

# ALTERAÇÕES NO TEOR DE CARBONO ORGÂNICO, EM FUNÇÃO DO SISTEMA DE CULTIVO, E SUAS IMPLICAÇÕES NA COMPRESSIBILIDADE DO SOLO<sup>1</sup>.

João Alfredo Braidaj<sup>1</sup>; José Miguel Reichert<sup>2</sup>; Dalvan José Reinert<sup>3</sup>; Milton da Veiga<sup>4</sup>; Martín Maria Andrada Cubilla<sup>5</sup>. 1. CEFET-PR/Unidade Pato Branco, Pato Branco – PR, [braidaja@terra.com.br](mailto:braidaja@terra.com.br). 2. Departamento de Solos, CCR, UFSM, Santa Maria – RS, [reichert@ccr.ufsm.br](mailto:reichert@ccr.ufsm.br). 3. Idem 2, [reinert@ccr.ufsm.br](mailto:reinert@ccr.ufsm.br). 4. EPAGRI/ECN, Campos Novos - SC, [milveiga@epagri.rct-sc.br](mailto:milveiga@epagri.rct-sc.br). 5. Idem 2, [martin@vant.com.br](mailto:martin@vant.com.br). Financiamento: CNPq, Pronex e Fapergs.

Palavras-chave: compactação; plantio direto, elasticidade do solo, mecânica do solo.

## Introdução

Os danos à estrutura do solo, provocados pela mobilização excessiva, foram praticamente eliminados no sistema de plantio direto, onde só existe mobilização na linha de semeadura. Entretanto, a eliminação do revolvimento do solo permite um acúmulo de pressões produzidas pelo trânsito de máquinas agrícolas e/ou de animais, que resultam em compactação superficial.

Concomitantemente à compactação, o sistema de plantio direto permite um acúmulo de material orgânico sobre e na camada superficial do solo (Machado e Brum, 1978; Amado *et al.*, 2001). As quantidades de material vegetal adicionado na superfície e de matéria orgânica acumulada no solo são dependentes do sistema de culturas adotado (Bayer *et al.*, 2000; Amado *et al.*, 2001). Aqueles sistemas que incluem culturas com alta produção de matéria seca e com baixa relação C/N, em geral, resultam em maiores acúmulos de matéria orgânica no solo.

De maneira geral, observa-se que os maiores teores de matéria orgânica em solos sob plantio direto estão associados a melhorias de suas condições físicas, químicas e biológicas, com reflexos na produção das culturas. Entretanto, ainda são poucos os relatos de efeitos do acúmulo de matéria orgânica nas propriedades mecânicas do solo.

A matéria orgânica contribui de diversas formas para aumentar a resistência do solo à compactação (Soane, 1990). Segundo o autor, os compostos orgânicos aumentam a coesão verdadeira entre as partículas e agregados, ao estabelecerem um cimento orgânico sobre e entre os mesmos. Da mesma forma atuam as raízes e hifas de fungos, que entrelaçam partículas aumentando a resistência à deformação. Por outro lado, a matéria orgânica apresenta uma elasticidade muito maior que a de partículas minerais, podendo apresentar uma relaxação de até 50%, quando uma carga aplicada sobre ela é retirada. Além disso, em função da baixa densidade da matéria orgânica, pode haver um efeito de diluição, resultando em atenuação da carga aplicada.

Sendo isso verdadeiro, o acúmulo superficial de resíduos vegetais e o enriquecimento das camadas superficiais com matéria orgânica podem ser usados como estratégias para reduzir os efeitos daninhos ao solo do tráfego de máquinas e pisoteio animal. Essa hipótese sustenta-se nas seguintes pressuposições: o aumento no teor de matéria orgânica resulta em maior intervalo de umidade adequado para o trabalho mecânico do solo, resulta em aumento na coesão verdadeira entre partículas e agregados e beneficia suas propriedades mecânicas; e, ainda, que os resíduos vegetais na superfície do solo absorvem parte das pressões exercidas sobre o mesmo.

---

<sup>1</sup> Parte do projeto de tese de doutorado do primeiro autor, apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFSM.

O presente trabalho foi proposto com o objetivo de estudar possíveis implicações do acúmulo de matéria orgânica no solo sobre suas compressibilidade e elasticidade. Busca-se estabelecer relações entre o teor de carbono orgânico do solo e os índices de compressão e de elasticidade do mesmo.

## Material e Métodos

Para atender tais objetivos, dois solos (Argissolo textura franco arenosa e Nitossolo Vermelho Distrófico) foram amostrados, buscando uma ampla variação no teor de matéria orgânica em cada um deles. O Argissolo será amostrado em um experimento com aplicação de diferentes doses de esterco líquido de suínos e plantas de cobertura, instalado na área experimental do Departamento de Solos da UFSM, no município de Santa Maria – RS. O Nitossolo foi amostrado em um experimento em que são avaliados sistemas de manejo do solo e de resíduos culturais e insumos orgânicos, localizado na Estação Experimental da EPAGRI, no município de Campos Novos – SC.

A compressibilidade está sendo avaliada em dois tipos de amostras, tomadas nos dois sítios descritos acima. Inicialmente, a compressibilidade está sendo determinada em amostras indeformadas, coletadas em anéis metálicos (2 cm de altura e 5,4 cm de diâmetro). Numa segunda fase, a partir de material de solo seco e peneirado, obtido nos mesmos locais e parcelas das amostras indeformadas, e com base na curva de compactação do solo, serão construídas amostras com densidade similar à densidade média observada no campo. Essas amostras sem estrutura e com densidades semelhantes entre si e similares à observada no campo, porém com variação no teor de matéria orgânica, serão, então, submetidas à avaliação da compressibilidade.

Para avaliar a compressibilidade, as amostras em anéis metálicos são submetidas ao ensaio de adensamento em uma prensa de compressão uniaxial, com aplicações sequenciais de cargas estáticas de 12,5; 25, 50, 100, 200, 400, 800 e 1600 kPa, com tempo de carregamento de 5 minutos. Com base no deslocamento vertical, medido na prensa após a aplicação de cada uma das cargas, calcula-se os correspondentes índices de vazios e densidades da amostra de solo, com os quais são obtidas as curvas de compressão para, então, determinar o índice de compressão ( $C_c$ ) de cada uma delas, conforme método de Casagrande (Holtz e Kovacs, 1981) e que corresponde à declividade da reta virgem (Figura 1).

Uma vez que a matéria orgânica do solo tem grande influência sobre a capacidade de retenção de água e a consistência do mesmo, a compressibilidade está sendo estudada em diferentes teores de água. Para tanto, antes de serem levadas à prensa, as amostras são equilibradas em quatro condições de umidade, a saber: secas ao ar e nas tensões de -06 (mesa de tensão), -100 e -500 kPa (placa porosa).

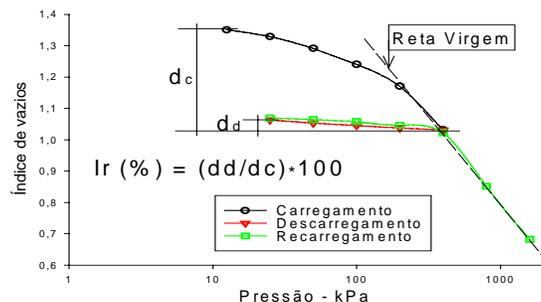


Figura 1. Exemplo de curva obtida com o ensaio de adensamento, com indicação da reta virgem e do esquema de cálculo do índice de relaxação.

Para avaliar a elasticidade do solo, o carregamento, na prensa de compressão uniaxial, é feito em três etapas. Primeira, até a carga de 400 kPa, admitindo-se que essa carga seja maior que a pressão de pré-consolidação das amostras em estudo. Segunda, descarregamento seqüencial das cargas aplicadas. Findo o descarregamento, carregam-se todas as cargas até a carga máxima de 1600 kPa. Tanto nos carregamentos como nos descarregamentos, as leituras no extensômetro são feitas após 5 minutos de aplicação da carga. No presente trabalho, a elasticidade é expressa pelo índice de relaxação (Ir), calculado conforme descrito na Figura 1.

O teor de carbono orgânico do solo foi determinado pelo método descrito por EMBRAPA (1979). Os resultados aqui apresentados são preliminares e foram obtidos em amostras indeformadas coletadas no experimento de Campos Novos e para três condições de umidade.

## Resultados e Discussão

Nas Figuras 2 e 3 são apresentados os resultados obtidos para o índice de compressão (Cc) e índice de relaxação (Ir), em função do teor de carbono orgânico das amostras estudadas.

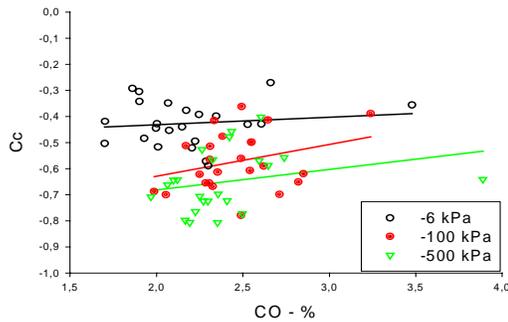


Figura 2. Índice de compressão (Cc) em função do teor de carbono orgânico (CO) de um Nitossolo submetido a três tensões de água.

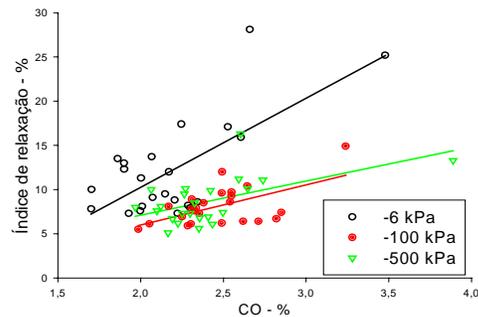


Figura 3. Índice de relaxação (Ir) em função do teor de carbono orgânico (CO) de um Nitossolo submetido a três tensões de água.

Observa-se que o aumento do teor de carbono orgânico resultou em redução no índice de compressão do solo. Tal comportamento justifica-se pela capacidade da matéria orgânica em estabelecer ligações entre as partículas minerais, em função do seu elevado número de cargas superficiais e elevada área superficial específica. Assim, o incremento em matéria orgânica resultaria em aumento do número de ligações entre as partículas minerais e, pelo efeito aditivo dessas ligações, em aumento da resistência do solo à deformação. Além disso, a elevada capacidade de retenção de água da matéria orgânica também deve ter contribuído para esse efeito. Isso é possível porque, ao atrair a água para suas partículas, a matéria orgânica reduz o efeito da água na diminuição da fricção entre as partículas minerais. Se a fricção é maior, menor é o índice de compressão do solo.

Outro aspecto, observável na Figura 2, é que o efeito do carbono orgânico é dependente da tensão de água no solo, sendo mais pronunciado (maior declividade da reta) nos solos com menor teor de água. Esse comportamento está relacionado ao fato de que a compressibilidade do solo é dependente do grau de saturação do solo (SILVA et al., 2000) e sua condutividade hidráulica. Assim, para esse solo argiloso, nas amostras mais úmidas (-6kPa) a compressibilidade é muito limitada pelo elevado grau de

saturação inicial, impossibilitando a manifestação do efeito da matéria orgânica. Entretanto, na medida que o solo se tornou mais seco (-100 kPa e -500 kPa), o grau de saturação diminuiu e a compressibilidade tornou-se maior (Tabela 3), permitindo a manifestação do efeito da matéria orgânica sobre a mesma.

Na Figura 3, podemos verificar que o incremento do teor de carbono orgânico é acompanhado de aumentos no índice de relaxação do solo. O material orgânico tem uma grande capacidade de relaxação (Soane, 1990), em função de sua flexibilidade e elasticidade. Essas características permitiriam que as partículas orgânicas, que ligam partículas minerais, sejam deformadas quando as partículas minerais são deslocadas durante a aplicação de uma carga, sem que as ligações se rompam totalmente. Ao cessar a aplicação da carga, as partículas orgânicas tenderiam a retornar à forma original, deslocando consigo as partículas minerais, resultando em expansão do solo após o descarregamento.

Tabela 1. Teor de carbono orgânico (CO), densidade inicial do solo ( $D_{s_i}$ ), índice de vazios inicial ( $e_i$ ), umidade gravimétrica ( $U_g$ ), grau de saturação inicial ( $GS_i$ ), índice de compressão ( $C_c$ ) e índice de relaxação ( $I_r$ ) médios das amostras estudadas, em função da tensão de água no solo. Médias de 24 amostras.

Tensão de Água kPa	CO %	$D_{s_i}$ g cm <sup>-3</sup>	$e_i$	$U_g$ %	$GS_i$ %	$C_c$	$I_r$ %
-6	2,19	1,056	1,609	41,5	71,7	-0,4269	12,2
-100	2,44	1,070	1,572	30,7	54,1	-0,5645	8,1
-500	2,39	1,053	1,612	28,3	48,5	-0,6475	8,7

No presente estudo, o efeito da relaxação foi mais pronunciado nas amostras mais úmidas. Nesse caso, o teor de água no solo afeta o comportamento porque a relaxação do solo é devido à elasticidade do material e, também, ao aprisionamento de bolhas de ar no interior da amostra. Essas bolhas são comprimidas durante a aplicação da carga e, na descarga, se expandem. No solo mais úmido, a dificuldade para a expulsão do ar existente nos poros da amostra é maior, aumentando a probabilidade do confinamento de bolhas de ar. É possível, ainda, que quanto maior o teor de matéria orgânica do solo, maior a saturação do solo numa mesma tensão, uma vez que a matéria orgânica tem grande capacidade de reter água. Assim, o efeito produzido pela grande elasticidade do material orgânico é potencializado pela maior probabilidade de aprisionamento de bolhas de ar dentro da amostra enriquecida por estes materiais.

Os resultados aqui apresentados sugerem uma confirmação das hipóteses em estudo, porém essa confirmação necessita, ainda, análises teóricas mais detalhadas dos dados e alguns estudos complementares, previstos no projeto em desenvolvimento, mas ainda não efetuados.

## Bibliografia Citada

- Amado, T.J.C.; Bayer, C.; Eltz, F.L.F.; Brum, A.C.R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **R. Bras. Ci. Solo**, 25:189-197, 2001.
- Bayer, C.; Mielniczuk, J.; Martin-Neto, L. Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO<sub>2</sub>. **R. Bras. Ci. Solo**, 24:599-607, 2000.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro, EMBRAPA. 1979.

- Holtz, R.D. & Kovacs, W.D. An introduction to geotechnical engineering. New Jersey, Prentice-Hall, 1981. 733p.
- Machado, J.A. & Brum, A.C.R. Efeito de sistemas de cultivo em algumas propriedades físicas do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 2:81-84, 1978.
- Silva, V.R.; Reinert, D.J.; Reichert, J.M. Susceptibilidade à compactação de um Latossolo Vermelho-Escuro e de um Podzólico Vermelho-Amarelo. **R. Bras. Ci. Solo**, 24:239-249, 2000.
- Soane, B.D. The role of organic matter in soil compactability: a review of some practical aspects. **Soil Tillage Res.**, 16:179-201, 1990.