



Protocolo para quantificação dos estoques de carbono do solo da Rede de Pesquisa Pecus

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Pecuária Sudeste
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

Documentos 116

Protocolo para quantificação dos estoques de carbono do solo da rede de pesquisa Pecuária

**Patricia Perondi Anção Oliveira
Editor Técnico**

Embrapa Pecuária Sudeste

Rod. Washington Luiz, km 234

13560 970, São Carlos, SP

Caixa Postal 339

Fone: (16) 3411- 5600

Fax: (16): 3361-5754

Home page: www.embrapa.br/pecuaria-sudeste

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Alexandre Berndt

Secretária-Executiva: Simone Cristina Méo Niciura

Membros: Ane Lisy F.G. Silvestre, Maria Cristina Campanelli Brito,

Milena Ambrosio Telles, Sônia Borges de Alencar

Normalização bibliográfica: Sônia Borges de Alencar

Editoração eletrônica: Maria Cristina Campanelli Brito

Foto(s) da capa: Aline Segnini e Fernando Fernandes

1ª edição

1ª edição on-line (2014)

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Pecuária Sudeste

Oliveira, Patricia Perondi Anchão

Protocolo para quantificação dos estoques de carbono do solo da rede de pesquisa Pecos. — [Recurso eletrônico] /Patricia Perondi Anchão Oliveira — Dados eletrônicos. — São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2014.

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: Word Wide Web: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/103577/1/Documentos116.pdf>>

Título da página na Web (acesso em 10 de julho de 2014).

20p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 116; ISSN: 1980-6841).

1. Solo - Estoque de carbono - Quantificação - Rede de Pesquisa Pecos. I. Patricia Perondi Anchão Oliveira. II. Título. III. Série.

CDD: 363.739

© Embrapa 2014

Autores

Fernando Fernandes

Engenheiro Agrônomo, pesquisadora da Embrapa
Pantanal, Corumbá, MS,
fernando.fernandes@embrapa.br

Ana H.B. Marozzi Fernandes

Engenheira Agrônoma, pesquisadora da Embrapa
Pantanal, Corumbá, MS,
ana.marozzi-fernandes@embrapa.br

Bruno José Rodrigues Alves

Engenheiro Agrônomo, pesquisador da Embrapa
Agrobiologia, Seropédica - RJ,
bruno.alves@embrapa.br

Cimélio Bayer

Professor da Universidade Federal do Rio Grande do
Sul, Porto Alegre, RS
cimelio.bayer@ufrgs.br

Robert M. Boddey

Químico Agrícola, pesquisador da Embrapa
Agrobiologia, Seropédica - RJ,
robert.boddey@embrapa.br

Patricia Perondi Anção Oliveira

Engenheira Agrônoma, pesquisadora da Embrapa
Pecuária Sudeste, São Carlos, SP,
patricia.anchao-oliveira@embrapa.br

Sumário

1. Introdução.....	9
2. Escolha das áreas de amostragem	10
3. Procedimento de amostragem e preparo das amostras ..	12
4. Profundidade de amostragem	14
5. Coleta de amostras para densidade do solo	14
6. Método de análise do carbono	15
7. Cálculo dos estoques de carbono no solo	17
8. Outras medidas - Fracionamento da MOS.....	18
9. Referências	19

Apresentação

O aumento dos Gases de Efeito Estufa – GEE - e o conseqüente aquecimento global têm causado preocupação à sociedade em geral, que cobra ações governamentais e dos setores produtivos nacionais, dentre eles, da pecuária. O Brasil ocupa posição de destaque internacional na produção pecuária e exportação de carne e assumiu compromissos voluntários de redução das emissões de GEE, refletindo os anseios da sociedade brasileira.

O Brasil tem aumentado consistentemente a produção de produtos de origem animal. Nos últimos anos, o aumento na produção foi obtido pelo aumento da eficiência no manejo dos sistemas de produção, sem aumento nas áreas de pastagens, com a recuperação de pastagens, a melhoria dos índices zootécnicos e a adoção de sistemas integrados e de boas práticas agropecuárias. Para que essas técnicas continuem a fazer parte das políticas governamentais para o setor, é preciso determinar o nível das emissões dos sistemas de produção atualmente em uso e o potencial de mitigação dos mesmos (redução de emissões e remoção de GEE da atmosfera), com indicação das melhores práticas de manejo a serem adotadas em cada caso.

Nesse contexto, a rede de pesquisa PECUS foi concebida para produzir as informações necessárias, utilizando métodos padronizados internacionalmente, com vistas a dar suporte ao governo brasileiro na elaboração de políticas e negociações internacionais.

Para tal finalidade, a rede de pesquisa PECUS criou um comitê técnico, composto por vários subcomitês de especialistas, encarregados de gerar protocolos de pesquisa, de forma a garantir a obtenção de resultados válidos, comparáveis e reportáveis da produção dos componentes produtivos e da vegetação natural, dos fluxos de emissão de GEE e do sequestro de carbono, por meio da padronização e sistematização dos métodos de avaliação nos diferentes sistemas de produção localizados nos principais Biomas brasileiros.

Protocolo para quantificação dos estoques de carbono do solo da rede de pesquisa Pecus

Fernando Fernandes

Ana H.B. Marozzi Fernandes

Bruno José Rodrigues Alves

Cimélio Bayer

Robert Boddey

Patrícia Perondi Anção Oliveira

1. Introdução

Os solos armazenam na matéria orgânica aproximadamente duas vezes a quantidade de carbono presente na atmosfera como CO_2 , representando um estoque de 1300 a 1500 GtC no primeiro metro (SOMBROEK ET AL., 1993; BATJES e SOMBROEK, 1997; LAL, 2002). Considerando que aproximadamente um terço desse carbono é constituído de formas lábeis com ciclagem rápida (SCHIMMEL, 1995), alterações no uso e no manejo do solo podem atuar como fonte potencial de C- CO_2 para atmosfera. Por sua vez, a adoção de sistemas de manejo adequados pode determinar que solos de áreas agrícolas, de integração lavoura-pecuária e de pecuária atuem como um dreno de C- CO_2 da atmosfera, neutralizando parcialmente a emissão de metano (CH_4) e de óxido nitroso (N_2O) e reduzindo o potencial de aquecimento global desses sistemas de produção. Portanto, a adequada avaliação do estoque de carbono orgânico em sistemas de produção agropecuária é essencial para o balanço de gases de efeito estufa.

Neste protocolo são apresentados o desenho amostral, os métodos de coleta, preparo e análise de carbono orgânico das amostras de solo; como também o tratamento dos dados gerados pelas diferentes equipes de pesquisa da rede PECUS. Embora os procedimentos aqui descritos

sejam focados nos sistemas agropecuários estudados pela rede PECUS, os mesmos também podem ser adotados para áreas de produção de grãos e floresta, adaptando-o às suas particularidades.

Para o escopo do projeto será proposta a condução de duas campanhas de amostragem, uma no início e outra no final do projeto, de modo a permitir, quando detectáveis, diferenças nos estoques de carbono do solo em função das situações estudadas. Espera-se que sejam gerados dados de estoques de carbono total do solo, a partir dos dados de concentração de carbono e densidade para cada profundidade estudada.

A metodologia de trabalho proposta neste documento apresenta o conjunto mínimo de dados a serem gerados para cada área estudada nos projetos componentes que avaliam os sistemas de produção pecuária nos diferentes biomas. Entretanto informações adicionais geradas para os diferentes sistemas de produção/biomas são essenciais para a interpretação dos resultados relativos ao acúmulo/depleção dos estoques de matéria orgânica do solo. A avaliação, o refinamento e as readequações neste protocolo devem ser contínuos.

2. Escolha das áreas de amostragem

Quando os trabalhos forem desenvolvidos em cronossequência, é essencial que se tenha bastante cuidado para selecionar áreas homogêneas em termos de solo e do histórico prévio de uso e manejo da área. A variação do tipo de solo, principalmente em relação à sua textura, mineralogia e histórico de uso entre os sistemas de manejo em avaliação podem determinar interpretações de resultados diferentes quanto à estimativa das taxas de sequestro de C no solo, resultados esses não comparáveis entre si. Portanto, deve ser feita uma caracterização pedológica inicial do solo da área nos diferentes sistemas em avaliação, buscando a confirmação da classificação pedológica. Os pontos de amostragem deverão ser georreferenciados.

Um aspecto essencial no estudo de cronossequências refere-se à necessidade da vegetação nativa (floresta ou campo, por exemplo) ser a mesma para todas as cronossequências, pois, caso contrário, poderia implicar em estoques originais de carbono orgânico do solo diferentes, ocasionando confundimento na estimativa das taxas de sequestro de carbono dos sistemas de produção. Essa avaliação pode ser feita a partir da determinação da composição isotópica de $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ($\delta^{13}\text{C}$ ou $\Delta^{13}\text{C}$) em amostras de solo coletadas abaixo de 1 m de profundidade em todas as áreas a serem estudadas. Se os valores obtidos para a composição isotópica dessas amostras forem próximos, pode-se considerar que a vegetação nativa das áreas em questão era semelhante. No Brasil, espectrômetros de massa para essas análises estão em funcionamento em distintos grupos de pesquisa, como na Embrapa Agrobiologia, CENA/ESALQ, e Departamento de Solos/UFMS, dentre outros.

Um parâmetro de solo adicional que pode ser utilizado para testar a homogeneidade das áreas é a granulometria, seguindo método descrito em Embrapa (1997). Essa avaliação é essencial por servir de referência quanto à similaridade do solo presente nas diferentes cronossequências. Devido à grande influência que a textura do solo tem sobre os estoques de carbono orgânico, pequenas variações podem implicar em grande diferença e, portanto, em confundimento na avaliação do efeito de sistemas de uso e manejo sobre os mesmos.

Quando se tratar de experimentos em andamento, no âmbito do planejamento da amostragem do solo sempre é interessante ter uma área sob vegetação nativa como referência da condição natural do solo. Usualmente, os experimentos não foram instalados imediatamente após a remoção da vegetação nativa, mas sim em áreas já cultivadas durante algum tempo sob determinados sistemas de manejo. Nessa condição, o solo sob vegetação nativa será uma referência para avaliação da recuperação dos estoques de carbono orgânico no solo, mas não pode ser utilizado numa comparação direta com o solo nos sistemas de uso e manejo no nível experimental. Caso não seja

possível o acesso a uma área de referência sob vegetação nativa, a interpretação do potencial de sequestro de carbono no solo poderá ser feita pela comparação pontual entre os distintos sistemas de uso e manejo que compõem o experimento.

3. Procedimento de amostragem e preparo das amostras

Para determinação da densidade do solo, as amostras deverão ser coletadas em trincheiras, as quais serão alocadas aleatoriamente. Destaca-se que, caso haja interesse de realizar fracionamento físico densimétrico ou granulométrico da matéria orgânica, as amostras em blocos (tipo coleta para agregados) deverão ser coletadas também nas trincheiras.

A partir dos trabalhos de Stolbovoy et al. (2007) e Bowman et al. (2002), base dos protocolos adotados pela União Européia e pela rede GRACEnet (rede de pesquisa ligada ao Agricultural Research Service que estuda o efeito estufa na agricultura e na pecuária nos Estados Unidos), respectivamente, indica-se que sejam utilizados no mínimo três pontos de amostragem/alocação de trincheiras em cada área amostral, para piquete/parcela/área de até 5 ha. Para áreas maiores o número mínimo de pontos deve ser quatro, cinco ou seis, respectivamente para áreas amostrais de 5-10 ha, 10-25 ha e maiores que 25 ha.

A amostragem de solo para determinação dos conteúdos de carbono orgânico deverá ser realizada ao redor de cada uma das trincheiras, a partir da demarcação de 12 pontos equidistantes das mesmas, conforme esquema abaixo (Figura 1).

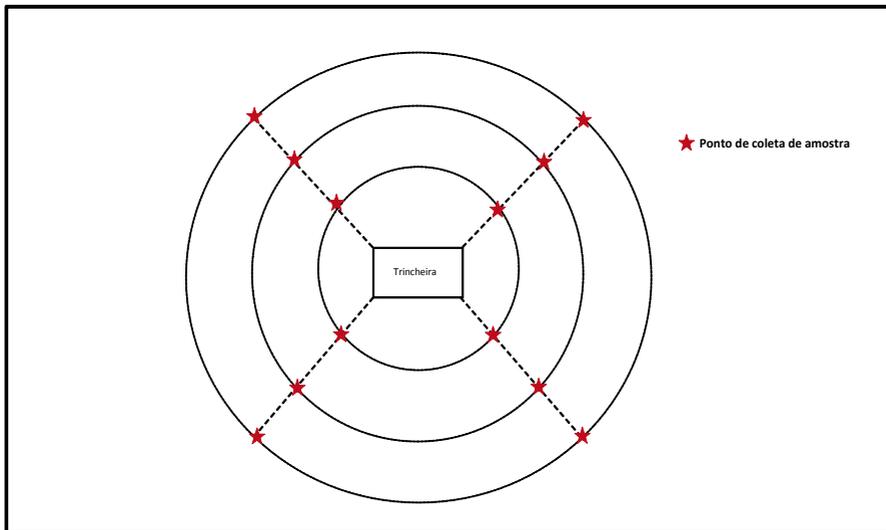


Figura 1. Esquema de amostragem de solo ao redor das trincheiras.

Essas amostragens normalmente são realizadas com trado holandês ou sonda e, nesse caso, deve-se tomar cuidado para que não haja contaminação das amostras entre as camadas. Caso haja interesse em aumentar o número de amostras para fins de determinação de carbono, essas poderão ser coletadas também nas três faces das trincheiras.

Essas amostras devem ser secas ao ar ou em estufa de circulação à temperatura máxima de 50°C, para que não ocorram alterações nos conteúdos de carbono a serem determinados. Após a secagem as raízes visíveis devem ser separadas por catação manual ou por peneiramento (peneira de 2 mm de malha). Sugere-se que as amostras secas sejam peneiradas inicialmente em peneiras de malha de 8 mm e que uma porção ($\pm 200\text{g}$) seja armazenada até o final do projeto, para que haja disponibilidade de material para análises não previstas inicialmente.

4. Profundidade de amostragem

Sempre que possível, a amostragem deverá ser realizada até um metro de profundidade. Sugerem-se as seguintes profundidades para amostragem: 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm. Variações podem ocorrer na definição das camadas a serem amostradas, mas é essencial ter subcamadas que permitam calcular os estoques de carbono de 0-20 cm, 0-30 cm e de 0-100 cm, informações necessárias ao projeto.

5. Coleta de amostras para densidade do solo

As amostras para densidade serão coletadas para todas as camadas nas trincheiras alocadas na área, utilizando-se anéis volumétricos de aço inox, de parede fina, tipicamente de 4 a 5 cm de diâmetro e 5 a 8 cm de comprimento, com volume conhecido. Sugere-se o cuidado de se preservarem três faces da trincheira no momento da sua abertura, as quais serão amostradas com os anéis em cada profundidade. As amostras para densidade do solo devem ser secas a 110°C até peso constante.

A avaliação adequada da densidade do solo é essencial para o cálculo dos estoques de carbono orgânico do solo. Em situações extremas em que não for possível a avaliação da densidade do solo, pode-se avaliar a possibilidade de utilizar relações de pedotransferência para a estimativa dos valores de densidade do solo. Essa opção deve ser avaliada com cuidado, pelos erros inerentes contidos nesse tipo de método. Se for o caso sugere-se a utilização das equações desenvolvidas por Benites et al. (2007) e/ou Bernoux et al. (1998), ou havendo dados disponíveis em quantidade suficiente, o desenvolvimento de uma equação específica para a área estudada.

6. Método de análise do carbono

Será adotado o método de análise do carbono por combustão via seca, realizado em analisadores elementares, em função de seu reconhecimento pela comunidade internacional como método padrão. Adicionalmente deve ser feita também análise de nitrogênio nessas mesmas amostras, conforme solicitação da equipe do Projeto Componente 11 – Modelagem Biofísica de Sistemas de Produção Pecuária, pois esse dado será necessário para os estudos que serão desenvolvidos nesse projeto componente.

As alíquotas para análise devem ser moídas até se obter granulometria menor do que 60 meshes. Toda a alíquota tem para passar por essa peneira para ser analisada (Figura 2). Moinhos de bolas e outros funcionam bem, mas normalmente moem uma amostra por vez. Como alternativa podem ser usados os moinhos de rolos fabricados por uma oficina competente, como estão sendo utilizados pela Embrapa Agrobiologia, Embrapa Solos e Embrapa Pantanal, e pelo Departamento de Solos da UFRGS, e são ideais para essa função (Figura 3). Detalhes para sua fabricação estão disponíveis com Dr. Robert Boddey (Embrapa Agrobiologia) ou no trabalho Arnold e Schepers (2004).

Para as equipes que não dispõem de analisador elementar, sugere-se a parceria com outras equipes do projeto que disponham do equipamento. Como uma última possibilidade a ser considerada, as análises de carbono orgânico poderão ser realizadas pelo método de oxidação por dicromato (Walkley-Black, Moebius, etc.), rotineiramente usado em laboratórios de análise de solo. Nesse caso, uma parte das amostras de solo deverá ser analisada por ambos os métodos (analisador elementar e oxidação por dicromato) visando a determinação de um fator de correção a ser aplicado para o cálculo dos teores de carbono orgânico.



Figura 2. Esquema de preparo das amostras. Fotos: Fernando Fernandes.



Figura 3. Modelo de moinho de rolos utilizado. Fotos: Fernando Fernandes.

7. Cálculo dos estoques de carbono no solo

Considerando-se que diferentes tipos de uso e manejo do solo podem promover alterações na densidade do solo, o cálculo dos estoques de carbono orgânico utilizando uma camada fixa acaba por acarretar uma comparação dos diferentes sistemas com base em massas distintas de solo. Nesse caso, sistemas de uso e manejo que determinem maiores valores de densidade do solo destacam-se em relação aos estoques de carbono, mesmo que não tenham ocorrido alterações nos teores de carbono do solo das áreas.

No âmbito do projeto os cálculos dos estoques de C devem ser realizados tendo como base massas equivalentes de solo, considerando a densidade do solo na área nativa como referência, conforme a equação 1, sugerida por Sisti et al. (2004), baseada nos trabalhos de Ellert e Bettany (1995):

$$C_s = \sum_{i=1}^{n-1} C_{ti} + \left[M_{tn} - \left(\sum_{i=1}^n M_{ti} - \sum_{i=1}^n M_{si} \right) \right] * C_{tn} \quad (1)$$

onde:

C_s = estoque de C total, em $Mg \cdot ha^{-1}$, corrigido em função da massa de solo de uma área de referência;

$\sum_{i=1}^{n-1} C_{ti}$ = somatório dos estoques de C do solo da primeira à penúltima camada amostrada no tratamento considerado ($Mg \cdot ha^{-1}$);

M_{tn} = massa do solo da última camada amostrada no tratamento ($Mg \cdot ha^{-1}$);

$\sum_{i=1}^n M_{ti}$ = somatório da massa total do solo amostrado sob o tratamento ($Mg \cdot ha^{-1}$);

$\sum_{i=1}^n M_{si}$ = somatório da massa total do solo amostrado na área de referência ($\text{Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$);

C_{tn} = teor de C do solo na última camada amostrada ($\text{Mg C} \cdot \text{Mg}^{-1}$ de solo).

Antes da correção pela massa de solo, os estoques de C de cada uma das camadas, em todas as áreas estudadas, são calculados pela equação 2 (VELDKAMP, 1994):

$$\text{Est C} = (\text{CO} \times \text{Ds} \times e) / 10 \quad (2)$$

onde:

Est C = estoque de C orgânico em determinada profundidade ($\text{Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$)

CO = teor de C orgânico total na profundidade amostrada ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)

Ds = densidade do solo da profundidade ($\text{kg} \cdot \text{dm}^{-3}$)

e = espessura da camada considerada (cm)

8. Outras medidas – Fracionamento da MOS

Nesse momento não será definido um método padrão de fracionamento da matéria orgânica do solo a ser utilizado no projeto como um todo. Dentro dos esforços do projeto, pretende-se chegar num modelo de simulação da dinâmica do carbono orgânico do solo que contemple diferentes frações funcionais, as quais sejam também mensuráveis em laboratório. Por isso a importância de cada grupo ter um banco de amostras preservadas de solo do projeto, para essa futura análise. Entretanto, qualquer informação adicional gerada pelas equipes dos biomas será de grande valia.

Para parâmetros adicionais, fica como sugestão que sejam feitas as determinações do carbono ligado à biomassa microbiana (método da

fumigação-extração) e do carbono ligado à fração leve-livre, a partir da utilização de esquemas de Fracionamento granulométrico – dispersante e peneiramento e/ou Fracionamento densimétrico – com iodeto de sódio ou politungstato de sódio.

9. Bibliografia

ARNOLD, S. L.; SCHEPERS, J. S. A simple roller-mill grinding procedure for plant and soil samples. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 35, n. 3-4, p. 537-545, 2004.

BATJES, N. H.; SOMBROEK, W. G. Possibilities for carbon sequestration in tropical and subtropical soils. **Global Change Biology**, v. 3, p. 161-173, 1997.

BENITES, V. M. et al. Pedotransfer functions for estimating soil bulk density from existing soil survey reports in Brazil. **Geoderma**, v. 139, n. 1-2, p. 90-97, 2007.

BERNOUX, M. et al. Bulk densities of Brazilian Amazon soils related to other soil properties. **Soil Science Society of America Journal**, v. 62, n. 3, p. 743-749, 1998.

BOWMAN, R. A.; REEDER, J. D.; WIENHOLD, B. J. Quantifying laboratory and field variability to assess potential for carbon sequestration. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 33, n. 9-10, p. 1629-1642, 2002.

ELLERT, B. H.; BETTANY, J. R. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. **Canadian Journal of Soil Science**, v.75, p.529-538, 1995.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. Brasília: Embrapa Solos, 1997. 212p.

LAL, R. Soil carbon dynamic in cropland and rangeland. **Environmental Pollution**, v. 116, p. 353-362, 2002.

SCHIMMEL, D. Terrestrial ecosystems and the carbon cycle. **Global Change Biology**, v. 1, p. 77-91, 1995.

SISTI, C. P. J.; SANTOS, H. P.; KOCHANN, R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 76, p. 39-58, 2004.

SOMBROEK, W. G.; NACHTERGAELE, F. O.; HEBEL, A. Amounts, dynamics and sequestering of carbon in tropical and subtropical soils. **Ambio**, v. 22, p. 417-426, 1993.

Stolbovoy, V., Montanarella, L., Filippi, N., Jones, A., Gallego, J., & Grassi, G., **Soil sampling protocol to certify the changes of organic carbon stock in mineral soil of the European Union**. Version 2. EUR 21576 EN/2. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2007, 56 p.

VELDKAMP, E. Organic Carbon Turnover in Three Tropical Soils under Pasture after Deforestation. **Soil Science Society of America Journal**, v.58, p.175-180, 1994.