

# Gráfico de blocos e teste de sinal para comparar formas de amostragem em solos agrícolas

Alfredo José Barreto Luiz <sup>1</sup>

Cristiano Alberto de Andrade <sup>2</sup>

Ruan Carnier <sup>3</sup>

## Resumo

A amostragem de solo para análise do teor de Carbono (C) pode ser feita cavando trincheiras ou com uso do trado. A coleta pelo trado é mais simples e rápida e permite obter várias subamostras que são reunidas para serem enviadas ao laboratório. No âmbito dos projetos sobre sequestro de Carbono, a determinação precisa do estoque de carbono (EC) no solo é uma informação fundamental. Para avaliar a efetividade do trado em baratear as coletas e aumentar a cobertura espacial através das subamostras, o presente trabalho avaliou amostras de 38 fazendas, distribuídas por 10 estados brasileiros, nas profundidades de: 0 a 5; 5 a 10; 10 a 20; 20 a 30; e 30 a 40 cm. Em cada fazenda foram coletadas amostras em 20 minitrincheiras (MT) e, ao redor de cada uma, foram coletadas 10 subamostras com trado (perfazendo 200 locais). As 10 subamostras ao redor de cada MT configuraram uma amostra para análise laboratorial, restando, portanto, 20 valores de MT e de trado, por faixa de profundidade, por fazenda. Como a variável C é expressa em porcentagem e há dependência espacial entre as observações da variável nas dimensões horizontal e vertical do solo, buscamos a estatística descritiva e o teste não paramétrico para avaliar a eficácia do trado. O teste de sinal foi aplicado, por profundidade, às médias por tipo de amostragem e fazenda, que também foram usadas na construção dos *block plots*. Não houve viés significativo dos valores estimados pelo trado em relação àqueles estimados pelas minitrincheiras.

**Palavras-chave:** *block plot*; *sign test*; estatística descritiva; teste não paramétrico; estimativa do estoque de carbono.

---

<sup>1</sup> Embrapa Meio Ambiente – Jaguariúna, SP, Brasil – alfredo.luiz@embrapa.br

<sup>2</sup> Embrapa Meio Ambiente – cristiano.andrade@embrapa.br

<sup>3</sup> Embrapa Meio Ambiente – rcarnier10@gmail.com

## 1 Introdução

A Embrapa, em cooperação com a Bayer Cropscience, desenvolve um projeto intitulado Carbono+ que tem, entre outros, o objetivo de aprimorar a maneira como é determinado o teor de carbono dos solos agrícolas. No âmbito das atividades agrícolas, a determinação da matéria orgânica (MO), principal fonte associada ao carbono no solo, sempre foi um tema importante no estudo da fertilidade dos solos, que, por isso mesmo, conta com protocolos bem estabelecidos quanto à forma de amostragem, análise e cálculo (QUAGGIO e CHIBA, 2022).

Entretanto, ao tratarmos do teor de carbono (C) para fins de quantificar o possível sequestro desse elemento pelos solos agrícolas, pensando em projetos de comercialização desses estoques e respectivas auditorias desses projetos, é preciso ainda determinar protocolos que garantam acuidade e confiabilidade aos dados, com custo operacional de obtenção compatíveis.

Do ponto de vista da coleta de amostras de solo no campo, uma atividade que requer rigor e, portanto, equipe técnica preparada e significativo dispêndio de tempo e recursos, é preciso equacionar qual a forma de coleta mais econômica, sem prejuízo da sua correção. Existem, nesse caso, pelo menos duas formas mais comuns de coletar o solo no campo, uma é através da escavação de trincheiras e outra é através do uso de um equipamento manual simples, chamado trado. Esse trabalho se propôs a comparar os resultados obtidos de amostras coletadas por essas duas formas e verificar a existência de viés do trado em relação à minitrincheira (uma trincheira mais rasa que o normal). Isso porque se convencionou considerar que os dados das MT são mais confiáveis.

Ressalte-se que a coleta com o trado é mais rápida e simples que pela escavação da minitrincheira e, por isso, geralmente se coletam várias amostras com o trado, espalhadas por uma área considerada homogênea e que, ainda no campo, são reunidas para compor uma única amostra a ser enviada ao laboratório para análise de sua composição.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar se o teor de carbono pode ser representado pela coleta em vários locais espalhados por um talhão, com uso do trado, tão bem como

os dados oriundos de amostras coletadas em MT, de maior custo quando comparadas às coletadas por trado, de obtenção mais simples, rápida e menos onerosa.

Esse procedimento foi reproduzido em 38 fazendas, distribuídas por 10 estados brasileiros, nas profundidades de: 0 a 5; 5 a 10; 10 a 20; 20 a 30; e 30 a 40 cm. Em cada fazenda foram coletadas amostras em 20 minitrincheiras (MT) e, ao redor de cada uma, foram coletadas 10 subamostras com trado (perfazendo 200 locais). As 10 subamostras ao redor de cada MT configuraram uma amostra para análise laboratorial, restando, portanto, 20 valores de MT e 20 de trado, por faixa de profundidade, por fazenda. Como a variável C é expressa em porcentagem e há dependência espacial entre as observações da variável nas dimensões horizontal e vertical do solo, buscamos a representação gráfica e a abordagem não paramétrica para avaliar a eficácia do trado.

Adotou-se como forma de apresentação uma adaptação do método de visualização da estatística descritiva, chamado de gráfico de blocos (ou *block plot*) (NIST, 2012). Em um gráfico de blocos, cada bloco representa um grupo ou categoria de dados e a altura do bloco representa a frequência desse grupo ou categoria. A parte mais alta dos blocos representa o valor médio mais alto e a parte de baixo representa a menor média daquela categoria. Os gráficos de blocos são frequentemente aplicados na análise exploratória de dados e podem ser usados para comparar a distribuição de diferentes variáveis ou grupos.

Para testar a existência de viés entre os métodos foi escolhido o teste de sinal (ou *sign test*) que, segundo Conover (1999), merece especial consideração pela sua versatilidade, sua idade (datado de 1710) e simplicidade. Embora afirme que possam existir outros testes não paramétricos mais poderosos, o teste de sinal é normalmente mais simples e fácil de ser aplicado. Ele é usado para testar a hipótese nula a respeito da mediana de uma população. No nosso caso, se o método de coleta não afeta o teor de carbono, num conjunto de pares com resultados oriundos das duas formas de coleta, em metade o valor do trado seria maior e em outra metade seriam maiores os valores da MT, ou seja, a mediana seria zero.

A estatística calculada para esse teste no programa SAS se chama M e é definida como sendo a metade da diferença entre o número de valores maiores que a mediana teórica ( $\mu_0 = 0$ ) e de valores menores que a mediana  $\mu_0$ . Sob a hipótese de que a mediana da

população é  $\mu_0$ , o teste do sinal calcula o valor de  $p$  para  $M$  usando a distribuição binomial.

## 2 Resultados e Discussão

Primeiramente, foi calculada a média do teor de carbono (C %) por fazenda e profundidade, para a MT e para o Trado. As diferenças entre os valores de C (MT-Trado) das 38 fazendas, para cada profundidade, foram usadas para construir os gráficos. A Figura 1 apresenta um gráfico de blocos adaptado, com os resultados das diferenças entre as médias de C (%), obtidas das amostras em Mini-Trincheiras (MT) e com o Trado, para as 38 fazendas estudadas, para a profundidade de solo de 0 a 5 cm.

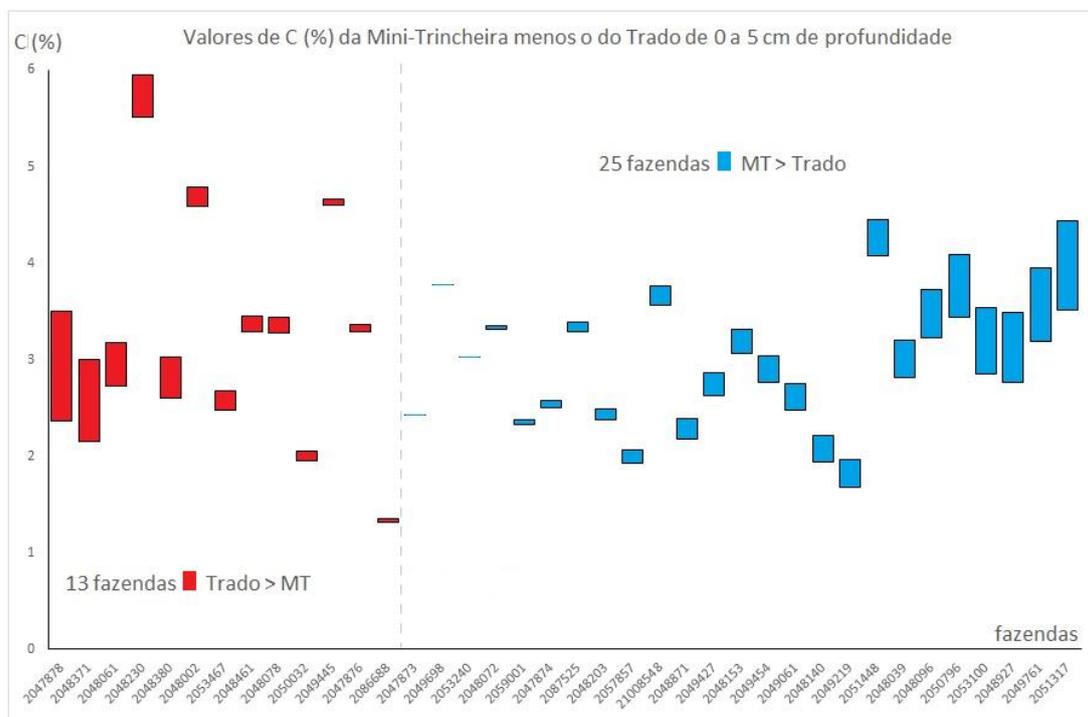


Figura 1. Gráfico de blocos dos valores médios de C (%) resultantes de amostras oriundas de coletas em minitrincheiras (MT) e com trados. Quando o valor de MT é maior, a cor do bloco é azul, quando o valor do trado é maior a cor do bloco é vermelha.

Para esse mesmo conjunto de dados, de 0 a 5 cm de profundidade, a diferença entre o C (%) obtido das minitrincheiras (MT) e com o Trado (MT – Trado), a hipótese nula do teste de sinal significa que metade dos valores são positivos e metade negativos, ou seja, o fato da amostra ser coletada na MT ou com o Trado não afeta o teor de C (%).

O valor encontrado no caso acima para M foi 6 (como existem 25 valores maiores que 0 e 13 menores,  $M = (25-13) / 2 = 12/2 = 6$ ). A interpretação para o valor de p é que ele é a probabilidade de se encontrar um valor tão alto ou maior que esse M ( $\text{Prob} \geq |M|$ ), se não houver efeito do tipo de coleta. O valor p da distribuição binomial com 38 observações é de 0,0730 nesse caso. Ou seja, a hipótese nula só poderia ser rejeitada com baixa significância ( $p < 0,073$  ou significativo a 7,3 %). Ao selecionarmos os conjuntos de pares ordenados de valores de C (%), para as demais profundidades do solo, e aplicarmos o teste de sinal, obtivemos os resultados apresentados da Tabela 1.

Prof	Média MT-Trado	M	Prob $\geq  M $
00 a 05 cm	0,0849284	6	0,0730
05 a 10 cm	-0,0469550	0	1,0000
10 a 20 cm	-0,0764866	-4	0,2559
20 a 30 cm	-0,1280224	-3	0,4177
30 a 40 cm	-0,1573400	-6	0,0730

Apesar de não haver viés significativo dos valores obtidos das amostras coletadas pelo trado em relação àqueles oriundos das amostras coletadas nas minitrincheiras, podemos notar que na camada superior do solo (de 0 a 5 cm) o valor médio de CHN (%) é superior quando apurado das amostras da MT, enquanto que em todas as demais profundidades, os valores médios são maiores quando provenientes das amostras coletadas com o trado. Além disso, parece haver uma tendência de aumento da diferença em favor de maiores valores do trado à medida que a profundidade do solo aumenta. Isso pode ser confirmado pelo gráfico da Figura 2.

### 3 Conclusões

Os dados oriundos da coleta de solo com o trado não apresentam valores médios viesados quando comparados aos dados oriundos de coletas em minitrincheiras.

Foram observadas em algumas fazendas elevadas diferenças médias entre os teores de carbono no solo obtidos da MT e do trado, não relacionadas à forma de coleta, mas indicando que é necessária uma investigação profunda dos dados originais para identificar as causas dessas diferenças

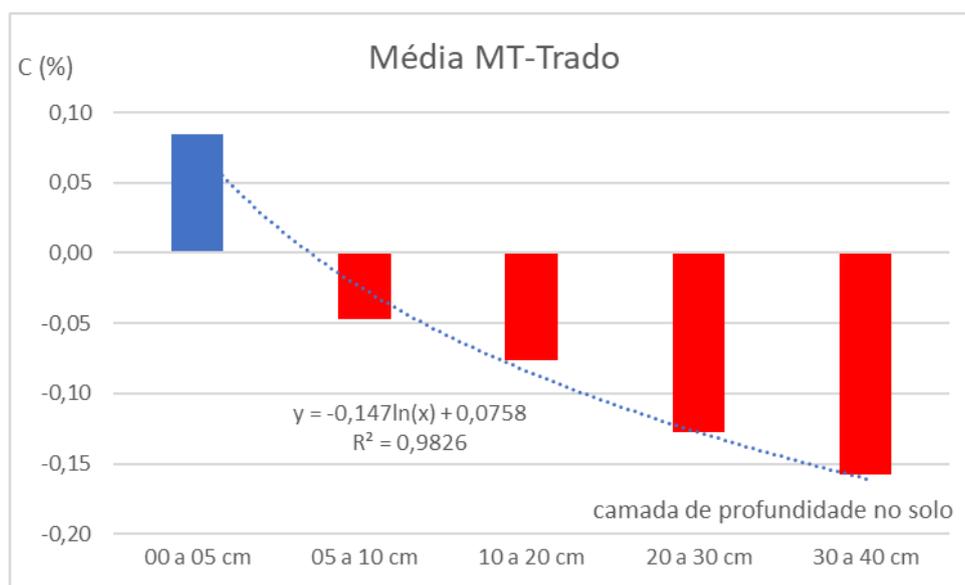


Figura 2. Diferenças entre valores médios de C (%) entre resultados da minitrincheira e do trado a cada profundidade e equação logarítmica ajustada.

### Agradecimentos

Os autores agradecem à Embrapa e à Bayer pelo financiamento do projeto que permitiu a realização deste trabalho.

### Referências bibliográficas

CONOVER, W. J. (1999) **Practical Nonparametric Statistics**. 3rd Edition, John Wiley & Sons Inc., New York, p. 157-178, 1999.

NIST/SEMATECH. Exploratory Data Analysis. In: **Engineering Statistics Handbook**. 2012. <https://doi.org/10.18434/M32189>

QUAGGIO, J. A.; CHIBA, M. K. Amostragem do solo para fins de fertilidade. In: CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS JR, D.; BOARETTO, R. M.; RAIJ, B. van. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2022. p. 17-27. (IAC. Boletim Técnico, 100).

SAS Institute Inc. SAS/STAT® 9.4 Users Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2013.