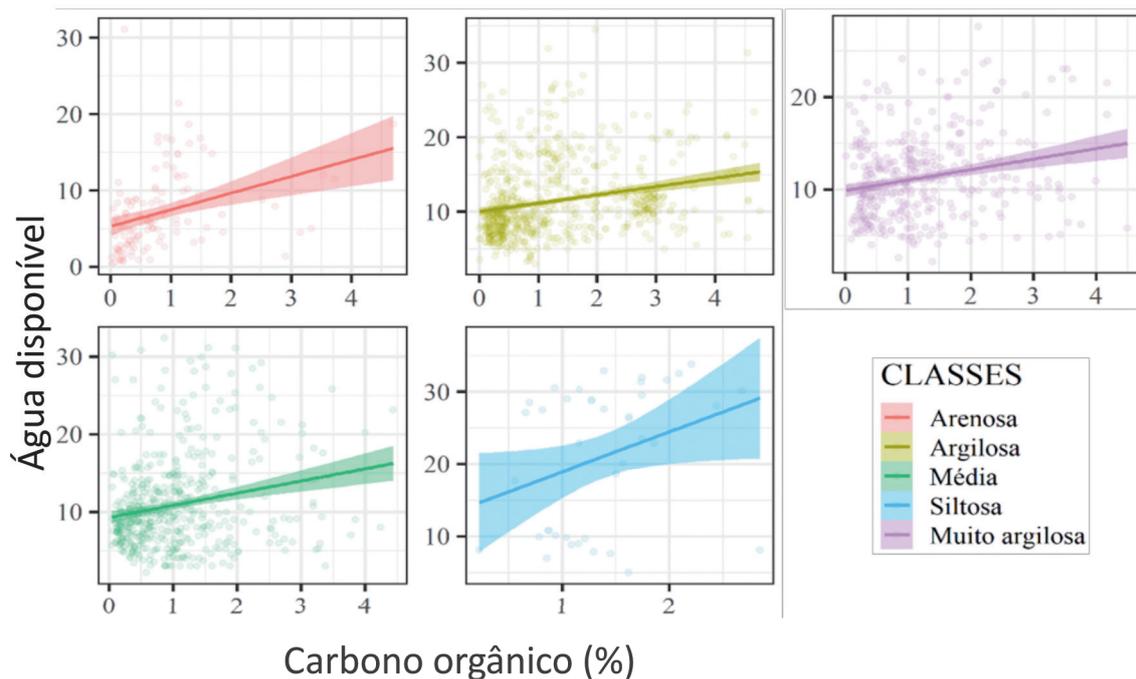


Figura 2- Dados de água disponível no solo em função do conteúdo de carbono orgânico para diferentes classes de solos analisadas dos principais polos produtivos do Brasil, a partir de bases de dados disponíveis, configurando situação de Co benefício do aumento da MOS.

## REFERÊNCIAS:

Babos, D. V. *et al.*, 2023. Laser-induced breakdown spectroscopy as an analytical tool for the C quantification and C stocks determination in tropical and subtropical soils: evaluation of calibration strategies to reduce matrix effects. **Frontiers in Soil Science**, Junho 2023 (artigo submetido).

Libohova *et al.*, 2018. Reevaluating the effects of soil organic matter and other properties on available water-holding capacity using the National Cooperative Soil Survey Characterization Database. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 73, n. 4, 411-421.

Verra, 2023. Verified Carbon Standard –VCS Methodology, VM0042 **Methodology for Improved Agricultural Land Management**, Version 2.0, 30 May 2023, Sectoral Scope 14.