

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Área de Concentração: Solos



Dissertação

**Matéria orgânica e qualidade estrutural de um Latossolo sob cultivo de
cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul**

Roberta Jeske Kunde

Pelotas, 2013

ROBERTA JESKE KUNDE

**Matéria orgânica e qualidade estrutural de um Latossolo sob cultivo de
cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências (Área de Concentração: Solos).

Orientadora: Dra. Cláudia Liane Rodrigues de Lima

Co-orientadores: Dr. Clenio Nailto Pillon
Dr. Sergio Delmar dos Anjos e Silva

Pelotas, 2013

Dados de catalogação na fonte:

(Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744)

K95m Kunde, Roberta Jeske

Matéria orgânica e qualidade estrutural de um Latossolo sob cultivo de cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul / Roberta Jeske Kunde; orientador Cláudia Liane Rodrigues de Lima; co-orientadores Clelio Nailto Pillon e Sergio Delmar dos Anjos e Silva. Pelotas, 2013.-123f. : il.- Dissertação (Mestrado em Solos) –Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2013.

1.Fracionamento físico da matéria orgânica
2.Carbono Orgânico total 3.Índice de manejo de carbono 4.Qualidade do solo I.Lima, Cláudia Liane Rodrigues de (Orientador) II.Título.

CDD 631.417

Banca examinadora:

Professora Dra. Cláudia Liane Rodrigues de Lima (Presidente)

Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” - UFPel

Pós-Doutoranda Dra. Daiane Carvalho dos Santos

Universidade Federal do Rio Grande do Sul –UFRGS

Professor Dr. Luiz Fernando Spinelli Pinto

Universidade Federal de Pelotas-UFPel

À Nadir Kunde e Iolanda Jeske Kunde (meus
pais), Rodrigo Jeske Kunde (irmão) e Gerson
Kleinick Vignolo (noivo)

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer à Deus por ter me dado forças durante esta caminhada e permitir alcançar mais esta vitória.

À Universidade Federal de Pelotas, especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade de realizar o curso de Mestrado.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Clima Temperado) pela oportunidade de ter desenvolvido este estudo no macroprojeto “Desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar para o Rio Grande do Sul- Foco na produção de álcool” e por toda a infraestrutura disponibilizada para a sua realização.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos que possibilitou a realização deste trabalho.

À Destilaria Grandespe, em especial ao Jair pela concessão das áreas experimentais, pela atenção, ajuda e disponibilidade todas as vezes que nos deslocamos à Salto do Jacuí-RS.

À minha orientadora professora Cláudia Liane Rodrigues de Lima pela amizade, incentivo, profissionalismo, comprometimento à minha formação pessoal e profissional e pelo companheirismo que se estendia da sala de aula às coletas de campo. Agradeço muito por todos os ensinamentos e conhecimentos transmitidos e por ter deixado em mim o espírito da organização e da seriedade.

Ao meu co-orientador, pesquisador Clenio Nailto Pillon pela oportunidade recebida em ingressar como estagiária em seu grupo de pesquisa em 2009, o que promoveu não só o meu crescimento profissional, mas também o pessoal. Além disso, gostaria de agradecer também pela confiança, incentivo, amizade e pela liberdade de crescer.

Ao meu co-orientador, pesquisador Sergio Delmar dos Anjos e Silva, pela oportunidade de inserção no projeto “Desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar para o Rio Grande do Sul- Foco na produção de álcool” assim que concluí a graduação sendo vinculada como bolsista de DTI e pela oportunidade, parceria e apoio de continuar desenvolvendo pesquisas nesse projeto agora como mestranda.

À minha amiga Daiane Carvalho dos Santos, pela amizade, ajuda e apoio incondicional desde os primeiros passos na minha caminhada científica, confiança, cumplicidade e por estar sempre tão presente na minha vida, mesmo estando à alguns quilômetros de distância.

Aos amigos Ana Paula Camargo Krüger (banana) e Alberto Kuhn Klumb (Albert) por toda a amizade e companheirismo desde a época da faculdade, por todas as risadas e alegrias oriundas em nossos encontros, e por estarem torcendo sempre por mim.

Aos professores do Departamento de Solos da Universidade Federal de Pelotas, Rogério Oliveira de Sousa, Rosa Maria Vargas Castilhos, Flávia Fernandes, Luiz Fernando Pinto Spinelli, Rodrigo Rizzi pelo ensinamentos transmitidos nas disciplinas cursadas e em especial ao Prof. Eloy Antonio Pauletto, pela amizade, carinho, respeito e ensinamentos transmitidos.

À Renata Pinto Albert Alves e Wildon Panziera pela amizade, parceria e apoio no desenvolvimento das atividades do mestrado.

A todos os colegas do Departamento de Solos (muitos para serem mencionados) e à minha turma de ingresso no mestrado (Gerson, Luciana, Rosane, Marina e Vanessa) pela amizade, pelos momentos de descontração, alegrias compartilhadas e troca de experiências.

À minha amiga e eterna dupla que a pós-graduação me concedeu, Luciana Montebello de Oliveira, pela amizade, cumplicidade, parceria, apoio em todos os momentos e por todas as tardes agradáveis de estudos ou de descontração regadas a um bom chimarrão.

Ao meu querido amigo José Carlos Leite (Zezinho) pela amizade, pela ajuda, pelo conhecimento profissional e acima de tudo pela tua dedicação e companheirismo.

Aos funcionários do Laboratório de Física do Solo da Universidade Federal de Pelotas (Paulo e Francine), e aos estagiários João Roberto Pimentel, Gabriel Furtado Garcia, Thiago Stumpf da Silva, Jordano Vaz Ambus, Thiago Scheunemann e Leonir Aldrighi Dutra Jr pela colaboração nas análises laboratoriais e coleta de amostras.

Ao funcionário do Laboratório de Física do Solo da Embrapa Clima Temperado, Paulo Roberto Ferreira (Paulão ou PR), e aos estagiários Lenon Morales Abeijon, Juliana dos Santos Carvalho e Aline Vighi Fiss pela colaboração, dedicação e confiança. Juliana e Aline, vocês se tornaram mais que colegas de laboratório, são amigas que quero ter sempre por perto e que fazem os meus dias de trabalho mais “leves e alegres”.

Ao amor da minha vida, meu noivo Gerson Kleinick Vignolo, pelo amor, amizade, cumplicidade, companheirismo, apoio incondicional e principalmente pela paciência, compreensão e ajuda. Te agradeço imensamente por sempre acreditar em mim, me incentivar e me aconselhar em todas as etapas mais difíceis desta caminhada.

À família Vignolo (minha segunda família) Carlos, Célia, Giuliano e Giancarlo pelo amor, dedicação e carinho que tenho recebido durante todos esses anos que convivemos

juntos. Vocês são essenciais na minha vida e tenho muito orgulho de fazer parte desta família linda.

Em especial, agradeço aos meus pais Nadir e Iolanda, e ao meu irmão Rodrigo pelo amor, pela educação, pelo incentivo aos estudos mesmo sabendo de todas as dificuldades para ter acesso ao ensino no interior de São Lourenço, pela confiança e apoio incondicional em todas as etapas da minha vida. Sem o amor e a companhia de vocês seria impossível trilhar este caminho e enfrentar todos os obstáculos que encontrei ao longo desta caminhada. Obrigada pelo voto de confiança e por sempre acreditarem na minha capacidade.

À todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram de alguma forma para realização deste trabalho queria dizer, muito obrigada!

*“A persistência é o menor caminho do
êxito.”*

Charles Chaplin

RESUMO

KUNDE, Roberta Jeske. **Matéria orgânica e qualidade estrutural de um Latossolo sob cultivo de cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul**, 2013. 123f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Solos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Com o aumento na demanda por energias renováveis em substituição às aquelas de origem fóssil, a cultura canavieira tem assumido importância na matriz energética nacional e internacional. Entretanto, em função do intenso preparo do solo para a implantação da cultura e colheita mediante a queima prévia da palhada têm-se observado impactos negativos sobre a qualidade química e física de solos cultivados com cana-de-açúcar. O presente estudo está estruturado em dois artigos, sendo que o primeiro tem por objetivo avaliar a agregação, as frações físicas da matéria orgânica (MO) e o índice de manejo de carbono (IMC) de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul (RS) e o segundo artigo visou avaliar a resistência tênsil (RT) e a friabilidade (F) de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar no RS. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado e os tratamentos avaliados consistem em diferentes ciclos da cana-de-açúcar: cana planta (CP), cana soca de segundo corte (C2) e cana soca de quarto corte (C4). Como referência utilizou-se uma área de mata nativa (MN) com características e propriedades de solo e relevo similares às demais. Em cada uma das áreas foram coletadas amostras deformadas e indeformadas nas camadas de 0,00 a 0,05 m, de 0,05 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m para quantificar o percentual de agregados estáveis em água (AEA), o diâmetro médio ponderado (DMP), o carbono orgânico total (COT), o carbono da fração grosseira (CFG), o carbono associado aos minerais (CAM), o carbono da fração leve livre (FLL), o carbono da fração leve oclusa (FLO), o carbono da fração pesada (FP), o IMC, a RT e a F. O preparo do solo para a implantação da cana-de-açúcar, associado à queima prévia da palhada contribuiu para a redução da ciclagem de carbono jovem no solo, refletindo negativamente sobre os estoques das frações físicas da MO e sobre a distribuição e estabilidade de agregados, com exceção da FP. Com exceção da MN, na camada superficial, as proporções das frações físicas densimétricas da MO em relação ao COT aumentaram na ordem $FLL < FLO < FP$. Todas as áreas cultivadas com cana-de-açúcar apresentam IMC inferior à 100, sendo os menores valores observados na C2, o que indica impactos negativos sobre os estoques de MO e sobre a qualidade do solo. A RT aumentou em profundidade e proporcionalmente com a redução dos teores de COT. Na camada superficial, o solo foi classificado como muito friável e nas demais camadas, as áreas C4 e MN apresentaram-se friáveis. Em todas as camadas avaliadas, os menores valores de RT foram observados na MN. A RT e a F foram sensíveis para detectar diferenças na qualidade estrutural das áreas cultivadas com cana-de-açúcar.

Palavras-chave: fracionamento físico da matéria orgânica, carbono orgânico total, índice de manejo de carbono, qualidade do solo

ABSTRACT

KUNDE, Roberta Jeske. **Organic matter and structural quality of an Oxisol under cultivation of sugarcane in Rio Grande do Sul state**, 2013. 123f. Dissertation (Master) – Post-Graduate Program in Agronomy / Soils. Federal University of Pelotas, Pelotas.

According the increase in demand for renewable energy to replace those fossil, the sugarcane crop has assumed importance in the nationally and internationally energy matrix. However, because the heavy soil preparation for the implantation of culture and harvest by previous burning of stubble have been observed negative impacts on the chemical and physical quality of soils cultivated with sugarcane. This study is structured in two articles, the first is to evaluate the aggregation, the physical fractions of organic matter (OM) and carbon management index (CMI) of an Oxisol cultivated with sugarcane in the Rio Grande do Sul state (RS), and the second article was to evaluate the tensile strength (TS) and friability (F) of an Oxisol cultivated with sugarcane in RS state. The experimental design was completely randomized and the treatments consist of various cycles of sugarcane: plant sugarcane (CP), second ratoon sugarcane (C2), fourth ratoon sugarcane (C4). As a reference we used an area of native forest (NF) with characteristics and properties of soil and topography similar by the others. In each area were collected undisturbed and disturbed samples in layers from 0.00 to 0.05, from 0.05 to 0.10 m and from 0.10 to 0.20 m to quantify the percentage of water stable aggregates (WSA), the mean weight diameter (MWD), total organic carbon (TOC), carbon from the coarse fraction (CCF), the carbon associated with minerals (CAM), carbon free light fraction (FLF), carbon occluded light fraction (OLF), carbon from the heavy fraction (HF), CMI, TS and F. The soil preparation for the deployment of sugarcane, combined with previous burning of stubble contributed to the reduction of young carbon cycling in the soil, reflecting negatively on the stocks of physical particle size fractions of the OM and on distribution and aggregate stability, except for the HF. With the exception of NF in the surface layer, the proportions of physical density fractions of OM in relation to TOC increased in order FLF<OLF<HF. All areas cultivated with sugarcane present CMI lower than 100, with the lowest values observed in C2, indicating negative impacts on stocks of OM and on soil quality. In the surface layer, the TS increased in depth and proportionally with the reduction of the levels of TOC. In the surface layer, the soil was classified as very friable and in the other layers, the areas C4 and MN presented themselves as friable. The TS and the F were sensitive to detect differences in the structural quality of the areas cultivated with sugarcane.

Keywords: physical fractionation of organic matter, total organic carbon, carbon management index, soil quality

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1-** Agregado natural (H) fixado á metades (E e F) de um recipiente por meio de “plaster of Paris” (mistura de calcário, areia e água) (G). O agregado é submetido à tração (P), sendo separado em duas partes. Adaptada de Dexter e Watts (2000).....24
- Figura 2-** A fissura C será formada entre os dois pontos de aplicação da força (P) devido ao estresse tênsil (Y) que atua no centro da amostra. Adaptada de Dexter e Watts (2000).....25
- Figura 3-** Proporção de carbono na fração grosseira (CFG) e carbono associado aos minerais (CAM) em relação ao carbono orgânico total (COT) de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa nas camadas de a) 0,00 a 0,05 m, b) de 0,05 a 0,10 m, c) 0,10 a 0,20 m.....44
- Figura 4-** Proporção de carbono na fração leve livre (FLL), fração leve oclusa (FLO) e fração pesada (FP) em relação ao carbono orgânico total (COT) na malha de 9,52 mm de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa nas camadas de a) 0,00 a 0,05 m, b) de 0,05 a 0,10 m, c) 0,10 a 0,20 m.....49
- Figura 5-** Relação entre a resistência tênsil (RT) e o carbono orgânico total (COT) na camada de a) 0,00 a 0,05 m e b) 0,05 a 0,10 m e c) 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS.....66

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1-** Teores de areia, silte e argila (g Kg^{-1}) nas camadas de 0,00 a 0,05 m, de 0,05 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS.....35
- Tabela 2-** Percentual de agregados estáveis em água (% AEA) nas camadas de 0,00 a 0,05 m, de 0,05 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS.....38
- Tabela 3-** Diâmetro médio ponderado de agregados estáveis (DMP) nas camadas de 0,00 a 0,05 m, de 0,05 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS.....40
- Tabela 4-** Percentual de macroagregados e de microagregados nas camadas de 0,00 a 0,05 m, de 0,05 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS.....41
- Tabela 5-** Teores de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) nas camadas de 0,00 a 0,05 m, de 0,05 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS.....43
- Tabela 6-** Estoques de carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT), relação carbono/nitrogênio (C/N), carbono da fração grosseira (CFG) e carbono associado aos minerais (CAM) nas camadas de 0,00 a 0,05 m, de 0,05 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS.....45
- Tabela 7-** Estoques de carbono orgânico total (COT), carbono da fração leve livre (FLL), carbono da fração leve oclusa (FLO) e carbono da fração pesada (FP) de um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar nas camadas de 0,00 a 0,05 m, de 0,05 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m.....49

Tabela 8- Índice de estoque de carbono (IEC), labilidade (L), índice de labilidade (IL) e índice de manejo de carbono (IMC) de um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar nas camadas de 0,00 a 0,05 m, de 0,05 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m.....52

Tabela 9- Teores de areia, silte e argila (g Kg^{-1}) nas camadas de 0,00 a 0,05 m, de 0,05 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí -RS.....62

Tabela 10- Análise descritiva da umidade gravimétrica ($U_g, \%$), da resistência tênsil (RT, kPa), da friabilidade (F) e do carbono orgânico total (COT, g kg^{-1}) nas camadas de 0,00 a 0,05 m, de 0,05 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS.....65

Tabela 11- Resistência tênsil (RT), friabilidade (F) e classificação quanto à friabilidade nas camadas de 0,00 a 0,05 m, de 0,05 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS.....67

Tabela 12- Teores de carbono orgânico total (COT) nas camadas de 0,00 a 0,05 m, de 0,05 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS.....68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEA - Agregados estáveis em água

C – Carbono

C2- Cana soca de segundo corte

C4- Cana soca de quarto corte

CAM - Carbono associado aos minerais

CFG - Carbono da fração grosseira

COM - Complexos organominerais

C/N- Relação carbono/nitrogênio

COT - Carbono orgânico total

CP- Cana Planta

DMP- Diâmetro médio ponderado

FLL - Fração leve livre

FLO - Fração leve oclusa

FP - Fração pesada

MN – Mata nativa

MO - Matéria orgânica

MOP – Matéria orgânica particulada

N - Nitrogênio

NT - Nitrogênio total

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	16
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1 A cultura da cana-de-açúcar	18
2.2 Manejo da cultura da cana-de-açúcar.....	19
2.3 Qualidade do solo e matéria orgânica	20
2.4 Dinâmica da matéria orgânica do solo	21
2.5 Matéria orgânica e a agregação.....	22
2.6 Mecanismos de proteção da matéria orgânica do solo	24
2.7 Fracionamentos da matéria orgânica do solo.....	25
2.7.1 Fracionamento físico da matéria orgânica do solo.....	26
2.7.2.1. Fracionamento físico granulométrico	26
2.7.2.2 Fracionamento físico densimétrico	27
2.8 Resistência tênsil de agregados e friabilidade do solo	28
3. AGREGAÇÃO E FRAÇÕES FÍSICAS DA MATÉRIA ORGÂNICA DE UM LATOSSOLO VERMELHO CULTIVADO COM CANA-DE-AÇÚCAR NO RIO GRANDE DO SUL.....	32
3.1 Resumo	32
3.2 Abstract.....	33
3.3 Introdução.....	33
3.4 Material e Métodos	35
3.5 Resultados e Discussão	38
3.6 Conclusões.....	53
3.7 Referências Bibliográficas.....	53
4. RESISTÊNCIA TÊNSIL E FRIABILIDADE DE UM LATOSSOLO VERMELHO CULTIVADO COM CANA-DE-AÇÚCAR NO RIO GRANDE DO SUL.....	59
4.1 Resumo	59
4.2 Abstract.....	59
4.3 Introdução.....	60
4.4 Material e métodos.....	61
4.5 Resultados e discussão	64
4.6 Conclusões.....	69
4.7 Referências bibliográficas	70
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
6. APÊNDICES	81
7. ANEXOS.....	121

1. INTRODUÇÃO GERAL

Com o aumento na demanda por energia renovável e menos poluente em relação à utilização do petróleo, a cultura canavieira (*Saccharum spp.*) têm assumido importância na matriz energética nacional e internacional (ASSUNÇÃO et al., 2010). Entretanto, têm-se observado impactos sobre a qualidade do solo decorrentes do manejo para a implantação e para o desenvolvimento desta cultura (SEVERIANO et al., 2009).

No manejo da cultura da cana, a colheita atualmente é realizada com a cana queimada e crua, ambas podendo ser de forma manual ou mecânica. O conjunto de procedimentos envolvidos na colheita pode influenciar na produção e na longevidade da cultura, nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, no ambiente e na saúde pública (SOUZA et al., 2006).

A prática de queima dos canaviais, amplamente utilizada no Brasil, tem como objetivo facilitar as operações de corte e de manejo. Porém, traz impactos ambientais, como a redução da fitomassa seca e aumento da concentração de gás carbônico na atmosfera, que contribui com o efeito estufa e com a diminuição da matéria orgânica (MO) do solo (SOUZA et al., 2005).

A MO constitui-se um dos atributos de maior relevância, pois exerce papel fundamental sobre a qualidade do solo, sendo sensível às condições ambientais e às mudanças no manejo, estando intimamente relacionada aos atributos químicos, físicos e biológicos como a estrutura, retenção de água, ciclagem de nutrientes, troca de cátions e atividade biológica (STEVENSON, 1994).

A MO compreende todo o carbono (C) na forma de resíduos frescos ou em diversos estágios de decomposição que, quando associados às partículas minerais, formam agregados estáveis, os quais fornecem proteção física da MO à decomposição microbiana. Alterações na distribuição e estabilidade de agregados, nos estoques de carbono orgânico total (COT) e de nitrogênio total (NT) constituem-se indicadores sensíveis às práticas de manejo a médio e longo prazo. Em curto prazo, alterações na proporção das frações lábeis da MO do solo, como o C da fração leve livre (FLL) e C da fração leve oclusa (FLO), obtidas por técnicas de fracionamento físico densimétrico e/ou do C da fração grosseira (CFG) obtido por fracionamento físico granulométrico, podem fornecer informações importantes sobre a sustentabilidade ambiental e sobre a qualidade do solo em agroecossistemas, permitindo correções nas estratégias de uso e manejo (SANTOS et al., 2009).

Diferentes atributos têm sido utilizados para avaliar a qualidade física e estrutural do solo. Neste contexto, a resistência tênsil dos agregados (RT) e a friabilidade do solo (F) podem ser utilizadas como indicadores dos efeitos do manejo sobre a qualidade estrutural do solo. Segundo Dexter e Watts (2000) a RT pode ser definida como a força por unidade de área necessária para causar o fraturamento dos agregados do solo e a F é a tendência de uma massa se desfazer em menores tamanhos sob aplicação de um estresse ou carga.

A identificação das alterações decorrentes da colheita da cana-de-açúcar sobre a qualidade de solos pode fornecer subsídios para a escolha e desenvolvimento de sistemas de manejo adequados, minimizando a degradação física e química.

Escassos são os estudos que avaliam o efeito de sistemas de uso e manejo sobre indicadores químicos e físicos em solos cultivados com cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul. Assim, testou-se a hipótese de que sistemas de produção de cana-de-açúcar com queima prévia da palhada na colheita reduzem os aportes dos resíduos culturais, influenciando negativamente a qualidade química e estrutural, mais especificamente, as frações físicas da MO, a agregação, a RT e a F.

Para tanto, o trabalho foi estruturado na forma de artigos, onde o primeiro objetivou avaliar a agregação, as frações físicas da MO e o índice de manejo de carbono (IMC) de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul (RS) e o segundo visou quantificar a RT e a F de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar no RS.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura da cana-de-açúcar

Com o aumento na demanda por energia renovável e menos poluente que o petróleo, a cultura canavieira têm assumido papel importante na matriz energética nacional e internacional (ASSUNÇÃO et al., 2010). A necessidade mundial por fontes alternativas de energia, destaca o Brasil com relação à produção de etanol, em razão das condições edafoclimáticas favoráveis ao cultivo da cana-de-açúcar, o que tem levado à expansão geográfica dessa cultura e à impactos ambientais decorrentes do manejo (SEVERIANO et al., 2009).

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é uma planta da família Poaceae, pertencente ao gênero *Saccharum* L. Há pelo menos seis espécies deste gênero, sendo a cana-de-açúcar cultivada, um híbrido multiespecífico que recebe a designação *Saccharum* spp. É originária da Ásia Meridional sendo muito cultivada em países tropicais e subtropicais, onde se alternam as estações secas e úmidas, para obtenção do açúcar, do álcool e da aguardente, devido à sacarose contida em seu caule formado por numerosos nós (SCHUCH, 2007).

Introduzida no período colonial, a cana-de-açúcar se transformou em uma das principais culturas da economia brasileira. O Brasil não é apenas o maior produtor de cana-de-açúcar, é também o primeiro produtor mundial de açúcar e etanol, conquistando, cada vez mais, o mercado externo com o uso do biocombustível como alternativa energética (MAPA, 2012).

A área cultivada com cana-de-açúcar na safra 2012/13 está estimada em 8.567,2 mil hectares. O Estado de São Paulo é o maior produtor com 51,66% (4.426,45 mil hectares), seguido por Minas Gerais, com 8,97% (768,64 mil hectares), Goiás, com 8,54% (732,02 mil hectares), Paraná, com 7,17% (614,01 mil hectares), Mato Grosso do Sul, com 6,31% (540,97 mil hectares), Alagoas, com 5,35% (458,09 mil hectares) e Pernambuco com, 3,48% (298,39 mil hectares). Nos demais estados produtores, as áreas são menores, com representações abaixo de 3% (CONAB, 2012).

A produção nacional de cana-de-açúcar na safra 2012/2013 foi de 596,63 milhões de toneladas, com aumento de 6,5% em relação à safra 2011/2012, que foi de 560,36 milhões de toneladas (CONAB, 2012). Apesar de ter uma produção pouco significativa nacionalmente, a produção de cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul tem importância por estar associada às atividades desenvolvidas em áreas de pequenas propriedades, relacionadas à criação de gado e

ao processamento artesanal de subprodutos como o melado, a rapadura, o açúcar mascavo e a cachaça. Destacam-se as regiões das Missões e Médio Alto Uruguai, as quais contribuem com pouco mais de um terço da produção gaúcha. Os maiores municípios produtores são Roque Gonzales com 74.067 toneladas e Porto Xavier com 52.067 toneladas (ATLAS SOCIO ECONÔMICO DO RIO GRANDE DO SUL, 2011).

2.2 Manejo da cultura da cana-de-açúcar

Para a implantação de um canavial é necessário fazer inicialmente o planejamento da área, realizando um levantamento topográfico. Nos locais de plantio é feito a sistematização do terreno, no qual subdivide-se a área em talhões, alocando-se os carregadores principais e secundários. Atualmente, busca-se obter talhões planos mantendo linhas de cana com grande comprimento para evitar manobras das máquinas, otimizando operações mecanizadas. Em geral, os talhões são subdivididos quanto à topografia e homogeneidade do solo e apresentam, em média, entre dez e 20 hectares (ROSSETO E SANTIAGO, 2007).

A cana-de-açúcar se desenvolve melhor em solos profundos, argilosos de boa fertilidade, com alta capacidade de retenção de água, não sujeitos a encharcamento e com pH entre 6,0 e 6,5. Normalmente no plantio há necessidade de se fazer uma calagem para que o pH atinja estes valores e uma adubação baseada na análise do solo e exigências nutricionais da cultura (UDOP, 2013).

O sistema de manejo utilizado para a implantação da cultura é o convencional. No preparo do solo, é preciso considerar duas situações. Se a cana for implantada pela primeira vez poderá ser indicado uma aração profunda, com bastante antecedência ao plantio, visando à destruição, incorporação e decomposição dos restos culturais existentes, seguida de gradagem. Se o terreno já está ocupado com cana, o primeiro passo deve ser a destruição da soqueira, que deve ser realizada logo após a colheita. Essa operação pode ser feita por meio de aração rasa (15 a 20 centímetros), nas linhas de cana, seguidas de gradagem ou gradagem pesada, enxada rotativa ou uso de herbicida (ROSSETO E SANTIAGO, 2007).

Caso seja verificada a compactação, o preparo do solo deverá prever a operação de descompactação, que poderá ser feita com a subsolagem (caso a compactação se encontre entre 25 e 50 centímetros de profundidade) ou pode-se optar por preparo com arado de aiveca se esta estiver a menos de 40 centímetros de profundidade (ROSSETO E SANTIAGO, 2007).

Depois da terra arada e gradeada, é feito o sulco de plantio com espaçamento de 1 a 1,35 metros entre as linhas. No sulcamento, o solo é adubado simultaneamente. No fundo do sulco são depositados os colmos cortados normalmente e recobertos com terra. As gemas vegetativas que se localizam nos "nós" dos colmos darão origem a uma nova planta (UDOP, 2013).

Após o plantio, a lavoura de cana-de-açúcar permite três a seis colheitas consecutivas, dependendo de fatores como: variedades, manejo de solo, de água e clima. A lavoura recém plantada recebe o nome de cana-planta, soca ou segunda folha no segundo corte; e, ressoça ou folha de enésima ordem nos demais cortes até a última colheita, completando, assim, o ciclo da cana plantada, quando é feita a renovação do canavial.

O conjunto de procedimentos envolvidos na colheita pode influenciar na produção e na longevidade da cultura, nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, no ambiente e na saúde pública. No manejo da cultura da cana, a colheita atualmente é realizada com a cana queimada e crua, ambas podendo ser de forma manual ou mecânica (SOUZA et al., 2006).

O sistema de colheita por cana queimada visa facilitar as operações de corte e de manejo, porém elimina a matéria seca e aumenta a concentração de gás carbônico na atmosfera, contribuindo com o efeito estufa e diminuindo o teor de MO no solo.

A colheita mecanizada da cana-de-açúcar está cada vez mais presente nos sistemas de produção no Brasil. Na colheita mecanizada sem queima, as folhas, bainhas, ponteiro, além de quantidade variável de pedaços de colmo são cortados, triturados e lançados sobre a superfície do solo, formando uma cobertura de resíduo vegetal (*mulch*) denominada palha ou palhada. Vasconcelos (2002), estudando o desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea de socas de cana-de-açúcar sob dois sistemas de colheita, crua mecanizada e queimada manual, verificou que a alteração do sistema de colheita da cana queimada manual para cana crua mecanizada reduz a amplitude térmica do solo, aumenta o teor de água e de MO no solo.

2.3 Qualidade do solo e matéria orgânica

O solo é um recurso natural, constituído de materiais minerais e orgânicos, resultante das interações dos fatores de formação (clima, organismos vivos, material de origem e relevo). É capaz de desempenhar funções básicas como sustentar plantas, reter água, armazenar e transportar resíduos e suportar as obras da engenharia humana. Porém, se for inadequadamente manejado e receber um aporte de resíduos indesejáveis, em pouco tempo contribuirá para a degradação do ecossistema (STRECK et al., 2008; MEURER, 2010).

Sendo o solo um elemento fundamental para a preservação ambiental, começou a ser formulado no início dos anos 90, o conceito de qualidade do solo. Qualidade do solo é a capacidade de um solo funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, sustentando a produtividade de plantas e de animais, mantendo ou aumentando a qualidade do ar e da água e, promovendo a saúde das plantas, dos animais e dos homens (DORAN; PARKIN, 1994; DORAN, 1997).

Para monitorar a qualidade do solo foram propostas variáveis de ordem química, física e biológica, fundamentais para detectar alterações na qualidade do solo, em função do manejo ao longo do tempo (LARSON; PIERCE, 1994).

A MO é constituída por um conjunto heterogêneo de materiais orgânicos que se diferem em composição, grau de disponibilidade para a microbiota e função no ambiente (CONCEIÇÃO, 2006). É considerada, um indicador da qualidade do solo, por ser muito sensível às práticas de manejo e por estar relacionada a atributos e processos como a estabilidade dos agregados, a atividade biológica, a resistência à erosão, a infiltração e a retenção de água, a capacidade de troca de cátions (CTC), a disponibilidade de nutrientes as planta e a liberação de CO₂ e outros gases para a atmosfera (MIELNICZUK, 2008).

2.4 Dinâmica da matéria orgânica do solo

A dinâmica da MO no solo se dá por meio da deposição de resíduos orgânicos, resultado da reação de fotossíntese realizada pelas plantas. Por meio do processo de fotossíntese, as plantas absorvem o CO₂ da atmosfera, fixando-o no tecido vegetal. Após a senescência e morte das plantas, a parte aérea é depositada na superfície do solo e o sistema radicular no interior do mesmo, servem como substrato para os organismos decompositores e transformadores da MO (PAUL; CLARK, 1996). Do total de resíduos que é adicionado ao solo, aproximadamente 20% é convertido em MO. O restante retorna à atmosfera sob a forma, principalmente, de CO₂, através da decomposição biológica dos resíduos (PILLON, 2006).

Durante o processo de decomposição dos resíduos, ocorrem perdas de MO devido às reações oxidativas dos compostos orgânicos existentes nos resíduos, por intermédio da ação dos microrganismos, pela lixiviação de compostos solúveis e pela erosão do solo (PILLON, 2000).

A quantidade de MO que é armazenada no solo depende de características edafoclimáticas da região, da vegetação e/ou espécie cultivada e do manejo utilizado.

Sistemas de cultivos com capacidade de adicionar MO em profundidade, via biomassa radicular, contribuem significativamente para o armazenamento de C (BAYER et al., 2000).

A velocidade e a quantidade de adições e perdas de C determinam a direção à sua sustentabilidade ou à sua degradação. Em geral, o revolvimento do solo aumenta as perdas e o revolvimento mínimo é determinante no acúmulo de C no solo (BAYER; MIELNICZUK, 1997).

2.5 Matéria orgânica e a agregação

A agregação é um dos parâmetros que pode ser utilizado para avaliar a qualidade do solo, pois a manutenção da estrutura facilitará a aeração, a infiltração de água, reduzindo a susceptibilidade à erosão (FERREIRA et al., 2010).

Para explicar a relação existente entre a MO e a agregação, Tisdall e Oades (1982) propuseram um modelo de hierarquia de agregação. Conforme esse modelo, a MO desempenha importante papel na estabilidade de agregados, com tamanho inferior a 2 μm , através de interações entre seus grupos funcionais carboxila e hidroxila com a superfície de partículas minerais de tamanho argila, processo também denominado de interação organomineral.

O papel da MO em termos de estabilização de microagregados (2-250 μm) está associado à ação de mucilagens e exsudatos de origem microbiana e vegetal combinado com o efeito aditivo das interações organominerais de superfície. O tempo médio de resistência dessas mucilagens e exsudatos constituídos, principalmente de polissacarídeos são de alguns dias a semanas, representando entre 5 e 25% da MO (GUERRA et al., 2008). É necessário o aporte contínuo de material orgânico ao solo, para a manutenção da atividade biológica e liberação de mucilagens, e a presença contínua de plantas para a liberação de exsudatos radiculares.

Diversos autores têm utilizado a teoria de hierarquia da agregação para explicar a relação existente entre a MO e a agregação. Christensen (2001), Roscoe e Machado (2002) e Roscoe, Madar e Machado (2006) postulam que a MO pode estar livre ou ligada à partículas minerais do solo, formando complexos organominerais (COM), sendo chamados primários, quando resultante da interação direta entre partículas minerais primárias e orgânicas. A união de vários COM primários resulta na formação de microagregados (COM secundários < 250 μm). Neste processo, pode ocorrer o aprisionamento de parte da MO no interior dos COM

secundários, resultando em MO livre, na superfície ou entre agregados, e oclusa, dentro dos agregados.

A subdivisão dos microagregados em classes de 53 – 20 μm , 20 – 2 μm e < 2 μm , permite a definição de compartimentos relacionados aos COM primários de tamanho silte e argila. A formação de estruturas de dimensões entre 2 – 20 μm , por materiais orgânicos persistentes leva a formação de microagregados muito estáveis à atividade agrícola (CHRISTENSEN, 2000).

Segundo a hipótese hierárquica de formação e estabilização de agregados descrita por Golchin, Baldock e Oades, (1997), um terceiro nível hierárquico de agregação considera a MO o principal agente agregante. COM secundários <250 μm (microagregados) unidos por materiais orgânicos transitórios como exsudatos radiculares e microbianos (OADES, 1984; SIX et al., 2002), pelo entrelaçamento de hifas de fungos (TISDALL, 1991) e pela própria ação do sistema radicular (SILVA; MIELNICZUK, 1997) resultam na formação de macroagregados (COM secundários >250 μm). Assim, admitem-se duas classes de COM secundários: os microagregados e macroagregados.

A comprovação da existência da hierarquia da agregação foi conseguida experimentalmente por Oades e Waters (1991), pela exposição dos macroagregados a níveis crescentes de energia obtida mediante agitação em água após umedecimento lento (capilaridade) ou rápido (imersão), agitação horizontal em agentes dispersantes e sonicação, reduzindo-os a menores estruturas. Em solos onde ocorreu a hierarquia de agregação dominada pela MO, os agregados romperam-se em microagregados antes de serem rompidos em COM primários. Para solos onde as argilas e óxidos foram os principais responsáveis pela estabilidade dos agregados, a hierarquia de agregação não foi observada.

Uma alteração no modelo hierárquico foi proposto por Oades (1984), postulando que a matéria orgânica particulada (MOP) também conhecida como CFG é o núcleo ao redor do qual as partículas primárias do solo são incrustadas formando macroagregados. Com a decomposição desses núcleos de CFG pela ação dos microrganismos, ocorre um enfraquecimento das ligações estabilizadoras dos macroagregados, ocorrendo pelo rompimento dos macroagregados a formação de, microagregados. Devido à incorporação de exsudatos microbianos durante o processo de decomposição do CFG, os microagregados oriundos de macroagregados são enriquecidos em MO (GOLCHIN; BALDOCK; OADES, 1997).

A estabilidade dos agregados é influenciada por diversas características do solo, como textura, teor de óxidos de ferro e alumínio, teor de MO (FELLER et al., 1996) e atividade

microbiana (TISDALL; OADES, 1979) e pelo manejo (NEVES; FELLER; KOUAKOUA, 2006). Em geral, o revolvimento do solo aumenta as perdas de MO em virtude do rompimento dos agregados, que aumenta a liberação de CO₂ (ADU; OADES, 1978) e expõe a MO à decomposição pelos microrganismos, fazendo com que ocorra uma redução no seu estoque. Por outro lado, o revolvimento mínimo do solo é determinante para o acúmulo de MO.

Avaliando atributos físicos e estoques de C e nitrogênio (N) em solos com queima e sem queima de canavial Luca et al. (2008), verificaram que o maior teor de MO favoreceu o aumento da estabilidade de agregados em um Latossolo Vermelho e Neossolo Quartzarênico sem queima de canavial, expresso pelo maior teor de macroagregados e menor de microagregados estáveis em água.

Vasconcelos et al. (2010), ao avaliarem a estabilidade de agregados de um Latossolo Amarelo sob diferentes aportes de resíduos orgânicos da cana-de-açúcar verificaram que os diferentes sistemas de manejo promoveram alterações na estabilização dos agregados na camada superficial, dependendo do teor de MO e da ação dos ciclos sucessivos de umedecimento e de secagem do solo.

Estudando o carbono orgânico e a agregação de um Latossolo Vermelho com colheita mecanizada de cana-de-açúcar Souza et al. (2011), observaram que o manejo da cana-de-açúcar influenciou o diâmetro médio ponderado (DMP) do solo, cujos valores foram maiores no manejo envolvendo cana-planta e reduziram com o passar dos anos.

2.6 Mecanismos de proteção da matéria orgânica do solo

Durante a transformação dos resíduos culturais ocorre uma estabilização da MO que dificulta a perda de compostos do sistema, principalmente por decomposição microbiana (PILLON, 2000). A estabilização da MO se dá por meio de três processos de proteção: a recalitrância molecular, a proteção física e a proteção coloidal (CHRISTENSEN, 1996; SOLLINS et al., 1996).

A recalitrância molecular da MO está relacionada à resistência intrínseca da molécula orgânica ao ataque microbiano (BALDOCK et al., 1992). Estruturas aromáticas como a lignina, oferecem mais dificuldade ao ataque microbiano do que as cadeias alifáticas de carboidratos, por possuírem uma forte energia de ligação no seu anel (BALDOCK et al., 1992; SIX et al., 2002). Este mecanismo de proteção atua em todos os reservatórios da MO, independente da sua localização na matriz do solo e sua ligação/complexação com as partículas minerais (CONCEIÇÃO, 2006; ROSCOE et al., 2006; ZSCHORNACK, 2007).

A proteção física da MO está diretamente relacionada à formação e estabilização dos agregados, a qual indisponibiliza parte da MO, ao ataque microbiano em função da oclusão no interior dos macro e microagregados estáveis (ELLIOTT, 1986; TISDAL; OADES, 1982). Este mecanismo ocorre em agregados de diferentes tamanhos, segundo o modelo conceitual de hierarquia da agregação proposto por Tisdall e Oades (1982), onde o tempo de estabilização da MO protegida fisicamente depende diretamente da estabilidade de agregados e dos seus agentes ligantes. Os microagregados são unidos e estabilizados por agentes transitórios (polissacarídeos) e temporários (raízes e hifas de fungos), formando macroagregados.

A proteção coloidal, também chamada de estabilização química ou interação, constitui-se por associações entre moléculas orgânicas e minerais da fração argila por meio dos grupos funcionais de superfície, cuja interação promove proteção contra a decomposição (CHRISTENSEN, 2001). Os microrganismos têm acesso ao substrato orgânico, sendo difícil removê-lo da superfície mineral onde está adsorvido (CHRISTENSEN, 1996; SOLLINS et al., 1996).

Avaliando a proteção física da MO em Latossolos sob sistemas com pastagem na região do Cerrado brasileiro Boeni (2007), verificou que o mecanismo de proteção química foi relevante para o acúmulo de C nos Latossolos Vermelhos de Dourados e Maracaju. Da mesma forma, Santos et al. (2012), avaliando a agregação e a proteção física da MO em um Planossolo Háplico sob diferentes sistemas de manejo verificaram que o mecanismo mais importante de proteção e estabilização da MO, foi a interação organomineral, seguida da oclusão e a recalcitrância química.

2.7 Fracionamentos da matéria orgânica do solo

A MO consiste de um conjunto heterogêneo de compostos orgânicos que se diferem em composição, grau de disponibilidade para a microbiota e função no ambiente (CONCEIÇÃO, 2006). Os vários tipos de fracionamento da MO, visam reduzir a heterogeneidade e separar frações homogêneas quanto à natureza, dinâmica e função (CHRISTENSEN, 2001), aumentando o detalhamento dos efeitos do manejo sobre os diferentes compartimentos da MO e suas respectivas funções no solo.

A escolha do método de fracionamento depende do objetivo do estudo que se conduz, seja ele para caracterização e identificação química de componentes específicos ou para

quantificação de compartimentos da MO e sua relação com funções essenciais como a ciclagem e liberação de nutrientes (COLLINS et al., 1997).

2.7.1 Fracionamento físico da matéria orgânica do solo

Inúmeros autores têm demonstrado que técnicas de fracionamento físico do solo possibilitam a separação da MO com diferente composição e grau de associação à matriz mineral do solo (CHRISTENSEN, 2001). Tais métodos vêm sendo amplamente utilizados em estudos da MO, visando à separação de reservatórios (ROSCOE; MACHADO, 2002).

O fracionamento físico da MO avalia a eficiência dos sistemas de manejo em aportar sua fração lábil ao solo que, posteriormente vai abastecer seu compartimento estável associado aos minerais (MIELNICZUK, 1999; SALTON et al., 2005).

Os métodos físicos são considerados menos destrutivos e mais relacionados com a função e estrutura da MO *in situ* do que os métodos químicos (CHRISTENSEN, 1996; 2001). Os métodos empregados para separar fisicamente a MO do solo são baseados na diferença de densidade entre as frações mineral e orgânica (fracionamento densimétrico) e na diferença de tamanho das partículas (fracionamento granulométrico) (GREGORICH; JANZEN, 1996; ROSCOE; MACHADO, 2002).

2.7.2.1. Fracionamento físico granulométrico

O fracionamento físico granulométrico é empregado na separação de complexos organominerais secundários (agregados de diferentes classes de tamanho), por peneiramento seco ou úmido ou para a separação de complexos organominerais primários, definidos em função de classes texturais (ROSCOE; MACHADO, 2002).

A MO presente na fração areia ($\geq 0,053$ mm), também conhecida como matéria orgânica particulada (MOP), carbono orgânico particulado (COP) ou CFG, é constituída por resíduos culturais em fase inicial de decomposição e de fácil identificação (CHRISTENSEN, 2000). O CFG apresenta pouca ou nenhuma associação organomineral e, por isso, a magnitude dessa fração normalmente é reduzida quando sistemas naturais são substituídos por sistemas de manejo baseados em intenso revolvimento do solo (PILLON, 2000). Em virtude dessa sensibilidade, poderá servir como indicador de sistemas de uso e manejo do solo (BAYER et al., 2004; CONCEIÇÃO, 2006).

A fração da MO associada aos minerais (MAM) ou carbono orgânico associado aos minerais (CAM), é a fração mais estável da MO, não apresentando sensibilidade em curto prazo a alterações de práticas de manejo (SALTON et al., 2005). Compõe-se das frações de tamanho silte e argila (<0,053 mm), constituídas de material orgânico mais humificado, como por exemplo, compostos orgânicos remanescentes do processo de degradação e produtos de origem microbiana. Concentra grandes proporções da MO do solo, basicamente por formarem facilmente associações organominerais em virtude da grande área superficial específica dessas partículas minerais (CONCEIÇÃO, 2006; DIEKOW, 2003; GREGORICH et al., 2006).

Ao avaliarem o C nas frações granulométricas de um Latossolo sob diferentes agroecossistemas Martins et al. (2009), observaram que a distribuição do COT nas frações foi maior na fração grosseira (> 0,053 mm).

Galdos et al. (2009), avaliando os estoques de C em áreas cultivadas com cana-de-açúcar com queima e sem queima, verificaram que a área sem queima foi a que apresentou os maiores valores de COT e de CFG, sugerindo que o aporte e a manutenção de resíduos culturais sobre o solo é fundamental para a manutenção e acúmulo de carbono orgânico no sistema.

2.7.2.2 Fracionamento físico densimétrico

O fracionamento físico densimétrico fundamenta-se na diferença de densidade entre a fração orgânica e a mineral (ROSCOE; MACHADO, 2002). A densidade dos minerais do solo, geralmente excede 2 Mg m^{-3} , enquanto que, a dos compostos orgânicos é inferior a $1,5 \text{ Mg m}^{-3}$ (GREGORICH; ELLERT, 1993). Dessa forma, o fracionamento da MO do solo pela flotação em líquidos densos permite separá-la em frações distintas de acordo com sua localização, com o objetivo de inferir sobre a dinâmica dessas frações (CONCEIÇÃO, 2006; GOLCHIN et al., 1994).

Por meio do fracionamento físico densimétrico é possível obter três frações da MO, sendo a quantidade de C presente em cada fração relacionada com os diferentes mecanismos de estabilização da MO (HASSINK et al., 1993; ZECH et al., 1997).

A fração leve corresponde à MO não complexada, que é composta por resíduos vegetais, animais e microbianos em diferentes estágios de decomposição (GREGORICH et al., 2006), podendo ser encontrada livre na matriz ou oclusa no interior dos agregados.

A FLL é constituída de materiais orgânicos ligeiramente decompostos (GOLCHIN et al., 1994), onde o único mecanismo de proteção que atua nesta fração é a recalcitrância molecular (ROSCOE; MACHADO, 2002).

A FLO é constituída por diversos compostos orgânicos como estruturas fúngicas e resíduos de plantas, que possuem um tamanho reduzido e um grau de decomposição bem mais avançado que a FLL (GOLCHIN et al., 1994). Os mecanismos de proteção que atuam nesta fração são a proteção física e a recalcitrância molecular (ROSCOE; MACHADO, 2002).

A fração pesada (FP) é constituída por materiais orgânicos que estão em um alto estágio de decomposição, como os compostos aromáticos oriundos de plantas e os produtos de origem microbiana (CHRISTENSEN, 2001; GOLCHIN et al., 1994), os quais formam complexos ou associações com as partículas minerais do solo. A FP é a fração mais estável no solo, pois nela atuam os três mecanismos de proteção (ROSCOE; MACHADO, 2002).

Ao avaliarem o C e o N de um Argissolo sob floresta, pastagem e MN Pillon et al. (2011), observaram que a adição constante de resíduos vegetais e a minimização das operações de revolvimento do solo nos sistemas de produção de eucalipto comercial e de pastagem permitiu a manutenção da concentração de COT, NT e na FLL da MO.

Santos et al. (2011), avaliando a agregação e as frações físicas da MO de um Argissolo sob sistemas de uso no Bioma Pampa verificaram que o cultivo homogêneo de eucalipto promoveu os maiores teores das FLL e FLO, quando comparado ao sistema agrossilvipastoril e ao campo nativo.

2.8 Resistência tênsil de agregados e friabilidade do solo

A resistência tênsil de agregados (RT) pode ser utilizada como um indicador dos efeitos de manejo sobre a qualidade estrutural do solo. A RT é definida como a força por unidade de área necessária para causar o fraturamento dos agregados (DEXTER; WATTS, 2000).

De acordo com Dexter e Kroesbergen (1985), a RT é provavelmente a mais útil medida de resistência individual dos agregados, pois pode ser determinada por um teste simples, numa ampla variação de tamanhos de agregados, consistindo num indicador muito sensível da condição estrutural do solo. A magnitude da RT reflete a hierarquia dos agregados na estrutura do solo, de modo que o fraturamento dos agregados maiores ocorre nos planos de fraqueza, derivados das fissuras e microfissuras que formam zonas de menor resistência.

A RT pode ser determinada por meio de testes indiretos e diretos. Os testes diretos são assim denominados porque duas forças da mesma direção e sentido oposto são aplicadas, diretamente, em dois extremos de um agregado, o qual é separado pela ação dessas forças (Figura 1).

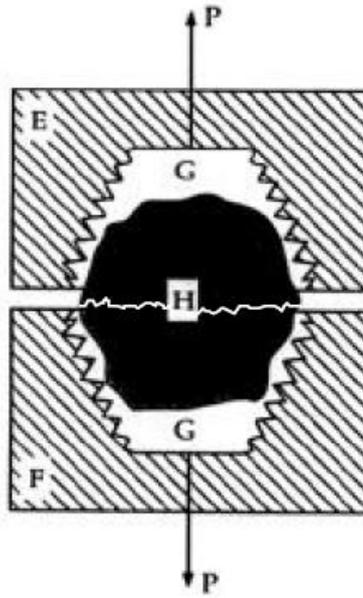


Figura 1. Agregado natural (H) fixado á metades (E e F) de um recipiente por meio de “plaster of Paris” (mistura de calcário, areia e água) (G). O agregado é submetido à tração (P), sendo separado em duas partes. Adaptada de Dexter e Watts (2000).

Nos testes indiretos, o estresse não é aplicado diretamente sobre os agregados. Nesse caso, uma força compressiva é aplicada a uma placa que transmite a força através do diâmetro do agregado, o que produz incremento do estresse dentro do mesmo. O valor mínimo de estresse têsnil ocorre no plano vertical através do centro da amostra (Figura 2). Quando o estresse têsnil supera a RT (força de mesma magnitude, porém de sentido oposto), uma fissura aparece no centro do agregado, sendo dividido em unidades menores e de maior resistência (DEXTER e WATTS, 2000).

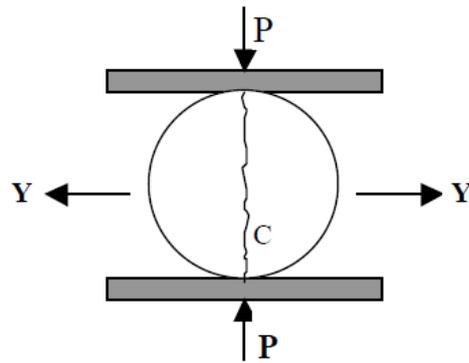


Figura 2. A fissura C é formada entre os dois pontos de aplicação da força (P) devido ao estresse tênsil (Y) que atua no centro da amostra. Adaptada de Dexter e Watts (2000).

A friabilidade do solo (F) é a tendência de uma massa se desfazer em menores tamanhos sob aplicação de um estresse ou carga. É resultante da heterogeneidade da RT, devido aos planos de fraqueza ou zonas de falhas entre os agregados e pode ser estimada por meio do coeficiente de variação da RT (WATTS; DEXTER, 1998). De acordo com Utomo e Dexter (1981), a F é sinônimo de qualidade da condição física do solo e também indicativa da condição estrutural.

Valores reduzidos de F indicam uma tendência do solo a quebrar-se em fragmentos de tamanho arbitrário (muito grandes e muito pequenos), quando submetidos às atividades de preparo, os quais são inadequados para a germinação e crescimento das plântulas. Um valor intermediário de F indica que agregados grandes mostram menor RT e, portanto, podem ser quebrados em fragmentos pequenos mais facilmente. Solos que apresentam valores de F elevados revelam tendência dos agregados desmanchar-se quando uma mínima força é aplicada (SILVA et al., 2010).

Pesquisas têm demonstrado que a RT e a F do solo são influenciadas por diversos fatores como umidade, teor de argila dispersa em água, concentração e composição da solução (RAHIMI et al., 2000), ciclos de umedecimento e secamento (KAY; DEXTER, 1992), teor e mineralogia da fração argila (LEY et al., 1993) e MO (KAY; ANGERS, 1999). A influência desses fatores sobre a RT e a F é dependente das condições climáticas, das práticas de manejo e de características do solo (WATTS; DEXTER, 1997).

Imhoff et al. (2002), avaliando os fatores que contribuem na RT e F de Latossolos, confirmaram a hipótese de que existe uma relação entre estes parâmetros e atributos intrínsecos do solo. Para estes autores, o teor de silte + argila, MO e sua interação, se

constituem nos fatores que mais influenciam a RT, sendo que os óxidos de ferro cristalinos e pouco cristalinos afetam a F, sendo as formas cristalinas as que exercem maior efeito.

Ao avaliarem a RT, a F e o C orgânico em um Latossolo sob integração lavoura-pecuária Guimarães et al. (2009), verificaram que o aumento do teor de C promoveu aumentos na RT principalmente na camada de 0,10 a 0,20 m. Apesar da diminuição da F nas camadas superficiais, o sistema integração lavoura-pecuária não é fator limitante aos cultivos anuais subseqüentes.

Bavoso et al. (2010), ao avaliarem a qualidade estrutural por meio da RT e F de um Latossolo verificaram que a RT foi influenciada pelos sistemas de produção e tipos de preparo, sendo o menor valor verificado no solo sob pastejo, enquanto o sistema plantio direto apresentou o maior valor. A F, neste estudo, não distinguiu os sistemas de produção e tipos de preparo de solo estudados.

3. AGREGAÇÃO E FRAÇÕES FÍSICAS DA MATÉRIA ORGÂNICA DE UM LATOSSOLO VERMELHO CULTIVADO COM CANA-DE-AÇÚCAR NO RIO GRANDE DO SUL

3.1 Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar a agregação, as frações físicas da matéria orgânica (MO) e o índice de manejo de carbono (IMC) de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar, em Salto do Jacuí, Rio Grande do Sul. Os tratamentos avaliados consistem em diferentes ciclos da cana-de-açúcar: cana planta (CP), cana soca de segundo corte (C2) e cana soca de quarto corte (C4). Como referência, utilizou-se uma área de mata nativa (MN) com características e propriedades de solo e relevo similares às demais. Amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0,00 a 0,05 m, de 0,05 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m para quantificar o percentual de agregados estáveis em água (AEA), o diâmetro médio ponderado (DMP), o carbono orgânico total (COT), o carbono da fração grosseira (CFG), o carbono associado aos minerais (CAM), o carbono da fração leve livre (FLL), o carbono da fração leve oclusa (FLO), o carbono da fração pesada (FP) e o IMC. O preparo do solo para a implantação da cana-de-açúcar, associado à queima prévia da palhada contribuiu para a redução da ciclagem de carbono jovem no solo, refletindo negativamente sobre os estoques das frações físicas da MO e sobre a distribuição e estabilidade de agregados. Todas as áreas cultivadas com cana-de-açúcar apresentam IMC inferior à 100, sendo os menores valores observados na C2, indicando impactos negativos sobre os estoques de MO e sobre a qualidade do solo. Não houve efeito dos sistemas de cultivo de cana-de-açúcar sobre a FP. Com exceção da MN, na camada superficial, as proporções das frações físicas densimétricas da MO em relação ao COT aumentaram na ordem $FLL < FLO < FP$.

Termos para indexação: diâmetro médio ponderado, carbono orgânico total, carbono da fração grosseira, carbono associado aos minerais, índice de manejo de carbono, labilidade da matéria orgânica.

AGGREGATION AND PHYSICAL FRACTIONS OF ORGANIC MATTER OF AN OXISOL CULTIVATED WITH SUGARCANE IN THE RIO GRANDE DO SUL STATE

3.2 Abstract

The aim of this study was to evaluate the aggregation, the physical fractions of soil organic matter (OM) and the carbon management index (CMI) of an Oxisol cultivated with sugarcane, in Salto do Jacuí, Rio Grande do Sul state. The treatments evaluated consist in different cycles of sugarcane: plant sugarcane (CP), second ratoon sugarcane (C2), fourth ratoon sugarcane (C4). As system reference we adopted a native forest (NF) with characteristics of soil and topography similar and close to the other areas assessed. Soil samples were collected in layers from 0.00 to 0.05, from 0.05 to 0.10 and from 0.10 to 0.20 m depth to quantify the percentage of water stable aggregates, mean weight diameter (MWD), total organic carbon (TOC), coarse fraction carbon (CFC), carbon associated with minerals (CAM), carbon of the free light fraction (FLF), carbon of the occluded light fraction (OLF), carbon of the heavy fraction (HF) and CMI. The soil preparation for the deployment of sugarcane, associated with pre-harvest burning contributed to the reduction of young carbon cycling in the soil, reflecting negatively on the stocks of physical fractions of OM and on distribution and aggregate stability. All areas cultivated with sugarcane present CMI lower than 100, with the lowest values observed in C2, indicating negative impacts on stocks of OM and on soil quality. There was no effect of cropping systems of sugarcane on the FP. With the exception of NF in the surface layer, the proportions of physical density fractions of OM in relation to TOC increased in order $FLF < OLF < HF$.

Index terms: mean weight diameter, total organic carbon, coarse fraction carbon, carbon associated with minerals, lability index, carbon management index.

3.3 Introdução

Com o aumento na demanda por energias renováveis em substituição às aquelas de origem fóssil, a cultura canavieira têm assumido importância na matriz energética nacional e internacional (ASSUNÇÃO et al., 2010). Entretanto, têm-se observado impactos negativos sobre a qualidade do solo decorrentes do manejo para implantação e desenvolvimento desta cultura (SEVERIANO et al., 2009).

O intenso preparo do solo no plantio da cana-de-açúcar modifica as propriedades físicas do solo, refletindo em alterações estruturais, principalmente na camada superficial (CENTURION et al., 2007). Efeitos mais frequentes têm sido observados sobre a redução no valor do DMP em relação às áreas com vegetação nativa (CENTURION et al., 2007;

FONTANA et al., 2010). Souza et al. (2011) verificaram também uma redução considerável nos estoques de MO ao longo dos ciclos de cultivo de cana-de-açúcar.

De acordo com Góes et al. (2005), o intenso revolvimento do solo para a implantação da cultura aumenta o contato do ar com a MO, acelerando a oxidação e decomposição, reletindo em decréscimo do seu teor ao longo dos ciclos de cultivo, com conseqüente redução do DMP.

O carbono (C) e o nitrogênio (N) são os principais componentes da MO e os seus teores e estoques irão variar em função das taxas de adição, por resíduos vegetais e, ou, animais, e de perda, dentre elas, as decorrentes da erosão e da oxidação pelos microrganismos do solo. Em sistemas agrícolas, os estoques são também influenciados pelo manejo adotado. Em solos com intenso revolvimento, além das perdas por erosão, ocorre aumento da atividade microbiana pela maior exposição dos resíduos aos microrganismos e suas enzimas (SOUZA et al., 2009).

Técnicas de fracionamento físico da MO têm auxiliado na identificação do acúmulo de C em compartimentos do solo (SALTON et al., 2011; SANTOS et al., 2012). Além disso, as alterações provocadas na MO pelo uso do solo também podem ser quantificadas por meio destes fracionamentos. Em curto prazo, alterações na proporção das frações lábeis da MO, como o CFG, FLL e FLO, podem fornecer informações importantes sobre a sustentabilidade ambiental e sobre sistemas de uso e manejo do solo (SANTOS et al., 2011).

A partir dos dados do fracionamento físico granulométrico é possível obter-se o IMC, o qual é uma ferramenta útil para subsidiar o desenvolvimento de tecnologias para sistemas de manejo de solos e culturas, ao integrar, em uma mesma medida, as variações ocorridas nas diferentes frações da MO do solo (NICOLOSO et al., 2008). Valores de IMC inferiores a 100 indicam práticas prejudiciais à manutenção da MO e da qualidade do solo (BLAIR et al., 1995).

Considerando a escassez de trabalhos sobre a qualidade de solos cultivados com cana-de-açúcar, principalmente no Rio Grande do Sul e com a finalidade de propor sistemas de uso mais adequados a estes sistemas de produção, este estudo tem por objetivo avaliar a agregação, as frações físicas da MO e o IMC de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul.

3.4 Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido na Destilaria Grandespe, localizada no município de Salto do Jacuí, RS. As áreas experimentais são constituídas por um Latossolo Vermelho distrófico típico (SANTOS et al., 2006), de textura superficial argilosa (Tabela 1). Os tratamentos avaliados consistem em diferentes ciclos da cana-de-açúcar: cana planta (CP), cana soca de segundo corte (C2) e cana soca de quarto corte (C4). Como sistema de referência, utilizou-se uma área de mata nativa (MN) com características e propriedades de solo e relevo similares e adjacentes às demais áreas amostradas.

Tabela 1. Teores de areia, silte e argila (g Kg^{-1}) nas camadas de 0,00 a 0,05 m, de 0,05 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS.

Tratamentos ¹	Areia	Silte	Argila
		0,00 a 0,05 m	
CP	318,3	228,4	453,3
C2	239,0	254,6	506,4
C4	356,6	179,0	464,4
MN	285,8	235,9	478,3
		0,05 a 0,10 m	
CP	310,7	228,9	460,4
C2	234,6	272,2	494,8
C4	310,6	211,4	472,6
MN	265,6	267,8	466,5
		0,10 a 0,20 m	
CP	321,9	188,8	490,1
C2	221,6	266,0	512,4
C4	318,0	208,3	473,7
MN	258,9	269,6	471,6

¹CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa.

O tratamento CP corresponde à área de cana-de-açúcar recém plantada, àquela que ainda não foi submetida a nenhum corte e que encontra-se no primeiro ano de cultivo. Após a primeira colheita, a cana sofre uma rebrota que é chamada de soca. Dessa forma, os tratamentos C2 e C4 correspondem, respectivamente, às áreas que já foram colhidas 2 e 4 vezes, correspondendo desta forma ao terceiro e quinto ano de cultivo sob o mesmo manejo.

As áreas experimentais localizam-se nas coordenadas geográficas: 28°59'S e 53°14'O, com altitudes entre 349 e 369 m. O clima da região, de acordo com a classificação climática de Wilhelm Köppen, é subtropical úmido do tipo Cfa (C: clima temperado quente, com

temperatura média do mês mais frio entre 3 e 18°C; f: em nenhum mês a precipitação é inferior a 60 mm; a: temperatura do mês mais quente é superior a 22°C).

As áreas experimentais da Destilaria Grandespe foram adquiridas em 1986 e desde 1988 são cultivadas com cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum spp.*). No plantio da cana planta, o sistema de preparo utilizado foi o convencional, que consistiu em subsolagem a 0,50 m de profundidade, duas gradagens pesadas e abertura de sulcos de 0,25 m de profundidade. A adubação utilizada foi de 500 Kg de NPK (5-25-25), sendo que 350 Kg foram aplicados na linha de plantio a uma profundidade de 0,30 m com um cultivador e 150 Kg realizada à lanço. As variedades plantadas nas áreas analisadas foram SP 801842 e a RB 835089.

Nas áreas C2 e C4 que estão, respectivamente no terceiro e quinto ano de cultivo foi realizada uma adubação de manutenção com 100 kg uréia. As colheitas foram realizadas manualmente com auxílio de facão mediante queima prévia da palhada. O espaçamento entre linhas nas áreas experimentais foi de 1,40 m e o delineamento experimental utilizado neste estudo foi o inteiramente casualizado.

Em 1986, quando as áreas experimentais foram adquiridas, estas encontravam-se sob campo nativo. Desde então vêm sendo cultivados alternadamente nas áreas onde encontram-se nosso experimento soja, milho e cana-de-açúcar. Anteriormente ao cultivo da cana-de-açúcar na área que abrange o tratamento CP cultivou-se soja no período de 2007 à 2009 e milho de 2009 a 2010. Nas áreas C2 e C4 a cultura que antecedeu a cana foi a soja.

Em cada área foram escolhidos aleatoriamente 5 pontos na linha de plantio e coletou-se amostras deformadas e indeformadas nas camadas de 0,00 a 0,05 m, de 0,05 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m. As amostras indeformadas foram obtidas com anéis volumétricos de 0,030 m por 0,048 m para a determinação da densidade do solo (Ds), conforme Embrapa (1997). As amostras deformadas foram coletadas com pá de corte, acondicionadas em sacos plásticos, posteriormente espalhadas em bandejas e secas à sombra até atingirem a umidade correspondente ao ponto de friabilidade, sendo destorroadas manualmente de forma suave para não provocar compactação ou ruptura dos agregados.

Uma parte das amostras foi passada em peneira de malha com diâmetro de 9,52 mm para a determinação do percentual de AEA, do DMP e do fracionamento físico densimétrico da MO do solo. O percentual de AEA e o DMP foram quantificados com base no peneiramento úmido, conforme a metodologia citada por Palmeira et al. (1999), seguindo o princípio da metodologia descrita por Kemper e Rosenau (1986), que utiliza o aparelho de oscilação vertical de Yoder (1936).

O fracionamento físico densimétrico da MO foi determinado segundo Conceição et al. (2008) e Tomazi et al. (2011), utilizando-se uma solução de politungstato de sódio de $2,0 \text{ Mg m}^{-3}$ (Anexo B). A energia de dispersão por ultra-som foi de 408 J mL^{-1} para as amostras das camadas de 0,00 a 0,05 m e de 0,05 a 0,10 m e de 299 J mL^{-1} para a camada de 0,10 a 0,20 m, as quais foram determinadas previamente de forma a garantir a dispersão total da massa (agregados) do solo em partículas primárias. Determinou-se o COT na malha de 9,52 mm. O carbono da fração pesada (FP) foi obtido por diferença entre o COT e o C da FLL, adicionado do C da FLO.

Outra parte das amostras foi passada em peneira de malha de 2,00 mm para a determinação do COT e realização do fracionamento físico granulométrico da MO, conforme Cambardella e Elliott (1992). O material retido na peneira com diâmetro de malha $\geq 53 \mu\text{m}$ correspondeu ao CFG, enquanto que o CAM ($<53 \mu\text{m}$) foi obtido pela diferença entre o COT e o CFG (Anexo A).

Os teores de COT presentes na massa de solo, o CFG, a FLL e a FLO foram quantificados por oxidação a seco em um analisador elementar, sendo os resultados expressos em estoque (Mg ha^{-1}) considerando a D_s de cada camada. Os estoques de COT foram obtidos por meio dos teores de COT (g Kg^{-1}) x D_s (g cm^{-3}) x espessura da camada (cm).

A partir dos resultados dos estoques de C oriundos do fracionamento físico granulométrico, calculou-se o IMC conforme Blair et al. (1995), e adaptações de Diekow (2005), que considera o CFG representante da fração lábil do COT e o CAM como representante da fração não lábil. Este índice refere-se à medida relativa das alterações provocadas pelo manejo do solo, em comparação a um solo original ou ideal.

Como condição original, neste estudo, o solo da MN foi utilizado como referência (IMC=100), sendo o cálculo do IMC efetuado a partir do índice de estoque de carbono (IEC), obtido por meio da relação entre o COT de cada área e da MN (referência). A labilidade (L) da MOS foi determinada pela relação entre o CFG e o CAM. O Índice de labilidade (IL) foi calculado pela relação entre a labilidade de cada área e a área de referência. O IMC de cada área foi obtido pelo IEC multiplicado pelo IL e por 100.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e, quando diferenças significativas foram observadas, as médias foram comparadas pelo teste Tukey à 5% de probabilidade pelo software estatístico Winstat.

3.5 Resultados e Discussão

Para a MN, na camada de 0,00 a 0,05 m e de 0,05 a 0,10 m, o maior percentual de AEA foi observado na classe de 9,52 a 4,76 mm (Tabela 2), o que pode ser justificado pela ausência de atividade antrópica nesta área, favorecendo a formação de agregados estáveis de maior diâmetro. Além disso, a maior estabilidade dos agregados deve-se ao contínuo fornecimento e ciclagem do material orgânico, cuja decomposição pelos microorganismos serve como fonte de C, nutrientes e energia e ainda atua como agente de estabilização dos agregados (CENTURION et al., 2007).

Tabela 2. Percentual de agregados estáveis em água (% AEA) nas camadas de 0,00 a 0,05 m, de 0,05 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS.

Tratamentos ¹	Classes de diâmetro (mm)					
	9,52 - 4,76	4,76 - 2,00	2,00 - 1,00	1,00 - 0,50	0,50 - 0,25	< 0,25
0,00 – 0,05 m						
CP	13,13 bC	14,59 aBC	17,13 aBC	19,43 aAB	12,61 aC	23,11 bcA
C2	15,75 bB	14,11 aBC	16,21 aB	17,99 aB	9,80 aC	26,14 bA
C4	7,28 cC	8,13 bC	10,75 bC	17,00 aB	11,40 aC	45,44 aA
MN	32,94 aA	18,13 aBC	13,45 bCD	11,16 bD	4,74 bD	19,58 cB
0,05 – 0,10 m						
CP	19,31 bA	16,45 aA	17,69 aA	18,25 aA	9,40 aB	18,90 bA
C2	20,73 bA	17,62 aA	16,66 aA	15,48 abA	8,62 aB	20,89 bA
C4	14,44 bBC	12,51 aC	14,66 aBC	21,23 aAB	9,15 aC	28,01 aA
MN	38,20 aA	17,43 aB	11,57 aBC	11,71 bBC	5,76 aC	15,33 bB
0,10 – 0,20 m						
CP	33,44 aA	19,29aB	13,75 bBC	12,62 bcC	6,03 aD	14,87 bBC
C2	21,99 bA	17,45 aA	17,67 aA	17,11abA	8,17 aB	17,61 bA
C4	14,51 cBC	15,17 aBC	15,09 bBC	19,09 aB	9,50 aC	26,64 aA
MN	37,45 aA	17,16 aB	11,40 bBC	10,58 cC	5,69 aC	17,72 bB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna em cada camada e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

¹CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa.

Para a MN e CP, na camada de 0,10 a 0,20 m foram verificados os maiores percentuais de agregados na classe de 9,52 a 4,76 mm. Nas três camadas avaliadas, os maiores percentuais de agregados na classe de tamanho inferior a 0,25 mm foram observados na área C4 (Tabela 2). De acordo com Rozane et al. (2010), o maior percentual de agregados nas classes de menor diâmetro pode ser justificado pela predominância de práticas de manejo utilizadas durante o cultivo que podem causar a desestruturação do solo e oxidação da MO, contribuindo para o fracionamento da massa de solo presente em agregados de maior diâmetro. Da mesma forma, Vezzani e Mielniczuk (2011), evidenciaram que o intenso manejo é determinante para que os macroagregados desagregem-se em unidades menores, contribuindo para o aumento do percentual de microagregados.

Similar a este estudo, Silva et al. (2006) e Centurion et al. (2007) também verificaram que os sistemas de uso do solo com cana-de-açúcar reduziram a estabilidade de agregados em relação à MN.

Segundo Corrêa (2002), o decréscimo do percentual de agregados estáveis ao longo dos ciclos da cana-de-açúcar está relacionado ao efeito destrutivo da estrutura do solo pelas operações anuais do cultivo que é realizado na camada 0,00-0,10 m após a adubação de cobertura. Outro fator que também contribui com a redução da agregação está relacionado com a destruição da estrutura devido ao tráfego de máquinas durante a colheita para a retirada do material das áreas cultivadas.

Nas camadas de 0,00 a 0,05 m e de 0,05 a 0,10 m, os maiores valores de DMP foram encontrados na MN (Tabela 3). De acordo com Salton et al. (2008) e Centurion et al. (2007), o maior DMP na MN se deve, principalmente, à permanência de resíduos orgânicos na superfície, os quais se decompõem pela ação de microrganismos resultando na formação de compostos atuantes na cimentação e na estabilização dos agregados do solo. Além disso, na MN, o crescimento das raízes das espécies arbóreas contribui para a formação, manutenção e estabilização de agregados de maior tamanho.

Verificou-se que na camada de 0,00 a 0,05 m, com relação às áreas cultivadas com cana-de-açúcar, o CP e C2 não diferiram entre si, apresentando maiores valores de DMP quando comparados à área C4. Segundo Góes et al. (2005) e Centurion et al. (2007) esse resultado pode ser atribuído ao maior efeito desagregador do cultivador no C4.

Na camada de 0,10 a 0,20 m, a área CP e a MN apresentaram maior DMP que as demais. O maior valor de DMP no solo sob CP nesta camada pode estar relacionado à maior proximidade dessa área com a operação de revolvimento do solo, realizada por ocasião do preparo para o plantio da cana-de-açúcar, quando comparada aos demais ciclos avaliados, que

não tiveram o solo preparado após a colheita de cana, favorecendo a quebra dos agregados de maior tamanho (SOUZA et al. 2011).

Os menores valores de DMP nas áreas cultivadas com cana-de-açúcar estão relacionados possivelmente, ao tipo de manejo empregado, que consiste no preparo tradicional do solo (aração, gradagem e subsolagem) e colheita mediante a queima prévia da palhada (FONTANA et al., 2010). Segundo Góes et al. (2005), o intenso revolvimento do solo para a implantação da cultura aumenta o contato do ar com a MO, acelerando a oxidação e decomposição, refletindo em decréscimo do seu teor ao longo dos ciclos de cultivo, com consequente redução do DMP.

Tabela 3. Diâmetro médio ponderado de agregados estáveis (DMP) nas camadas de 0,00 a 0,05 m, de 0,05 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS.

Tratamentos ¹	Camadas (m)		
	0,00 a 0,05	0,05 a 0,10	0,10 a 0,20
CP	1,91 b	2,39 b	3,38 a
C2	2,04 b	2,50 b	2,60 b
C4	1,18 c	1,90 b	1,98 b
MN	3,29 a	3,62 a	3,55 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna em cada camada de solo não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5%.

¹CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa.

Estudando o efeito do cultivo da cana-de-açúcar na estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho de Jaboticabal (SP), Góes et al. (2005) observaram que os maiores valores de DMP foram encontrados na MN e, os menores, em área cultivada com cana-de-açúcar há sete anos. Souza et al. (2011), avaliando o C orgânico e a agregação de um Latossolo Vermelho de Guariba (SP), com colheita mecanizada de cana-de-açúcar, verificaram que os maiores valores de DMP são encontrados no manejo envolvendo cana-planta, os quais reduzem com o tempo de cultivo.

Os macroagregados são, conceitualmente, os mais afetados por mudanças nos sistemas de manejo do solo (TISDALL; OADES, 1982). Um maior percentual de macroagregados do solo é importante na diminuição da velocidade da decomposição da MO, aumentando o tempo de permanência do material particulado como núcleo de agregação e possibilitando a

formação de microagregados enriquecidos em MO (SIX et al., 2000). A função da MO do solo com núcleo de agregação é evidenciada na MN que apresentou, em todas as camadas, mais de 80% de toda a sua massa de solo mantida como estruturas maiores que 250 μm (Tabela 4), resultado da adição contínua de CFG ao solo com atuação efetiva dos agentes ligantes transitórios e temporários.

Tabela 4. Percentual de macroagregados e de microagregados nas camadas de 0,00 a 0,05 m, de 0,05 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS.

Tratamentos ¹	Macroagregados %	Microagregados %
0,00 a 0,05 m		
CP	76,89	23,11
C2	73,86	26,14
C4	54,56	45,44
MN	80,42	19,58
0,05 a 0,10 m		
CP	81,10	18,90
C2	79,11	20,89
C4	71,99	28,01
MN	84,67	15,33
0,10 a 0,20 m		
CP	85,13	14,87
C2	82,39	17,61
C4	73,36	26,64
MN	82,28	17,72

¹CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa.

Conceição (2006), em um Latossolo Vermelho de Santo Angelo (RS) sob diferentes sistemas de manejo (PD, PC e CN) observou uma elevada macroagregação para todos os sistemas, em especial na MN, que apresentou cerca de 90% de toda a sua massa do solo nos macroagregados.

Estudando a estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho, Argissolo Vermelho e Neossolo Quartzarênico, com queima e sem queima de canaviais Luca et al. (2008),

registraram aumentos na porcentagem de macroagregados em todos os solos cultivados com cana-de-açúcar sem queima.

Em todas as camadas avaliadas, os maiores teores de COT foram observados na MN (Tabela 5). Estes resultados podem ser atribuídos à ausência de interferência antrópica nesse sistema e entrada constante de C jovem via espécies arbóreas, determinando um maior aporte de resíduos culturais, contribuindo com o aumento dos teores de COT.

Os teores de NT apresentaram o mesmo comportamento estatístico do COT para todos os tratamentos e camadas (Tabela 5). Isso se deve ao fato de o N e o C serem componentes da MO, estando, dessa forma, estreitamente associados (DIAS et al., 2007).

Os menores teores de COT e de NT nas áreas cultivadas com cana-de-açúcar são decorrentes devido à queima prévia da palhada, realizada antes da colheita, que praticamente elimina a palhada da superfície do solo (TAVARES; LIMA; ZONTA, 2010).

Nas camadas de 0,00 a 0,05 m e de 0,05 a 0,10 m, não foram verificadas diferenças significativas entre as áreas cultivadas com cana-de-açúcar. Entretanto, na camada de 0,10 a 0,20 m, os maiores valores de COT foram observados na área com CP. Esses resultados podem estar relacionados à maior proximidade dessa área com a operação de revolvimento do solo, realizada por ocasião do preparo para o plantio da cana-de-açúcar, quando comparada aos demais ciclos avaliados, que não tiveram o solo preparado após a colheita de cana.

Em todos os sistemas avaliados observa-se que os teores de COT e de NT foram maiores na superfície e decresceram em profundidade (Tabela 5). Para a MN esta redução nos teores de COT e NT em profundidade era esperada, pois sistemas de manejo onde o solo não é revolvido há acúmulo de MO do solo nas camadas superficiais (NEVES et al., 2004), pelo predomínio de raízes e da intensa adição de resíduos culturais na superfície do solo (ZSCHORNACK, 2007).

Para os diferentes ciclos de cana-de-açúcar, essa redução em profundidade advém da oxidação da MO, pois o intenso revolvimento, na implantação da cultura associado à queima prévia da palhada para a colheita, aumenta a superfície de contato do solo com o ar, que faz com que haja exposição da MO aos microrganismos decompositores, o que favorece a sua oxidação e decomposição, contribuindo significativamente para o decréscimo do seu teor ao longo dos ciclos de cultivo (GÓES et al., 2005). Este fato justifica o observado, pois o revolvimento teria propiciado a transformação inicial de material orgânico mais grosseiro, mas que ainda permaneceu no solo como MO (frações lábeis), conseqüentemente, C orgânico.

Tabela 5. Teores de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) nas camadas de 0,00 a 0,05 m, de 0,05 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacui, RS.

Tratamentos	COT	NT
	-----g Kg ⁻¹ -----	
	0,00 a 0,05 m	
CP	18,15 b	1,13 b
C2	17,20 b	1,13 b
C4	16,30 b	1,10 b
MN	35,72 a	1,54 a
	0,05 a 0,10 m	
CP	17,33b	1,10 b
C2	15,70b	1,06 b
C4	15,18b	1,08 b
MN	26,50a	1,46 a
	0,10 a 0,20 m	
CP	17,27b	1,11 b
C2	14,13c	1,01 b
C4	14,50c	1,06 b
MN	18,49a	1,37a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

¹CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa.

Nas três camadas avaliadas, os teores de COT decresceram em profundidade em todos os ciclos da cana-de-açúcar (Tabela 5). Na camada superficial (0,00 a 0,05 m) e na camada de 0,05 a 0,10 m, as perdas de COT em relação à MN foram de 54,37% e 42,72% para o sistema C4. Por outro lado, as menores reduções dentre todos os sistemas, e em todas as camadas foram observadas na CP com 49,19%, 34,60% e 6,59%, respectivamente. Percebe-se desta forma, que o cultivo contínuo de cana-de-açúcar associado à queima prévia da palhada reduz os teores de COT ao longo dos ciclos de cultivo.

Avaliando os teores de COT em um Latossolo Vermelho com diferentes ciclos de cultivo de cana-de-açúcar (2, 6 e 8 anos de implantação) com queima e sem queima de canavial Galdos et al. (2009), observaram que na camada de 0,00 a 0,10 m, os teores de COT nas áreas cultivadas com cana-de-açúcar com queima foram 36% menores em relação à MN. Além disso, observaram 30% a mais de COT na área cultivada há 8 anos sem queima quando comparada há uma de 8 anos com queima.

Estudando três áreas cultivadas com cana-de-açúcar (sem irrigação, com irrigação e sob fertirrigação com vinhaça), tendo como sistema de referência uma MN Oliveira et al. (2010), verificaram que os teores de COT foram baixos independente do manejo e que a menor redução de COT (18,94%) foi registrada no solos fertirrigado com vinhaça, possivelmente pela adição da MO ao solos sob a aplicação do insumo orgânico.

Nas camadas de 0,00 a 0,05 e de 0,05 a 0,10 m, os maiores estoques de COT foram verificados na MN (Tabela 6). Os maiores teores de COT na MN em comparação às áreas cultivadas com cana-de-açúcar podem ser explicados pela não utilização agrícola, havendo um maior equilíbrio entre as taxas médias de adição de C no solo e as taxas de decomposição dos resíduos culturais ao longo do tempo (AMADO et al., 2006).

Analisando o efeito dos atributos físicos e da MO em um Argissolo cultivado com cana-de-açúcar sob diferentes tempos de uso Pacheco e Cantalice (2011), verificaram que a MN apresentou os maiores teores de COT quando comparado às áreas com cana-de-açúcar. Segundo estes autores, o sistema de colheita da cana queimada combinado com tratamentos culturais que movimentam o solo excessivamente contribuiu para a redução dos teores de COT nas áreas cultivadas.

Na camada de 0,10 a 0,20 m, os menores estoques de COT foram verificados na área C2 (Tabela 6), fato que pode estar associado possivelmente a algum processo erosivo nesta área.

Observa-se que os estoques de COT foram maiores na camada de 0,00 a 0,05 m, em comparação à camada de 0,05 a 0,10 m, com exceção do sistema C4, que apresentou maiores estoques de COT em profundidade. Os maiores valores de COT nesta camada para esta área são decorrentes dos maiores valores de Ds em comparação às demais (Apêndice 36). Provavelmente, a menor Ds na camada superficial é decorrente da utilização anual do cultivador, cujos efeitos são predominantes na superfície do solo.

Tabela 6. Estoques de carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT), relação carbono/nitrogênio (C/N), carbono da fração grosseira (CFG) e carbono associado aos minerais (CAM) nas camadas de 0,00 a 0,05 m, de 0,05 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m. de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS.

Tratamentos ¹	COT	NT	C/N	CFG	CAM
-----Mg ha ⁻¹ -----					
0,00 -0,05 m					
CP	11,43 b	0,71a	16,10	2,10 b	9,33 b
C2	11, 27 b	0,74a	15,23	1,77 b	9,50 b
C4	11,00 b	0,74a	14,86	2,05 b	8,95 b
MN	17,86 a	0,77a	23,19	6,10 a	11,76a
0,05-0,10 m					
CP	11,09b	0,70b	15,84	1,78b	9,31b
C2	11,22b	0,76ab	14,76	1,21c	10,01ab
C4	11,64b	0,79a	14,73	1,90b	9,74ab
MN	14,31a	0,83a	17,24	3,42a	10,89a
0,10-0,20 m					
CP	23,32a	1,51b	15,44	3,44b	19,88a
C2	20,78b	1,48b	14,04	1,86c	18,91a
C4	23,34a	1,71a	13,65	3,32b	20,02a
MN	22,93a	1,69a	13,57	3,94a	18,99a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

¹CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa.

A relação C/N pode ser utilizada para inferir o grau de estabilização da MO do solo, no que se refere ao ataque microbiano (FERNANDES, 2000). A diminuição da relação C/N é condicionada pelo consumo da palhada pelos microrganismos do solo, que o liberam na forma de CO₂. Esse processo é indicativo da humificação da MOS, e nesse caso há indicação de que a decomposição e humificação se processam mais rapidamente no solo arenoso.

Neste estudo, os maiores valores de relação C/N são observados na área de MN (Tabela 6). Valores maiores de relação C/N favorecem o acúmulo de resíduos vegetais em superfície,

geralmente pela baixa oferta de N no sistema, fato que reduz a taxa de mineralização dos resíduos e, conseqüentemente, a ciclagem de nutrientes (HOPPE et al., 2006).

Os menores valores da relação C/N foram observados nas áreas cultivadas com cana-de-açúcar e estes foram reduzindo ao longo dos ciclos da cultura (Tabela 6). Neste caso, estes resultados são justificados pela queima prévia da palhada na colheita que favorecem a oxidação de compostos orgânicos pelos microorganismos e os subprodutos da decomposição microbiana contribuem para a redução da relação C/N.

Avaliando o efeito da colheita da cana-de-açúcar com queima e sem queima sobre as propriedades químicas e microbiológicas do solo, Souza et al. (2012) observaram que os maiores valores de relação C/N foram observados nas áreas com queima, fato que pode estar associado à perda acelerada de N pela queima da palhada.

Em todas as camadas avaliadas, os maiores valores de CFG foram observados na MN (Tabela 6). Nas áreas cultivadas com cana-de-açúcar não foram verificadas diferenças significativas na camada de 0,00 a 0,05 m. Entretanto, nas camadas de 0,05 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m, os menores valores de CFG são observados na área C2.

O CFG é composto principalmente por restos vegetais em vários estágios de decomposição, os quais contribuem para a manutenção do fluxo de C, nutrientes e energia entre os compartimentos do solo, preservando a atividade biológica. A redução do fluxo de MO lábil em quantidade suficiente para atender a demanda microbiana contribuirá para a oxidação frações mais estáveis da MO, com reflexos negativos sobre os teores de C e sobre a qualidade do solo (CAUSARANO et al., 2008).

Os maiores valores de CFG encontrados na MN, nas camadas superficiais, estão relacionados com uma maior adição e decomposição de resíduos vegetais na superfície do solo, atividade microbiana reduzida, à queda de temperatura do solo e aumento da aeração (MÜLLER et al., 2012).

Composto por hifas de fungos, raízes e resíduos animais e vegetais, o CFG corresponde à fração lábil da MO e é muito sensível às mudanças decorrentes das práticas de manejo. As alterações nos teores do CFG em razão do cultivo podem causar modificações na estabilidade dos macroagregados (> 250 µm), e refletir na resistência do solo às pressões externas (SILVA et al., 2006).

Segundo Rossi et al. (2012), em sistemas onde ocorre o maior aporte de biomassa, o acúmulo de C ocorre preferencialmente, na fração grosseira, a qual é mais sensível do que o COT às alterações no manejo em curto prazo. Silva et al. (2006), avaliando a MO e propriedades físicas de um Argissolo Amarelo sob sistemas de manejo com cana-de-açúcar

em Pradópolis (SP), constataram que o cultivo de cana-de-açúcar reduziu o teor de COT e CFG em relação à MN.

Galdos et al. (2009), obtiveram maiores estoques de CFG na área sob MN em todas as camadas. Com relação às áreas cultivadas com cana-de-açúcar as áreas sem queima apresentaram maiores valores de CFG em comparação àquelas com queima. Dentre as áreas cultivadas com queima, a área com 8 anos de plantio foi a que apresentou os menores valores.

Estudando as frações físicas da MO em um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar em Alagoas Silva et al. (2007), observaram que mesmo após 25 anos de cultivo, os valores de CFG ainda eram menores em relação à mata nativa.

Para os estoques de CAM, na camada de 0,00 a 0,05 m, os maiores valores foram observados na MN (Tabela 6). Na camada de 0,05 a 0,10 m, a MN foi superior à CP, não diferindo estatisticamente da C2 e C4. Na camada de 0,10 a 0,20 m não foram encontradas diferenças entre os tratamentos avaliados. Normalmente, o CAM mostra-se menos sensível em relação às alterações de manejo, principalmente em curto tempo de manejo de carbono.

O CFG, em geral, apresenta-se em menor proporção em relação ao CAM, contribuindo com cerca de 3-20% do COT do solo inteiro. No entanto, pode haver um aumento nos estoques desta fração em sistemas com menor revolvimento do solo e condições climáticas menos favoráveis à decomposição (SILVA; MENDONÇA, 2007). Este fato pode ser verificado na camada superficial (0,00 a 0,05 m) da MN, onde o CFG representou 34% do COT (Figura 3).

A proporção de CFG em relação ao COT (Figura 3) diminuiu em profundidade em todos os ciclos da cultura, o que pode estar associado à queima prévia da palhada, realizada antes da colheita, que praticamente elimina os resíduos culturais da superfície do solo (TAVARES; LIMA; ZONTA, 2010), favorecendo o decréscimo dessa fração em profundidade e ao longo dos ciclos de cana-de-açúcar.

Neste estudo, as áreas cultivadas com cana-de-açúcar apresentaram proporções de CFG de 9 a 19% em relação ao COT (Figura 3). Galdos et al. (2009) observaram em média, uma proporção de 23,8% de CFG em relação ao COT. Diferenças observadas nesta proporção entre estudos pode estar associada ao tipo de solo, às condições climáticas e à qualidade e magnitude do aporte de resíduos culturais, bem como a intensidade do revolvimento do solo

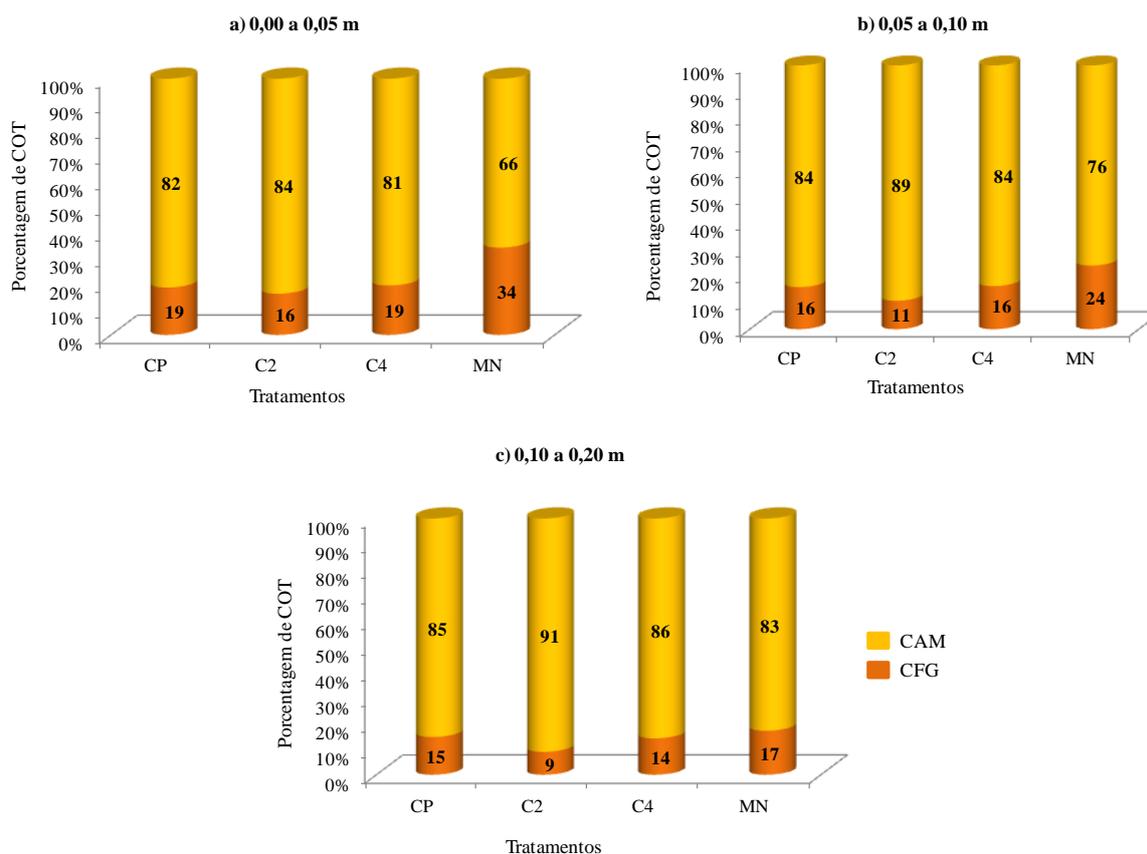


Figura 3. Proporção de carbono na fração grosseira (CFG) e carbono associado aos minerais (CAM) em relação ao carbono orgânico total (COT) de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa nas camadas de: a) 0,00 a 0,05 m, b) de 0,05 a 0,10 m e c) 0,10 a 0,20 m.

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa.

O solo analisado apresenta cerca de 50% de argila, índice que indica considerável associação com a MO. Solos com maior conteúdo de argila têm maior poder de conservação e estabilização da MO (CARMO et al., 2012). Além disso, esse solo apresenta elevados teores de óxidos e hidróxidos de Fe e Al, fato que contribuiu para aumentar a estabilidade da MO em razão da alta capacidade de proteção na forma de complexos organo-minerais. A maior parte do COT está ligada aos minerais com valores que correspondem entre 66 e 91% (Figura 3). Esse fato pode estar associado ao avançado estágio de humificação da MO nesta fração, que se torna altamente estável (BAYER, 1996).

Com relação ao fracionamento densimétrico da MO, observa-se que na camada de 0,00 a 0,05 m e de 0,05 a 0,10 m, os maiores estoques de COT foram observados na MN (Tabela 7). Esse fato pode ser explicado pelo maior aporte de resíduos vegetais e à ausência

de interferência antrópica nesse sistema. Na camada de 0,10 a 0,20 m para a variável COT, a MN foi superior à área C2 e à CP, não diferindo estatisticamente da C4.

Em todas as camadas avaliadas, os maiores valores da FLL e FLO foram observados na MN (Tabela 7), o que pode ser justificado pelo maior aporte de resíduos vegetais depositados na superfície, comparativamente às demais e à ausência de revolvimento do solo nesse sistema.

Tabela 7. Estoques de carbono orgânico total (COT), carbono da fração leve livre (FLL), carbono da fração leve oclusa (FLO) e carbono da fração pesada (FP) nas camadas de 0,00 a 0,05 m, de 0,05 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS.

Tratamentos ¹	COT	FLL	FLO	FP
-----Mg ha-----				
0,00 a 0,05 m				
CP	11,89b	0,76b	1,52b	9,61a
C2	11,09b	0,64b	1,57b	8,88a
C4	11,58b	0,68b	1,83b	9,07a
MN	16,42a	2,88a	2,80a	10,73a
0,05 a 0,10 m				
CP	11,08b	0,37c	1,43d	9,28a
C2	11,38b	0,28c	1,68c	9,42a
C4	11,90b	0,78b	1,96b	9,16a
MN	14,19a	1,39a	2,33a	10,47a
0,10 a 0,20 m				
CP	24,09b	0,85b	3,32b	19,92a
C2	24,67b	0,39c	2,43c	21,85a
C4	25,54ab	0,94b	3,52b	21,08a
MN	27,33a	1,54a	4,68a	21,11a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

¹CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa.

Na camada de 0,05 a 0,10 m observa-se que, entre as áreas cultivadas com cana-de-açúcar, os menores valores de FLL foram encontrados na CP e C2 e da FLO na CP. Na camada de 0,10 a 0,20 m, os menores valores de FLL e FLO são observados na área C2 (Tabela 7), que assim como observado no fracionamento granulométrico, os menores estoques destas frações nesta área possivelmente estão relacionados à algum processo erosivo.

Segundo Six et al. (2002), a FLL é composta basicamente por resíduos parcialmente decompostos e é fortemente influenciada pela quantidade e qualidade de resíduo depositado no solo. Considerando que a FLL se mantém no solo protegida apenas pela recalcitrância molecular, o estoque dessa fração é função das adições de resíduos e da velocidade de decomposição, sendo de curto tempo a permanência no sistema se houverem condições que facilitem a sua degradação.

Em todas as camadas avaliadas, não foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos para a FP (Tabela 7). Como a FP apresenta uma ciclagem bem mais lenta em função da estabilização promovida pelas superfícies minerais e pela proteção física no interior de agregados estáveis, é necessário um período maior para que a alteração dos sistemas de manejo tenha efeito sobre os teores de carbono desta fração (BAYER et al., 2004).

Observando as proporções de cada fração densimétrica da MO (Figura 4) é possível inferir sobre a magnitude dos mecanismos e estabilidade da MO. Na MN, na camada superficial (0,00 a 0,05 m), as maiores as proporções de COT decresceram na ordem FP>FLL>FLO. Este resultado indica que o mecanismo de recalcitrância molecular da MO e a interação do material orgânico com os minerais do solo tem importância diante da estabilidade decorrente da oclusão em agregados (FLO: 17%).

No entanto, para os diferentes ciclos da cana-de-açúcar na camada superficial e nas camadas de 0,05 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m, tanto para a MN como para as áreas cultivadas com cana-de-açúcar, as proporções das frações físicas da MO em relação ao COT decresceram na ordem FP>FLO>FLL (Figura 4). Em todas as camadas avaliadas as maiores proporções de COT encontram-se na FP. Este resultado é justificável pois a FP é a fração mais estável da MO no solo, pois nela atuam os três mecanismos de proteção (recalcitrância molecular, proteção física e proteção química ou coloidal) (ROSCOE; MACHADO, 2002).

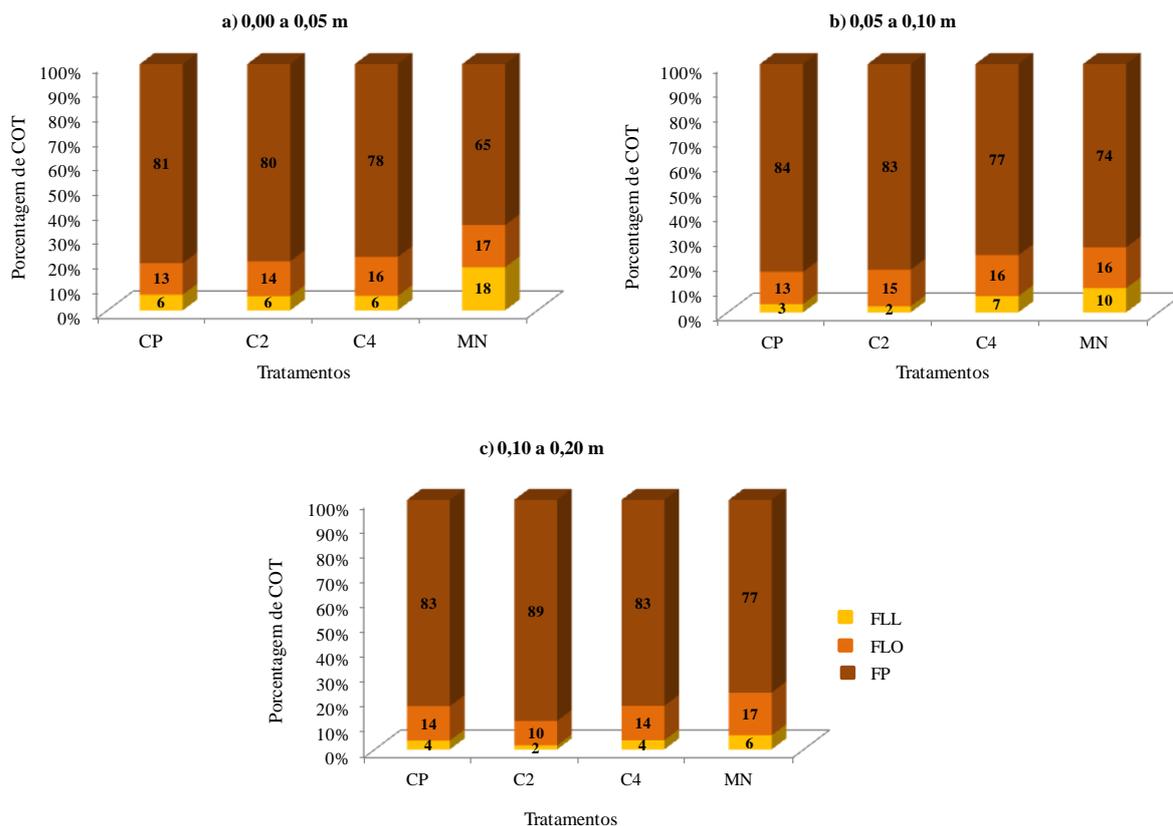


Figura 4. Proporção de carbono na fração leve livre (FLL), fração leve oclusa (FLO) e fração pesada (FP) em relação ao carbono orgânico total (COT) na malha de 9,52 mm de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa nas camadas de a) 0,00 a 0,05 m, b) de 0,05 a 0,10 m, c) 0,10 a 0,20 m.

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa.

Neste estudo, as proporções de FLL em relação ao COT variam de 2 à 18% (Figura 4). Conceição et al. (2008), avaliando um Latossolo sob PD, PC e pastagem verificaram que a FLL representou em média 8% do estoque de COT dos sistemas avaliados. Os mesmos autores indicaram que o mecanismo de recalcitrância molecular da MO tem importância limitada diante da estabilidade decorrente da proteção física da MO em agregados (16%) e da sua interação com os minerais do solo (76%).

As menores proporções da FP nas camadas avaliadas foram verificadas sob o MN (Figura 4), explicado pelo maior acúmulo de MO nas frações mais lábeis (FLL e FLO) em sistemas não antropizados.

Os maiores IEC nas camadas compreendidas de 0,00 a 0,10 m foram observados na MN (Tabela 8). Na camada de 0,10 a 0,20 m, os menores valores de IEC foram observados na área C2, seguindo a mesma tendência dos resultados obtidos para o COT.

Tabela 8. Índice de estoque de carbono (IEC), labilidade (L), índice de labilidade (IL) e índice de manejo de carbono (IMC) nas camadas de 0,00 a 0,05 m, de 0,05 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS.

Tratamentos ¹	IEC	L	IL	IMC
0,00 a 0,05 m				
CP	0,64b	0,22b	0,42b	27,24b
C2	0,63b	0,18b	0,35b	22,33b
C4	0,62b	0,23b	0,44b	27,12b
MN	1,00a	0,53a	1,00a	100,00a
0,05 a 0,10 m				
CP	0,77b	0,19b	0,58b	45,36b
C2	0,78b	0,12c	0,37c	29,22c
C4	0,81b	0,20b	0,60b	48,77b
MN	1,00a	0,33a	1,00a	100,00a
0,10 a 0,20 m				
CP	1,02a	0,17b	0,81b	83,56b
C2	0,90b	0,09c	0,46c	42,09c
C4	1,02a	0,17b	0,78b	79,97b
MN	1,00a	0,21a	1,00a	100,00a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

¹CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa.

Ao aportarem diferentes quantidades de C ao solo, os sistemas de manejo alteram a labilidade (L) da MO. Os maiores valores de L foram verificados na camada superficial (0,00 a 0,05 m), em virtude da grande quantidade de resíduos culturais aportados à superfície do solo (Tabela 8). Salton et al. (2011) afirmam que a maior labilidade da MO está associada ao maior aporte de material vegetal, o que pode ser verificado em todas as camadas para a MN.

Na camada de 0,00 a 0,05 m, a L não diferiu entre as áreas cultivadas com cana-de-açúcar e foi menor em relação à área de referência (MN). Nas camadas seguintes, a menor L foi observada na C2. Em todas as áreas, a L da MO apresentou decréscimo em profundidade, chegando a valores inferiores a 0,1 (Tabela 8). Schiavo et al. (2011), avaliando o IMC e atributos químicos de um Latossolo Vermelho com diferentes coberturas, verificaram que em todas as coberturas a labilidade da MO diminuiu com o aumento da profundidade do solo.

Neste estudo, os maiores valores de IMC foram obtidos na área de MN. Com relação às áreas cultivadas com cana-de-açúcar nas camadas de 0,05 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m, os menores valores de IMC foram obtidos na área C2 (Tabela 8), sendo considerada a área com o menor índice de qualidade.

Com o objetivo de avaliar as modificações no conteúdo da MO decorrentes do manejo, Blair et al. (1995) propuseram o uso do IMC, buscando unir características quantitativas e qualitativas, como forma de avaliar o desempenho de um determinado sistema de manejo, obtendo para um Argissolo Amarelo cultivado com cana por 90 anos, um IMC de 34.

Blair (2000) verificou um maior IMC em áreas cultivadas com cana-de-açúcar sem queima quando comparadas àquelas com queima. Müller et al. (2012) afirmam que quanto maior a intensidade de cultivo e exposição do solo, menores serão os valores de IMC.

Em todas as camadas, o IMC das áreas cultivadas com cana-de-açúcar foi inferior à 100 (Tabela 8), o que representa um indicativo de que o sistema de manejo utilizado e a queima prévia da palhada na colheita estão prejudicando a manutenção da matéria orgânica e da qualidade do solo.

3.6 Conclusões

O preparo do solo para a implantação da cana-de-açúcar, associado à queima prévia da palhada contribuiu para a redução da ciclagem de carbono jovem no solo, refletindo negativamente sobre os estoques das frações físicas da matéria orgânica e sobre a distribuição e estabilidade de agregados, com exceção da fração pesada.

Com exceção da mata nativa, na camada superficial, as proporções das frações físicas densimétricas da matéria orgânica em relação ao carbono orgânico total aumentaram na ordem FLL<FLO<FP.

Todas as áreas cultivadas com cana-de-açúcar apresentam índice de manejo de carbono inferior à 100, sendo os menores valores observados na C2, o que indica impactos negativos sobre os estoques de matéria orgânica e sobre a qualidade do solo.

3.7 Referências Bibliográficas

AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; CONCEIÇÃO, P. C.; SPAGNOLLO, E.; CAMPOS, B. C.; VEIGA, M. Potential of carbon accumulation in no-till soils with intensive use and cover crops in southern Brazil. **Journal of Environmental Quality**, v.35, p.1599-1607, 2006.

- ASSUNÇÃO, A.; SANTOS, L. C.; ROCHA, M. R.; REIS, A. J. S.; TEIXEIRA, R. A.; LIMA, F. S. O. Efeito de indutores de resistência sobre *Meloidogyne incognita* em cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Revista Nematologia Brasileira**, v. 34, p. 49-56, 2010.
- BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 677-683, 2004.
- BLAIR, G. J.; LEFROY, R. D. B.; LEANNE, L. Soil Carbon Fractions Based on their Degree of Oxidation, and the Development of a Carbon Management Index for Agricultural Systems. **Australian Journal Agriculture Research**, v. 46, p.1459-1466, 1995.
- BLAIR, N. Impact of cultivation and sugar-cane green trash management on carbon fractions and aggregate stability for a Chromic Luvisol in Queensland, Australia. **Soil & Tillage Research**, v. 55 p. 183-191, 2000.
- CENTURION, J. F.; FREDDI, O. S.; ARATANI, R. G.; METZNER, A. F. M.; BEUTLER, A. N.; ANDRIOLI, I. Influência do cultivo da cana-de-açúcar e da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de Latossolos Vermelhos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 199-209, 2007.
- CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, v.56, p.777-783, 1992.
- CAUSARANO, H. J.; FRANZLUEBBERS, A. J.; SHAW, J. N.; REEVES, D. W.; RAPER, R. L.; WOOD, C. W. Soil organic carbon fractions and aggregation in the Southern Piedmont and coastal plain. **Soil Science Society of America Journal**, v.72, p. 221-230, 2008.
- CARMO, F. F.; FIGUEIREDO, C. C.; RAMOS, M. L. G.; VIVALDI, L. J.; ARAÚJO, L. G. Frações granulométricas da matéria orgânica em Latossolo sob plantio direto com gramíneas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, p. 420-431, 2012.
- CONCEIÇÃO, P. C. **Agregação e proteção física da matéria orgânica em dois solos do sul do Brasil**. 2006. 113f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- CONCEIÇÃO, P. C.; BOENI, M.; DIECKOW, J.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Fracionamento densimétrico com politungstato de sódio no estudo da proteção física da matéria orgânica em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 541-549, 2008.

- CORRÊA, J. C. Efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho-Amarelo em Querência, MT. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, p.203-209, 2002.
- DIAS, B. O.; SILVA, C. A.; SOARES, E. M. B.; BETTIOL, W. Estoque de carbono e quantificação de substâncias húmicas em Latossolo submetido à aplicação contínua de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p. 901-911, 2007.
- DIECKOW, J.; MIELNICZUK, J.; KNICKER, H.; BAYER, C.; DICK, D. P.; KÖGEL-KNABER, I. Carbon and nitrogen stocks in physical fractions of a subtropical Acrisol as influenced by long-term no-till cropping systems and N fertilization. **Plant Soil**, v. 268, p. 319-328, 2005.
- EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212p.
- FONTANA, A.; BRITO, R. J.; PEREIRA, M. G.; LOSS, A. Índices de agregação e a relação com as substâncias húmicas em Latossolos e Argissolos de tabuleiros costeiros, Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, p.291-297, 2010.
- GALDOS, M. V.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P.; Soil carbon stocks under burned and unburned sugarcane in Brazil. **Geoderma**, v. 153, p. 347-352, 2009.
- GÓES, B. G.; GREGGIO, T. C.; CENTURION, J. F.; BEUTLER, A. N.; ANDRIOLI, I. Efeito do cultivo da cana-de-açúcar na estabilidade de agregados e na condutividade hidráulica do solo. **Irriga**, v. 10, p. 116-122, 2005.
- KEMPER, W. D.; ROSENAU, R. C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: ASA-SSSA, 1986. p. 425-440. Part 1.
- LUCA, E. F.; FELLER, C.; CERRI, C. C.; BARTHÈS, B.; CHAPLOT, V.; CAMPOS, D. C.; MANECHINI, C. Avaliação de atributos físicos e estoque de carbono e nitrogênio em solos com queima e sem queima de canavial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 789-800, 2008.
- MÜLLER, C. B.; WEBER, O. L. S.; SCARAMUZZA, J. F. Oxidable fraction of organic carbon in an Argisol under different land use systems. **Cerne**, v. 18, p.215-222, 2012.
- NEVES, C. M. N.; SILVA, M. L.; CURI, N.; MACEDO, R. L.G.; TOKURA, A. M. Estoque de Carbono em Sistemas Agrossilvopastoril, Pastagem e Eucalipto sob Cultivo Convencional Na Região Noroeste do Estado de Minas Gerais. **Revista Ciência Agrotécnica**. Lavras, v. 28, p. 1038-1046, 2004.

- NICOLOSO, R. S.; LOVATO, T.; AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; LANZANOVA, M. E. Balanço do carbono orgânico no solo sob integração lavoura-pecuária no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2425-2433, 2008.
- OLIVEIRA, V. S.; ROLIM, M. M.; VASCONCELOS, R. F. B.; PEDROSA, E. M. R. Distribuição de agregados e carbono orgânico em um Argissolo Amarelo distrocoeso em diferentes manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 907-913, 2010.
- PACHECO, E. P.; CANTALICE, J. R. B. Análise de trilha no estudo dos efeitos de atributos físicos e da matéria orgânica sobre a compressibilidade e a resistência à penetração de um Argissolo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p.417-428, 2011.
- PALMEIRA, P. R. T., PAULETTO, E. A., TEIXEIRA C. F. A.; GOMES A. S.; SILVA J. B.; Agregação de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 189-195, 1999.
- ROSCOE, R.; MACHADO, P. L. O. A. **Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica**, Dourados – MS: Embrapa Agropecuária Oeste e Embrapa Solos, 2002. 86p.
- ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; BETTA, M.; POLIDORO, J. C. Frações lábeis da matéria orgânica em sistema de cultivo com palha de braquiária e sorgo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, p. 38-46, 2012.
- ROZANE, D. E.; CENTURION, J. F.; ROMUALDO, L. M.; TANIGUCHI, C. A.; TRABUCO, M.; ALVES, A. U. Estoque de carbono e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho Distrófico, sob diferentes manejos. **Bioscience Journal**, v. 26, p. 24-32, 2010.
- SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.11–21, 2008.
- SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L. Teor e dinâmica do carbono no solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1349-1356, 2011.
- SANTOS, H. G ; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006, 306 p.

- SANTOS, D. C.; PILLON, C. N.; FLORES, C. A.; LIMA, C. L. R.; CARDOSO, E. M. C.; PERREIRA, B. F.; MANGRICH, A. S. Agregação e frações físicas da matéria orgânica de um Argissolo Vermelho sob sistemas de uso no Bioma Pampa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, 1735-1744, 2011.
- SANTOS, D. C.; LIMA, C. L.; KUNDE, R. J.; CARVALHO, J. S.; ABEIJON, L. M.; PILLON, C. N. Agregação e proteção física da matéria orgânica em Planossolo Háplico sob diferentes sistemas de manejo. **Bioscience Journal**, v. 28, p. 54-63, 2012.
- SCHIAVO, J. A.; ROSSET, J. S.; PEREIRA, M. G.; SALTON, J. C. Índice de manejo de carbono e atributos químicos de Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1332-1338, 2011.
- SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, G. C.; CURI, N.; DIAS JUNIOR, M. Potencial de uso e qualidade estrutural de dois solos cultivados com cana-de-açúcar em Goianésia (GO). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.159-168, 2009.
- SILVA, A. J. N.; CABEDA, M. S. V.; CARVALHO, F. G. Matéria orgânica e propriedades físicas de um Argissolo Amarelo Coeso sob sistemas de manejo de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, p. 579-585, 2006.
- SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, p. 275-374.
- SILVA, A. J. N.; RIBEIRO, M. R.; CARVALHO, F. G.; SILVA, V. N.; SILVA, L. E. S. F. Impact of sugarcane cultivation on soil carbon fractions, consistence limits and aggregate stability of a Yellow Latosol in Northeast Brazil. **Soil and Tillage Research**, v.94, p. 420-424, p. 420-424, 2007.
- SIX, J.; ELLIOTT, E. T.; PAUSTIAN, K. Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: a mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture. **Soil Biology and Biochemistry**, Amsterdam, v. 32, p. 2099-2103, 2000.
- SIX, J.; CONANT, R. T.; PAUL, E. A.; PAUSTIAN, K. Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. **Plant and soil**, v.241, p.155-176, 2002.
- SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. V. G. A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; ANDRIGUETI, M.; CAO, E. Estoques de carbono orgânico e nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 33, p. 1829-1836, 2009.
- SOUZA, H. A.; VALENTEMARCELO, A.; CENTURION, J. F. Carbono orgânico e agregação de um Latossolo Vermelho com colheita mecanizada de cana-de-açúcar. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, p. 658-663, 2011.

TAVARES, O. C. H.; LIMA, E.; ZONTA, E. Crescimento e produtividade da cana planta cultivada em diferentes sistemas de preparo do solo e de colheita. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 32, p. 61-68, 2010.

TISDALL, J. M.; OADES, L. M. Organic matter and water-stable aggregates in soil. *Journal of Soil Science*, v.33, p. 141-163, 1982.

TOMAZI, M.; BAYER, C.; CONCEIÇÃO, P. C. O uso de amostras peneiradas a dois milímetros subestima a proteção física da matéria orgânica do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1323-1329, 2011.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p. 213-223, 2011.

YODER, R. E. A direct method of aggregate analysis of soil and a study of the physical nature of erosion losses. **Journal American Society of Agronomy**, v. 28, p. 337- 351, 1936.

ZSCHORNACK, T. **Fracionamento e estoques de carbono orgânico de solos de várzea sob campo natural no Rio Grande do Sul**, 2007. 88 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

4. RESISTÊNCIA TÊNซิล E FRIABILIDADE DE UM LATOSSOLO VERMELHO CULTIVADO COM CANA-DE-AÇÚCAR NO RIO GRANDE DO SUL

4.1 Resumo

A resistência tênsil (RT) e a friabilidade (F) têm sido utilizadas como indicadores da qualidade estrutural do solo. O objetivo deste estudo foi avaliar a RT e a F de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul. O estudo foi desenvolvido na Destilaria Grandespe, localizada no município de Salto do Jacuí, RS. Os tratamentos avaliados consistem em diferentes ciclos da cana-de-açúcar: cana planta (CP), cana soca de segundo corte (C2) e cana soca de quarto corte (C4). Como sistema de referência, utilizou-se uma mata nativa (MN) com características de solo e relevo similar e próxima às demais áreas. Foram coletadas amostras deformadas de solo nas camadas de 0,00 a 0,05 m, de 0,05 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m. Para a determinação da RT e da F, as amostras foram secas ao ar, selecionando-se 175 agregados, por tratamento em cada camada, os quais foram submetidos a testes de tensão indireta através de um atuador eletrônico a uma velocidade constante. A F foi calculada através do coeficiente de variação da RT. Adicionalmente, determinou-se o teor de carbono orgânico total (COT) dos agregados. A RT aumentou em profundidade e, proporcionalmente com a redução dos teores de COT. Na camada superficial, o solo foi classificado como muito friável e nas demais camadas, as áreas C4 e MN apresentaram-se friáveis. Em todas as camadas avaliadas, os menores valores de RT foram observados na MN. A RT dos agregados e a F foram sensíveis para detectar diferenças na qualidade estrutural das áreas cultivadas com cana-de-açúcar.

Palavras-chave: *Saccharum officinarum*, carbono orgânico total, qualidade estrutural, manejo do solo.

TENSILE STRENGTH AND FRIABILITY OF AN OXISOL CULTIVATED WITH SUGARCANE IN RIO GRANDE DO SUL STATE

4.2 Abstract

The tensile strength (TS) and the friability (F) have been used as indicators of the soil structural quality. The aim of this study was to evaluate the TS and F of an Oxisol cultivated with sugarcane in Rio Grande do Sul state. The study was conducted in Grandespe Distillery, located in Salto Jacu , RS. The treatments evaluated consist of different cycles of sugarcane:

plant cane (CP), second ratoon sugarcane (C2) and fourth ratoon sugarcane (C4). As a reference system we used an area of native forest (NF) with soil and topography similar and close to the other areas. Disturbed samples were collected in the layers from 0.00 to 0.05, from 0.05 to 0.10 m and from 0.10 to 0.20 m. To determine the RT and F, the samples were air dried, selecting 175 aggregates of each treatment in each layer, which were subjected to indirectly tension tests via an electronic actuator at a constant speed. The F was calculated by the coefficient of variation of RT. Additionally, was determined the levels of total organic carbon (TOC) of the aggregates. The RT increased in depth and proportionally with the reduction of TOC. In the surface layer, the soil was classified as very friable regardless of system usage and layers following systems CA4 and MN presented themselves as friable. In all layers evaluated the lowest values of RT were observed in MN. The RT and F were sensitive to detect differences in the structural quality of the areas cultivated with sugarcane.

Keywords: *Saccharum officinarum*, total organic carbon, soil structural quality, soil management

4.3 Introdução

Com o aumento na demanda por energia renovável e menos poluente em relação à utilização de fontes energéticas fósseis, a cultura canavieira têm assumido importância na matriz energética nacional e internacional (ASSUNÇÃO et al., 2010). Entretanto, têm-se observado impactos na qualidade do solo decorrentes do manejo para implantação e desenvolvimento desta cultura (SEVERIANO et al., 2009).

As práticas de cultivo podem resultar em decréscimo da qualidade do solo para o crescimento e desenvolvimento de plantas. O estabelecimento e o crescimento inadequados das plantas têm sido associados à elevada RT e a valores inadequados de F (LEY et al., 1993; IMHOFF et al., 2002). Tormena et al. (2008), avaliando a RT e a F de um Latossolo sob diferentes sistemas de uso verificaram que a RT e a F caracterizaram a redução da qualidade do solo proporcionalmente à intensidade da sua utilização.

A RT tem sido utilizada como indicadora do impacto do manejo sobre a qualidade do solo, em resposta aos processos físicos e mecânicos que ocorrem com o seu uso. É definida como a força por unidade de área necessária para causar o fraturamento dos agregados (DEXTER; WATTS, 2000). Segundo Dexter e Kroesbergen (1985) é provavelmente, a mais útil medida de resistência individual dos agregados, pois pode ser determinada por um teste

simples numa ampla variação de tamanhos de agregados, consistindo num indicador muito sensível da condição estrutural do solo.

A F é um outro indicador da qualidade estrutural e física, uma vez que a condição de solo friável é desejável para a germinação das sementes, o crescimento das plântulas e o estabelecimento das culturas. A F indica a tendência de uma massa de solo a se desfazer em agregados de tamanhos menores sob a aplicação de um estresse ou carga (WATTS; DEXTER, 1998), em função dos planos de fraqueza ou zonas de falhas na estrutura do solo (DEXTER; WATTS, 2000).

De acordo com Utomo e Dexter (1981), a RT e a F são influenciadas por diversos fatores como a umidade, o teor de argila dispersa em água, a concentração e composição da solução do solo (RAHIMI et al., 2000), os ciclos de umedecimento e secamento (KAY; DEXTER, 1992), o teor e mineralogia da fração argila (LEY et al., 1993) e a matéria orgânica (MO) (KAY; ANGERS, 1999). A influência desses fatores sobre a RT e a F do solo é dependente das condições climáticas, das práticas de manejo e de características do solo (WATTS; DEXTER, 1997).

Apesar da relevância do tema, há carência de informações relativas aos impactos causados pelo manejo e tratamentos culturais sobre a qualidade estrutural de solos cultivados com cana-de-açúcar. Em virtude disso, objetivou-se avaliar a RT e a F de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul.

4.4 Material e métodos

O estudo foi desenvolvido na Destilaria Grandespe, localizada no município de Salto do Jacuí, RS. As áreas experimentais são constituídas por um Latossolo Vermelho distrófico típico (SANTOS et al., 2006), de textura superficial argilosa (Tabela 9). Os tratamentos avaliados consistem em diferentes ciclos da cana-de-açúcar: cana planta (CP), cana soca de segundo corte (C2) e cana soca de quarto corte (C4). Como sistema de referência utilizou-se uma área de mata nativa (MN), com características e propriedades de solo e relevo similares às demais áreas amostradas.

O tratamento CP corresponde à área de cana-de-açúcar recém plantada, àquela que ainda não foi submetida a nenhum corte para a colheita e que encontra-se no primeiro ano de cultivo. Após a primeira colheita a cana sofre uma rebrota que é chamada de soca. Dessa forma, os tratamentos C2 e C4 correspondem, respectivamente, às áreas que já foram colhidas 2 e 4 vezes, correspondendo desta forma ao terceiro e quinto ano de cultivo sob o mesmo manejo.

As áreas experimentais localizam-se entre as coordenadas geográficas: 28°59'S e 53°14'O, com altitudes entre 349 e 369 m. O clima da região de acordo com a classificação climática de Wilhelm Köppen é subtropical úmido do tipo Cfa (C: clima temperado quente, com temperatura média do mês mais frio entre 3 e 18°C; f: em nenhum mês a precipitação é inferior a 60 mm; a: temperatura do mês mais quente é superior a 22°C).

Tabela 9. Teores de areia, silte e argila (g Kg⁻¹) nas camadas de 0,00 a 0,05 m, de 0,05 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí -RS.

Tratamentos ¹	Areia	Silte	Argila
		0,00 a 0,05 m	
CP	318,3	228,4	453,3
C2	239,0	254,6	506,4
C4	356,6	179,0	464,4
MN	285,8	235,9	478,3
		0,05 a 0,10 m	
CP	310,7	228,9	460,4
C2	234,6	272,2	494,8
C4	310,6	211,4	472,6
MN	265,6	267,8	466,5
		0,10 a 0,20 m	
CP	321,9	188,8	490,1
C2	221,6	266,0	512,4
C4	318,0	208,3	473,7
MN	258,9	269,6	471,6

¹CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa.

As áreas experimentais são cultivadas com cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) desde 1988. No plantio da cana planta ou a cada 5 a 6 anos quando ocorre a renovação do canavial, o sistema de manejo utilizado é o convencional, que consiste em subsolagem a 0,50 m de profundidade, duas gradagens e abertura de sulcos de 0,25 m de profundidade com apoio de sulcador. A adubação utilizada foi de 500 Kg de NPK (5-25-25), sendo que 350 Kg foram aplicados na linha de plantio a uma profundidade de 0,30 m, por meio de um cultivador e 150 Kg foram aplicados à lança. As variedades plantadas nas áreas analisadas foram SP 801842 e a RB 835089. As colheitas foram realizadas sempre manualmente após a queima prévia da palhada. O delineamento experimental utilizado neste estudo foi o inteiramente casualizado.

Em cada área foram coletadas aleatoriamente em 5 pontos na linha de plantio, amostras deformadas nas camadas de 0,00 a 0,05 m, de 0,05 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m. As amostras foram coletadas com auxílio de pá de corte, acondicionadas em sacos plásticos e, posteriormente espalhadas em bandejas para secarem à sombra até atingirem a umidade

correspondente ao ponto de friabilidade, sendo destorroadas manualmente de forma suave para não provocar compactação ou ruptura dos agregados.

Para a quantificação da RT, foram selecionados 175 agregados de cada tratamento e de cada camada, resultando em 2100 agregados de solo utilizados. No teste de tensão indireta para determinação da RT utilizou-se um atuador eletrônico linear a uma velocidade constante de 4 mm s^{-1} (MA 933).

Antes da aplicação da força, cada agregado foi mensurado quanto à massa e aferido com um paquímetro para determinação do diâmetro médio a partir de sua altura, largura e comprimento. Em média, os agregados possuíam 0,11 m de altura, 0,17 m de largura e 0,12 m de comprimento. Após os ensaios, os agregados foram secos em estufa a 105°C por 24 horas para determinar a umidade gravimétrica, conforme Embrapa (1997).

Foram selecionados 25 agregados de cada tratamento e de cada camada para a quantificação do COT. Estes agregados, após serem submetidos ao teste de tensão indireta foram moídos em gral de ágata e acondicionados em ependorfs de 2 mL para serem quantificados por oxidação à seco em um analisador elementar da marca Leco, sendo os resultados expressos em g Kg^{-1} .

Para determinação da RT, cada agregado foi acomodado na sua posição mais estável, considerando que os agregados não são esféricos perfeitos, para a aplicação da carga de 20 kgf. O valor da força aplicada para a ruptura tênsil do agregado foi registrado em um sistema eletrônico de aquisição de dados. A RT foi calculada, conforme Dexter & Kroesbergen, (1985), sendo:

$$RT = 0,576 \left(\frac{P}{D^2} \right)$$

Onde: 0,576 é o coeficiente de proporcionalidade; P é a força aplicada (N), e D é o diâmetro efetivo (mm).

O diâmetro efetivo (D) foi calculado, conforme Watts e Dexter (1998), sendo:

$$D = D_m \left(\frac{M}{M_0} \right)^{\frac{1}{3}}$$

Onde: D_m corresponde ao diâmetro médio do agregado (mm); M é a massa do agregado individual (g); e M_0 a massa média dos agregados na população (g).

A F foi estimada pelo método do coeficiente de variação, proposto por Watts e Dexter (1998), conforme a equação:

$$F = \frac{\sigma_y}{Y} \pm \frac{\sigma_y}{Y\sqrt{2n}}$$

Onde: F: é a friabilidade do solo; σ_y é o desvio-padrão dos valores médios da resistência tênsil; Y é a média dos valores medidos de resistência tênsil em todos os agregados; e n é o número de repetições, sendo o segundo termo, o erro-padrão do coeficiente de variância.

A F foi classificada conforme Imhoff et al. (2002), em classes: não friável ($F < 0,10$), ligeiramente friável ($F = 0,10$ a $0,20$), friável ($F = 0,20$ a $0,50$), muito friável ($F = 0,50$ a $0,80$) e mecanicamente instável ($F > 0,80$).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e, quando diferenças significativas foram observadas, as médias foram comparadas pelo teste Tukey à 5% de probabilidade através do software estatístico Winstat 2.0. Correlações de Pearson foram estabelecidas para verificar relações entre o COT e a RT.

4.5 Resultados e discussão

A análise descritiva da Ug, RT, F e COT estão apresentadas na Tabela 10. Observa-se que nas três camadas, o coeficiente de variação (CV%) da RT variou de 43,30 a 62,28%, o que pode estar atribuído às características intrínsecas do solo, proporcionando assim agregados de diferentes tamanhos e resistência quanto ao fraturamento. Tormena et al. (2008) verificaram que a variação nos valores de CV podem estar relacionados à variabilidade na forma dos agregados do solo, à dificuldade em definir a posição mais estável do agregado para aplicação da carga, bem como em avaliar o momento exato em que ocorreu a ruptura de cada um dos agregados durante a aplicação da carga.

Essa grande variação dos valores da RT do solo está de acordo com os resultados obtidos por Imhoff et al. (2002) e Tormena et al. (2008a) que, trabalhando com Latossolos encontraram respectivamente, CV de 42% e de 35-41% para a RT. Bavoso et al. (2010), ao avaliarem a RT em áreas de produção de grãos, silagem e pastejo obtiveram um CV de 26,66%.

Tabela 10. Análise descritiva da umidade gravimétrica (Ug,%), da resistência tênsil (RT, kPa), da friabilidade (F) e do carbono orgânico total (COT, g kg⁻¹) nas camadas de 0,00 a 0,05 m, de 0,05 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS.

	Tratamentos											
	CP*			C2*			C4*			MN*		
	5 ⁽¹⁾	10 ⁽¹⁾	20 ⁽¹⁾	5 ⁽¹⁾	10 ⁽¹⁾	20 ⁽¹⁾	5 ⁽¹⁾	10 ⁽¹⁾	20 ⁽¹⁾	5 ⁽¹⁾	10 ⁽¹⁾	20 ⁽¹⁾
	Ug											
Méd	3,68	3,76	2,78	2,91	2,73	2,71	3,14	2,59	3,03	3,44	3,89	2,71
DP	1,40	0,75	0,82	0,96	0,59	1,09	1,83	1,28	0,99	1,55	1,065	0,95
Mín	1,11	0,90	0,85	0,72	0,67	0,10	0,45	0,37	1,38	0,74	1,49	0,77
Máx	13,49	6,84	6,04	5,73	4,38	5,84	18,49	7,60	9,77	10,26	9,57	7,75
CV	38,08	19,97	29,48	33,14	21,45	39,98	58,52	49,31	32,90	33,52	27,36	35,37
	RT											
Méd	84,89	91,57	109,97	93,70	118,50	109,97	91,66	126,75	138,61	67,19	69,75	83,60
DP	47,64	56,70	57,73	58,36	62,48	67,15	52,95	60,31	63,09	36,64	31,43	36,20
Mín	9,62	19,19	21,24	17,06	5,02	14,37	16,22	15,92	25,56	2,95	5,29	14,28
Máx	219,37	317,93	296,43	286,28	288,74	291,5	303,74	296,4	294,68	170,37	174,92	182,78
CV	56,12	61,92	52,49	62,28	52,72	56,99	57,71	47,58	45,51	54,53	45,06	43,30
	F											
Méd	0,56	0,62	0,52	0,63	0,53	0,57	0,56	0,47	0,46	0,54	0,43	0,43
DP	0,09	0,10	0,05	0,05	0,07	0,09	0,09	0,09	0,04	0,06	0,12	0,04
Mín	0,45	0,54	0,46	0,57	0,44	0,45	0,42	0,33	0,43	0,44	0,31	0,39
Máx	0,70	0,79	0,60	0,68	0,63	0,65	0,64	0,57	0,52	0,62	0,56	0,49
CV	16,18	16,48	10,55	7,91	13,11	16,60	16,08	19,09	9,60	12,20	28,76	10,38
	COT											
Méd	16,40	15,92	15,35	15,78	15,25	14,05	15,50	15,31	14,92	27,96	25,20	20,23
DP	1,09	0,72	0,49	1,21	0,62	0,48	0,75	0,36	0,70	6,24	4,03	4,98
Mín	15,00	14,20	14,10	14,00	14,20	13,20	14,20	14,70	13,80	17,60	19,20	13,30
Máx	18,50	17,50	16,20	18,30	16,80	14,90	16,90	15,90	16,30	38,20	34,80	34,20
CV	6,64	4,57	3,20	7,67	4,08	3,43	4,87	2,38	4,74	22,34	15,99	24,65

*CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa.

⁽¹⁾ Camada de 0,00 a 0,05 m; ⁽²⁾ camada de 0,05 a 0,10 m; ⁽³⁾ camada de 0,10 a 0,20 m.

Méd= média, DP= desvio padrão, Mín= mínimo, Máx= máximo, CV= Coeficiente de variação.

Os valores médios de RT distinguiram-se entre os tratamentos (Tabela 11). Em todas as camadas, os menores valores de RT foram obtidos na MN, atribuído possivelmente à condição de área não manejada e à maior concentração de MO lábil nesse sistema. Com relação às áreas cultivadas com cana-de-açúcar na camada de 0,00 a 0,05 m, não foram

verificadas diferenças significativas entre os sistemas de uso. Na camada de 0,05 a 0,10 m, os maiores valores foram observados na C2 e C4 e na camada de 0,10 a 0,20 m os maiores valores de RT foram observados na C4.

Os valores médios de RT observados neste estudo foram superiores àqueles verificados por Imhoff et al. (2002), Giarola et al. (2003), Guimarães et al. (2009) e Ferreira et al. (2011). Segundo Blanco-Canqui et al. (2005), valores elevados de RT estão relacionados ao manejo do solo. No sistema de produção de cana-de-açúcar, o intenso preparo do solo para a implantação da cultura e a entrada de máquinas para a manutenção da adubação e para o recolhimento da cana-de-açúcar após a colheita podem ter promovido aumento da RT, como resultado do incremento da densidade e da compactação. Nesse sentido, as zonas de falhas (poros) dentro dos agregados são reduzidas, aglutinando as partículas minerais ou rearranjando-as de modo a proporcionar agregados mais resistentes à ruptura, elevando os valores de RT.

Avaliando o efeito do preparo do solo sobre a RT e a F Bavoso et al. (2010), verificaram que o menor valor de RT foi verificado no solo sob pastejo enquanto que os maiores foram obtidos no plantio direto. Tormena et al. (2008a), avaliando a RT e a F de um Latossolo sob diferentes sistemas de uso verificaram que os maiores valores de RT foram encontrados na área com cultivo quando comparada à de pousio e de mata natural.

Observa-se na Tabela 10, que a RT aumentou em profundidade. Esse fato pode estar associado ao decréscimo da fração lábil da MO da camada superficial em direção às subsuperficiais, favorecendo o aumento da RT.

A classificação da F do solo advém da heterogeneidade dos valores de RT, levando em consideração o diâmetro médio dos agregados. Todos os tratamentos na camada de 0,00 a 0,05 m apresentaram-se como muito friáveis (Tabela 10). Nas camadas de 0,05 a 0,10 e de 0,10 a 0,15 m, as áreas CP e C2 apresentaram-se como muito friáveis enquanto que o C4 e a MN apresentaram-se como friáveis.

Valores mais elevados de F indicam que agregados de maior tamanho possuem menor RT do que os de menor tamanho. Deste modo, podem ser mais facilmente quebrados em unidades menores e mais resistentes, produzindo uma distribuição de tamanho de agregados adequada (IMHOFF et al., 2002).

Além do manejo, a MO exerce influência sobre os valores de RT (IMHOFF et al., 2002). Entretanto, ainda perduram discussões sobre o efeito da matéria orgânica sobre RT, uma vez que pode ocasionar aumento ou redução dos valores de RT.

Tormena et al. (2008a) observaram correlação linear significativa entre a RT e teores de COT do solo em Latossolo de textura média, indicando que a RT aumentou proporcionalmente com a redução dos teores de COT. Blanco-Canqui et al. (2005) também obtiveram correlação exponencial significativa entre esses parâmetros, porém em Argissolo, mostrando que o aumento de COT implicou na redução da RT.

Ao estudar Latossolos da região subtropical, Bartoli et al. (1992) e Guimarães et al. (2009) verificaram que com o aumento nos teores de COT, ocorreu aumento proporcional para os valores de RT. Segundo esses autores, esse efeito deve-se à cimentação entre as partículas minerais de argila e a MO mais humificada.

Tabela 11. Resistência tênsil (RT), friabilidade (F) e classificação quanto à friabilidade nas camadas de 0,00 a 0,05 m, de 0,05 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacui, RS.

Tratamentos	RT (KPa)	F	Classificação quanto à friabilidade
0,00 a 0,05 m			
CP	84,89a	0,56a	Muito friável
C2	93,70a	0,62a	Muito friável
C4	91,66a	0,56a	Muito friável
MN	67,19b	0,53a	Muito friável
0,05 a 0,10 m			
CP	91,57b	0,62a	Muito friável
C2	118,50a	0,52ab	Muito friável
C4	126,75a	0,47ab	Friável
MN	69,75c	0,43b	Friável
0,10 a 0,20 m			
CP	109,97b	0,52ab	Muito friável
C2	117,84b	0,57a	Muito friável
C4	138,61a	0,46ab	Friável
MN	83,60c	0,43b	Friável

Médias seguidas da mesma letra na coluna em cada camada de solo não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5%.

¹CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa.

Os teores de COT diferenciaram-se estatisticamente entre os tratamentos avaliados (Tabela 12). Em todas as camadas, os maiores teores foram encontrados na MN em função da não utilização agrícola e pelo maior equilíbrio entre as taxas médias de adição de C no solo e as taxas de decomposição dos resíduos culturais ao longo do tempo (AMADO et al., 2006).

Tabela 12. Teores de carbono orgânico total (COT) nas camadas de 0,00 a 0,05 m, de 0,05 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacui, RS.

Tratamentos ¹	Camadas (m)		
	0,00 a 0,05	0,05 a 0,10	0,10 a 0,20
CP	16,40 b	15,92 b	15,35 b
C2	15,78 b	15,25 b	14,05 b
C4	15,50 b	15,31 b	14,92 b
MN	27,96 a	25,20 a	20,23 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna em cada camada de solo não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5%.

¹CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa.

Nesse estudo, a diminuição dos teores de COT resultou no aumento da RT, apresentando correlação linear e significativa ($R^2 = 0,59$; $0,59$ e $0,52$, respectivamente) em todas as camadas (Figura 5). Isso pode ter ocorrido em razão da diminuição da fração lábil da MO. Esses resultados corroboram com os estudos de Tormena et al. (2008a), Ferreira et al. (2011) e Reis, (2011). O conteúdo de COT mesmo em solos de textura argilosa, reduz os valores de RT, como verificado por Ferreira et al. (2011) os quais evidenciaram a importância da granulometria sobre a RT.

Os resultados de Zhang (1994) indicam que há dois efeitos contrários da MO do solo sobre a RT: aumento no número e na força das ligações entre as partículas e o efeito de diluição que implica redução da densidade do solo ou o aumento da porosidade do agregado. O aumento de MO no solo resulta em maior porosidade do agregado, o que diminui o número de ligações entre as partículas; neste caso, se a força destas ligações não for incrementada, então se verifica redução da RT.

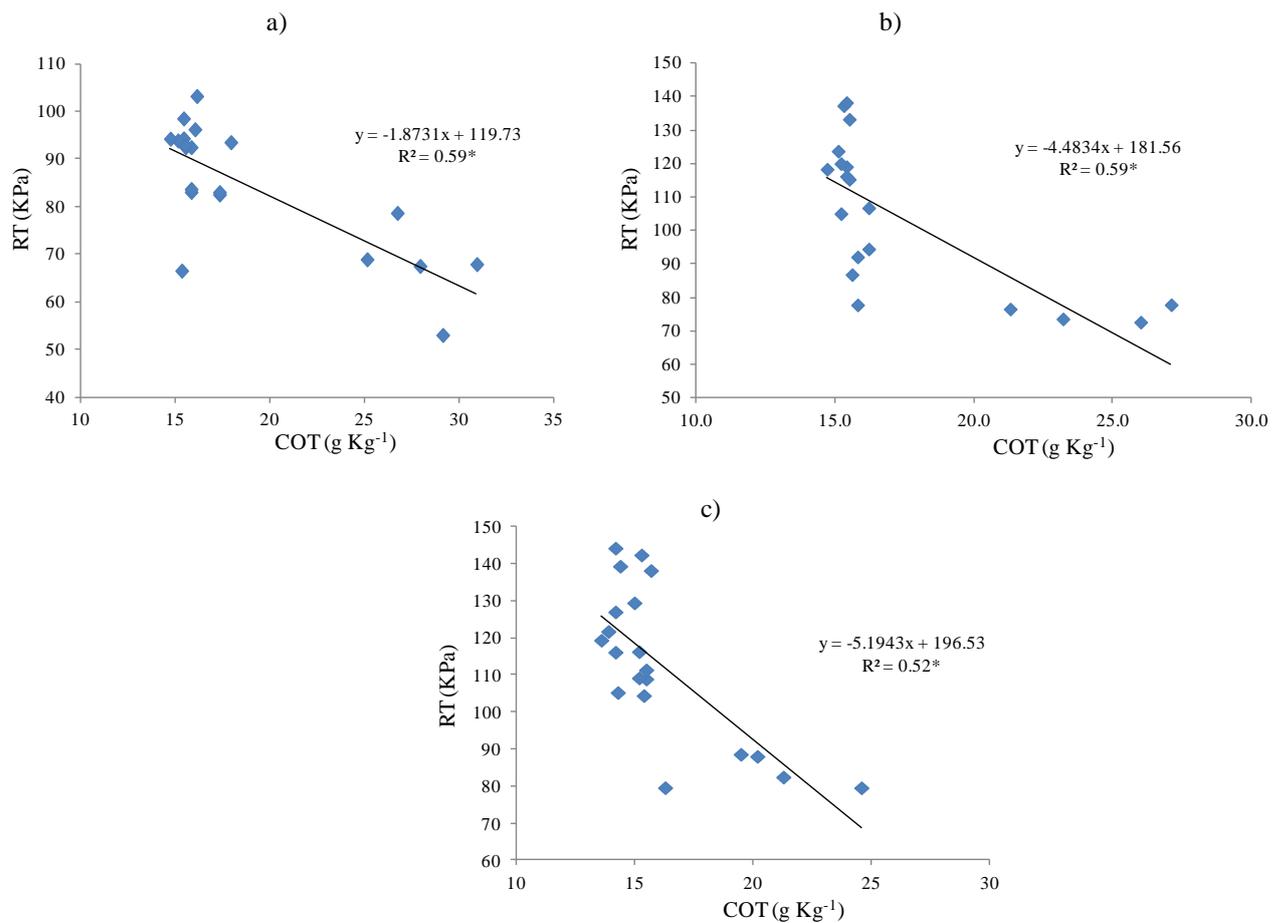


Figura 5. Relação entre a resistência tênsil (RT) e o carbono orgânico total (COT) na camada de a) 0,00 a 0,05 m e b) 0,05 a 0,10 m e c) 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS.

*Significativo à 5% de probabilidade.

4.6 Conclusões

A resistência tênsil aumentou em profundidade e proporcionalmente com a redução dos teores de carbono orgânico total;

Na camada superficial, o solo foi classificado como muito friável e nas demais camadas, as áreas C4 e MN apresentaram-se friáveis;

Em todas as camadas avaliadas, os menores valores de resistência tênsil foram observados na mata nativa;

A resistência tênsil dos agregados e a friabilidade foram sensíveis para detectar diferenças na qualidade estrutural das áreas cultivadas com cana-de-açúcar.

4.7 Referências bibliográficas

- AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; CONCEIÇÃO, P. C.; SPAGNOLLO, E.; CAMPOS, B. C.; VEIGA, M. Potential of carbon accumulation in no-till soils with intensive use and cover crops in southern Brazil. **Journal of Environmental Quality**, v.35, p.1599-1607, 2006.
- ASSUNÇÃO, A.; SANTOS, L. C.; ROCHA, M. R.; REIS, A. J. S.; TEIXEIRA, R. A.; LIMA, F. S. O. Efeito de indutores de resistência sobre *Meloidogyne incognita* em cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Revista Nematologia Brasileira**, v.34, p. 49-56, 2010.
- BARTOLI, F.; BURTIN, G.; GUÉRIF, J. Influence of organic matter on aggregation in Oxisols rich in gibbsite or in goethite. II. Clay dispersion, aggregate strength and water stability. **Geoderma**, v. 54. p.259-274, 1992.
- BASOVO, M. A.; GIAROLA, N. F. B.; TORMENA, C. A.; PAULETTI, V. Preparo do solo em áreas de produção de grãos, silagem e pastejo: efeito na resistência tênsil e friabilidade de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 227-234, 2010.
- BLANCO-CANQUI, H.; LAL, R.; OWENS, L.B.; POST, W.M.; IZAURRALDE, R.C. Mechanical properties and organic carbon of soil aggregates in the Northern Appalachians. **Soil Science Society American Journal**, v.69, p.1472-1481, 2005.
- DEXTER, A. R.; KROESBERGEN, B. Methodology for determination of tensile strength of soil aggregates. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.31, I.2, 139-147, 1985.
- DEXTER, A. R.; WATTS, C. **Tensile strength and friability**. In: SMITH, K. & MULLINS, C. eds. *Soil and environmental analysis: Physical methods*. 2.ed. New York, Marcel Dekker, 2000. p.401-430.
- EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212p.
- FERREIRA, A. O.; SÁ, J. C. M.; GIAROLA, N. F. B.; HARMS, M. G.; BAVOSO, M. A.; BRIEDIS, C.; NETTO, C. Q. Variação na resistência tênsil de agregados em função do conteúdo de carbono em dois solos na região dos Campos Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, p. 437-445, 2011.
- GIAROLA, N. F. B.; SILVA, A. P.; IMHOFF, S; DEXTER, A. R. Contribution of natural soil compaction on hardsetting behavior. **Geoderma**, v. 113, p. 95-108, 2003.
- GUIMARÃES, R. M. L.; TORMENA, C. A.; ALVES, S. J.; FIDALSKI, J.; BLAINSKI, E. Tensile strength, friability and organic carbon in an Oxisol under a crop-livestock system. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 66, p. 499-505, 2009.

- IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; DEXTER, A. R. Factors contributing to the tensile strength and friability of Oxisols. **Soil Science Society of American Journal**, v. 66, p. 1656-1661, 2002.
- KAY, B. D.; DEXTER, A. R. The influence of dispersible clay and wetting/drying cycles on the tensile strength of a Red-Brown Earth. **Australian Journal Soil Research**, v. 30, p. 297-310, 1992.
- KAY, B.D.; ANGERS, D.A. Soil structure. In: SUMNER, M.E. (Ed.) Handbook of soil science. Boca Raton: CRC Press, 1999. p.229-276.
- LEY, G.J.; MULLINS, C.E.; LAL, R. Effects of soil properties on the strength of weakly structures tropical soils. **Soil and Tillage Research**, v.28, n.1, p.1-13, 1993.
- RAHIMI, H.; PAZIRA, E.; TAJIK, F. Effect of soil organic matter, electrical conductivity and sodium adsorption ratio on tensile strength of aggregates. **Soil and Tillage Research**, v.54, p.145-153, 2000.
- REIS, D. A. **Resistência tênsil de agregados, friabilidade e compressibilidade de um solo construído sob plantas de cobertura na área de mineração de carvão em Candiota, RS.** Pelotas-RS. 94 p. Dissertação (Mestrado em Ciências- Solo). Universidade Federal de Pelotas, 2011.
- SANTOS, H. G ; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006, 306 p.
- SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, G. C.; CURTI, N.; DIAS JUNIOR, M. Potencial de uso e qualidade estrutural de dois solos cultivados com cana-de-açúcar em Goianésia (GO). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.159-168, 2009.
- TORMENA, C. A.; FIDALSKI, J.; ROSSI JUNIOR, W. Resistência tênsil e friabilidade de um Latossolo sob diferentes sistemas de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p. 33-42, 2008.
- TORMENA, C. A.; ARAÚJO, M. A.; FIDALSKI, J.; IMHOFF, S.; SILVA, A. P. Quantificação da resistência tênsil e da friabilidade de um Latossolo Vermelho distroférico sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 943-952, 2008a.
- UTOMO, W. H.; DEXTER, A. R. Soil friability. **Journal of Soil Science**, v.32, p. 203-213, 1981.
- WATTS, C.; DEXTER, A. R. The influence of organic matter in reducing the destabilization of soil by simulated tillage. **Soil and Tillage Research**, v.42, n.2, p.253-275, 1997.

WATTS, C.W.; DEXTER, A. R. Soil friability: Theory, measurement and the effects of management and organic carbon content. **European Journal of Soil Science**, v.49, p 73-84, 1998.

ZHANG, H. Organic matter incorporation affects on mechanical properties of soil aggregates. **Soil and Tillage Research**, 31:263-175, 1994.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADU, T. K.; OADES, J. M. Physical factors influencing decomposition of organic material in soil aggregates. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 10, p. 109-115, 1978.

ATLAS SOCIOECONÔMICO DO RIO GRANDE DO SUL. **Amendoim, Cana de açúcar e erva-mate**. Disponível em:

<<http://www.scp.rs.gov.br/atlas/atlas.asp?menu=269>>. Acesso em 27. Set de 2011.

ASSUNÇÃO, A.; SANTOS, L. de C.; ROCHA, M. R. da.; REIS, A. J. dos S.; TEIXEIRA, R. A.; LIMA, F. S. de O.; Efeito de indutores de resistência sobre *Meloidogyne incognita* em cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). **Revista Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 34, p. 49-56, 2010.

BALDOCK, J. A.; OADES, J. M.; WATERS, A. G.; PENG, X.; VASSALLO, A. M.; WILSON, M. A. Aspects of the chemico- structure of soil organic materials as revealed by solid-state C^{13} NMR-Spectroscopy. **Biogeochemistry**, v. 16, p. 1- 42, 1992.

BASOVO, M. A.; GIAROLA, N. F. B.; TORMENA, C. A.; PAULETTI, V. Preparo do solo em áreas de produção de grãos, silagem e pastejo: efeito na resistência tênsil e friabilidade de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 227-234, 2010.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, p. 105-112, 1997.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T. J. C.; MARTIN-NETO, L.; FERNANDES, S. V. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in Southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 54, p. 101-109. 2000.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um latossolo vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 677-683, 2004.

BOENI, M. **Proteção física da matéria orgânica em Latossolos sob sistemas com pastagens na região do cerrado brasileiro**, 2007. 136p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS.

CHRISTENSEN, B. T. Structure and organic matter storage in agricultural soils. In: CARTER, M.R.; STEWART, B.A. (Eds.). **Structure and organic matter storage in agricultural soils**. Boca Raton: CRC, 1996, p. 97-165.

CHRISTENSEN, B. T. **Organic matter in soil: structure, function and turnover**. Tjele: Dias, 2000. 95 p.

CHRISTENSEN, B. T. Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 52, p. 345-353, 2001.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB), Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar 2012/2013, 2012. Disponível em:

<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_08_09_15_07_05_boletim_cana_portugues_-_agosto_2012_2o_lev.pdf>. Acesso em 11. dez. de 2012.

COLLINS, H. P.; PAUL, E. A.; PAUSTIAN, K.; ELLIOTT, E. T. Characterization of soil organic carbon relative to its stability and turnover. In: PAUL, E. A.; PAUSTIAN, K.; ELLIOTT, E. T.; COLE, C. V. (Ed.). **Soil organic matter in temperate agroecosystems: long-term experiments in North America**. Boca Raton: CRC Press, 1997. p. 51-72.

CONCEIÇÃO, P. C. **Agregação e proteção física da matéria orgânica em dois solos do sul do Brasil**. 2006. 138 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

DEXTER, A. R.; KROESBERGEN, B. Methodology for determination of tensile strength of soil aggregates. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 31, p. 139-147, 1985.

DEXTER, A. R.; WATTS, C. Tensile strength and friability. In: SMITH, K. & MULLINS, C. (Eds.). **Soil and environmental analysis: Physical methods**. 2.ed. New York, Marcel Dekker, 2000. p.405-433.

DIEKOW, J. **Estoque e qualidade da matéria orgânica do solo em função de sistemas de culturas e adubação nitrogenada no sistema plantio direto**. 2003. 164f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: Doran, J. W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (Eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994, p. 1-20.

DORAN, J.W. Soil quality and sustainability. In: XXVI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, CD Rom... Rio de Janeiro, SBCS, 1997.

ELLIOTT, E. T. Aggregate structure and carbon, nitrogen, and phosphorus in native and cultivated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 50, p. 627-633, 1986.

FELLER, C.; ALBRECHT, A.; TESSIER, D. Aggregation and organic matter storage in kaolinitic and smectitic tropical soils. In: CARTER, M. R.; STEWART, B. A. (Ed.).

Structure and organic matter storage in agricultural soils. Boca Raton: Lewis, 1996. p. 309-359.

FERNANDES, C.; CORÁ, J. E.; MARCELO, A. V. Atributos físicos de Latossolos Vermelhos após diferentes usos no período de reforma do canavial. In: XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Uberlândia- MG, **CD Rom...**Uberlândia: SBCS, 2011.

FERREIRA, R. R. M.; FILHO, J. T.; FERREIRA, V. M. Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. **Revista Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 913-932, 2010.

GALDOS, M. V.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P.; Soil carbon stocks under burned and unburned sugarcane in Brazil. **Geoderma**, v. 153, p. 347-352, 2009.

GREGORICH, E. G.; ELLERT, B. H. Light fraction and macroorganic matter in mineral soils. In: CARTER, M. R. **Soil sampling and methods of analysis.** Boca Raton: Lewis, 1993. p. 397-407.

GREGORICH, E. G.; JANZEN, H. H. Storage of soil carbon in the light fraction and macroorganic matter. In: CARTER, M. R.; STEWART, B. A. (Eds.). **Structure and organic matter storage in agriculture soils.** Boca Raton: CRC Lewis, 1996, p.167-190.

GREGORICH, E. G.; BEARE, M. H.; McKIM, U. F.; SKJEMSTAD, J. O. Chemical and biological characteristics of physically uncomplexed organic matter. **Soil Science Society of America Journal**, v.70, p.975-985, 2006.

GOLCHIN, A.; OADES, J. M.; SKJEMSTAD, J. O.; CLARKE, P. Study of free and occluded particulate organic matter in soils by solid state ¹³C CP/MAS NMR spectroscopy and scanning electron microscopy. **Australian Journal of Soil Research**, v. 32, p. 285-309, 1994.

GOLCHIN, A.; BALDOCK, J. A.; OADES, J. M. A model linking organic matter decomposition, chemistry, and aggregate dynamics. In: LAL, R.; KIMBLE, J. M.; FOLLETT, R. F.; STEWART, B. A. (Ed.). **Soil processes and the carbon cycle.** Boca Raton: CRC Press, 1997. p. 245-266.

GUERRA, J. G. M.; SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CAMARGO, F. A. O. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: SANTOS. G. A.; SILVA. L. S; CANELLAS. L. P; CAMARGO. F. A. O. (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo – Ecossistemas Tropicais e Subtropicais.** Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 19-26.

GUIMARÃES, R. M. L.; TORMENA, C. A.; ALVES, S. J.; FIDALSKI, J.; BLAINSKI, E. Tensile strength, friability and organic carbon in an Oxisol under a crop-livestock system. **Scientia Agrícola**, v. 66, p. 499-505, 2009.

- HASSINK, J.; BOUWMAN, L. A.; ZWART, K. B.; BLOEM, J.; BRUSSAARD, L. Relationships between soil texture, physical protection of organic matter, soil biota, and C and N mineralization in grassland soils. **Geoderma**, v. 57, p. 105-128, 1993.
- IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; DEXTER, A. R. Factors contributing to the tensile strength and friability of Oxisols. **Soil Science Society of American Journal**, v. 66, p. 1656-1661, 2002.
- KAY, B. D.; ANGERS, D. A. Soil structure. In: SUMNER, M. E. (Ed.) **Handbook of soil science**. Boca Raton: CRC Press, 1999. p.229-276.
- KAY, B. D.; DEXTER, A. R. The influence of dispersible clay and wetting/drying cycles on the tensile strength of a Red-Brown Earth. **Australian Journal of Soil Research**, v. 30, p. 297-310, 1992.
- LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J. W. et al. (Eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: ASA/SSSA, 1994. p. 37-51.
- LEY, G. J.; MULLINS, C. E.; LAL, R. Effects of soil properties on the strength of weakly structures tropical soils. **Soil and Tillage Research**, v.28, p.1-13, 1993.
- LUCA, E. F.; FELLER, C.; CERRI, C. C.; BARTHÈS, B.; CHAPLOT, V.; CAMPOS, D. C.; MANECHINI, C. Avaliação de atributos físicos e estoque de carbono e nitrogênio em solos com queima e sem queima de canavial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 789-800, 2008.
- MARTINS, E. L.; CORINGA, J. E. S.; WEBER, O. L. S. Carbono orgânico nas frações granulométricas e substâncias húmicas de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico- LVAd sob diferentes agrossistemas. **Acta Amazonica**, v. 39, p. 655-660, 2009.
- MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p.1-8.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Cana-de-açúcar, 2012. Disponível em:
<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cana-de-açúcar>. Acesso em: 15 de dezembro de 2012.
- MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. 4. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2010. 264 p.
- MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. A; SILVA, L. S; CANELLAS, L. P; CAMARGO, F. A. O. (Eds.). **Fundamentos da**

matéria orgânica do solo – Ecossistemas Tropicais e Subtropicais. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 1-5.

NEVES, C. S. V. J.; FELLER, C.; KOUAKOUA, E. Efeito do manejo do solo e da matéria orgânica solúvel em água quente na estabilidade de agregados de um Latossolo argiloso. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 5, p. 1410-1415, 2006.

OADES, J. M. Soil organic-matter and structural stability –mechanisms and implications for management. **Plant Soil**, v. 76, p. 319-337, 1984.

OADES, J. M.; WATERS, A. G. Aggregate hierarchy in soils. **Australian Journal of Soil Research**, Collingwood, v. 29, p. 815-828, 1991.

PAUL, E. A.; CLARK, E. E. **Soil Microbiology and Biochemistry**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1996. 340p.

PILLON, C. N. **Alterações no conteúdo e qualidade da matéria orgânica do solo, induzidas por sistemas de cultura em plantio direto**. 2000. 232 f. Tese (Doutorado em Agronomia- Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PILLON, C. N.; LIMA, C. L. R.; BORBA, M. F. S.; CRUZ, L. E. C.; FLORES, C. A. Indicadores da qualidade de um Cambissolo sob sistemas de manejo da pecuária familiar na Serra do Sudeste, RS. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento n° 37**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. 26p.

PILLON, C. N.; SANTOS, D. C.; LIMA, C. L. R.; ANTUNES, L. O. Carbono e nitrogênio de um Argissolo Vermelho sob floresta, pastagem e mata nativa. **Revista Ciência Rural**, v. 41, p. 447-453, 2011.

RAHIMI, H.; PAZIRA, E.; TAJIK, F. Effect of soil organic matter, electrical conductivity and sodium adsorption ratio on tensile strength of aggregates. **Soil and Tillage Research**, v.54, p.145-153, 2000.

ROSCOE, R.; MACHADO, L. O. A. **Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2002. 86p.

ROSCOE, R.; MADAR, B. E.; MACHADO, P. L. O. A. Fracionamento físico do solo ma obtenção de compartimentos mensuráveis para uso em simuladores da dinâmica da matéria orgânica. In: **Dinâmica da matéria orgânica em sistemas conservacionistas. Modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados. EMBRAPA – Agropecuária Oeste, 2006. p.107-132.

ROSSETO, R.; SANTIAGO, A. D. **Plantio da cana-de-açúcar**. Disponível em:

<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/canadeaacucar/arvore/CONTAG01_33_711200516717.html>. Acesso em: 20 jan. 2013.

- SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRICIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C. **Matéria orgânica do solo na integração lavoura-pecuária em Mato Grosso do Sul**. Boletim de pesquisa e desenvolvimento n°. 29, Embrapa Agropecuária Oeste. Dourados , 2005.
- SANTOS, D. C.; LIMA, C. L. R.; FLORES, C. A.; PILLON, C. N.; KUNDE, R. J.; SANDRINI, W. C. **Avaliação da Qualidade Física e da Matéria Orgânica de um Argissolo Vermelho Derivado de Arenito da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento n° 100. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009, 26p.
- SANTOS, D. C.; PILLON, C. N.; FLORES, C. A.; LIMA, C. L. R.; CARDOSO, E. M. C.; PERREIRA, B. F.; MANGRICH, A. S. Agregação e frações físicas da matéria orgânica de um Argissolo Vermelho sob sistemas de uso no Bioma Pampa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, 1735-1744, 2011.
- SANTOS, D. C.; LIMA, C. L.; KUNDE, R. J.; CARVALHO, J. S.; ABEIJON, L. M.; PILLON, C. N. Agregação e proteção física da matéria orgânica em Planossolo Háplico sob diferentes sistemas de manejo. **Bioscience Journal**, v. 28, p. 54-63, 2012.
- SCHUCH, H. **Subcomissão da cana-de-açúcar, do álcool e do etanol**. Relatório Técnico. Porto Alegre, 2007.
- SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, G. C.; CURI, N.; JÚNIOR, M. S. D. Potencial de uso e qualidade estrutural de dois solos cultivados com cana-de-açúcar em Goianésia (GO). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 159-168, 2009.
- SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, p.113-117, 1997.
- SIX, J.; CONANT, R. T.; PAUL, E. A.; PAUSTIAN, K. Stabilization mechanisms of soil organic matter: implications for C-saturation of soils. **Plant and Soil**, v. 241, p. 155-176, 2002.
- SOLLINS, P.; HOMANN, P.; CALDWELL, B. A. Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls. **Geoderma**, v. 74, p. 65-105, 1996.
- SOUZA, Z. M.; PRADO, R. M.; PAIXÃO, A. C. S.; CESARIN, L. G. Sistemas de colheita e manejo de palhada da cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, p.271-278, 2005.

- SOUZA, Z. M.; BEUTLER, A. N.; PRADO, R. M.; BENTO, M. J. C. Efeito de sistemas de colheita de cana-de-açúcar nos atributos físicos de um Latossolo Vermelho. **Científica**, Jaboticabal, v.34, p.31-38, 2006.
- SOUZA, H. A.; VALENTEMARCELO, A.; CENTURION, J. F. Carbono orgânico e agregação de um Latossolo Vermelho com colheita mecanizada de cana-de-açúcar. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, p. 658-663, 2011.
- STEVENSON, F. J. **Humus chemistry genesis, composition, reactions**. 2. ed. New York: Wiley –Interscience publication, 1994. 495p.
- STRECK, E.V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: EMATER/RS, 2008. 222 p.
- TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Stabilization of soil aggregates by the root systems of ryegrass. **Australian Journal of Soil Research**, Victoria, v. 17, n. 3, p. 429-441, 1979.
- TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Organic matter and waterstable aggregates in soil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 33, n.2, p. 141-163, 1982.
- TISDALL, J. M. Fungal hyphae and structural stability of soil. **Australian Journal of Soil Research**, Collingwood, v.29, p.729-743, 1991.
- UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA (UDOP), 2013. **A lavoura da cana-de-açúcar**. Disponível em:
<<http://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=988#nc>>. Acesso em 12 fev. 2013.
- UTOMO, W. H.; DEXTER, A. R. Soil friability. **Journal of Soil Science**, v. 32, p. 203-213, 1981.
- VASCONCELOS, A. C. M. **Desenvolvimento do sistema radicular da parte aérea de socas de cana-de-açúcar sob dois sistemas de colheita: crua mecanizada e queimada manual**. 2002. 140p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- VASCONCELOS, R. F. B.; CANTALICE, J. R. B.; OLIVEIRA, V. S.; COSTA, Y. D. J.; CAVALCANTE, D. M. Estabilidade de agregados de um Latossolo Amarelo Distrocoeso de Tabuleiro Costeiro sob diferentes aportes de resíduos orgânicos da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 309-316, 2010.
- WATTS, C. W.; DEXTER, A. R. Soil friability: Theory, measurement and the effects of management and organic carbon content. **European Journal of Soil Science**, v. 49, p. 73-84, 1998.
- WATTS, C.; DEXTER, A. R. The influence of organic matter in reducing the destabilization of soil by simulated tillage. **Soil and Tillage Research**, v.42, p.253-275, 1997.

ZECH, W.; SENESI, N.; GUGGENBERGER, G.; KAISER, K.; LEHMANN, J.; MIANO, T. M.; MILTNER, A.; SCHROTH, G. Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. **Geoderma**, v. 79, p. 117-161, 1997.

ZSCHORNACK, T. **Fracionamento e estoques de carbono orgânico de solos de várzea sob campo natural no Rio Grande do Sul**, 2007. 88 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

6. APÊNDICES

Apêndice 1. Percentual de agregados estáveis em água (AEA) na camada de 0,00 a 0,05 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS.

9,52-4,76	4,76-2,00	2,00-1,00	1,00-0,50	0,50-0,25	<0,25
Tratamentos					
CP					
20,87	14,87	18,58	17,31	9,89	18,48
13,41	12,73	14,49	18,23	15,50	25,64
8,16	13,86	15,47	19,50	15,09	27,93
11,17	15,85	20,12	20,30	11,18	21,38
12,09	15,65	16,99	21,83	11,41	22,04
C2					
23,53	13,05	14,15	16,36	9,69	23,22
18,61	16,28	16,72	17,75	8,87	21,77
4,33	12,79	17,56	22,61	11,12	31,59
15,82	14,31	16,12	16,30	9,49	27,96
16,49	14,13	16,51	16,98	9,85	26,04
C4					
4,11	7,70	11,21	17,48	10,58	48,91
4,67	8,84	10,89	18,19	14,45	42,96
4,26	7,27	11,87	16,66	11,42	47,47
5,31	6,56	7,80	16,55	13,11	51,73
8,06	10,33	12,02	16,17	7,46	35,97
MN					
31,97	19,97	21,23	10,14	3,99	19,57
21,80	14,17	13,47	17,67	7,26	25,65
25,62	17,00	15,15	14,31	6,31	21,61
41,19	18,59	9,86	7,99	3,64	18,72
44,14	20,91	7,57	5,70	2,52	19,16

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa

Apêndice 2. Percentual de agregados estáveis em água (AEA) na camada de 0,05 a 0,10 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS.

9,52-4,76	4,76-2,00	2,00-1,00	1,00-0,50	0,50-0,25	<0,25
Tratamentos					
CP					
17,81	17,34	18,48	16,91	10,12	19,33
25,34	18,64	15,86	13,78	9,94	16,45
12,07	16,82	20,57	23,61	9,60	17,32
24,82	17,35	17,71	17,54	7,37	15,21
16,54	12,11	15,88	19,43	10,00	26,03
C2					
31,98	22,74	16,37	12,09	5,83	10,99
27,22	15,51	13,49	13,88	8,42	21,48
14,07	15,92	16,67	20,35	9,77	23,22
16,90	17,17	18,03	12,83	9,92	25,15
13,49	16,76	18,77	18,23	9,20	23,55
C4					
15,02	11,72	14,36	23,07	10,02	25,82
16,39	11,84	16,23	19,77	8,33	27,43
3,22	9,75	13,73	27,18	10,59	35,51
8,83	10,73	14,62	20,11	10,92	34,79
28,79	18,50	14,40	16,06	5,92	16,33
MN					
30,35	21,57	13,79	11,96	5,78	16,56
11,27	13,62	14,48	22,52	11,56	26,56
48,84	19,97	10,40	6,25	2,87	11,67
62,35	14,59	7,61	6,12	2,85	6,50

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa

Apêndice 3. Percentual de agregados estáveis em água (AEA) na camada de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS.

9,52-4,76	4,76-2,00	2,00-1,00	1,00-0,50	0,50-0,25	<0,25
Tratamentos					
CP					
36,81	14,23	11,27	13,21	6,56	17,93
37,54	17,90	14,33	11,48	4,27	14,48
46,24	21,98	8,96	9,43	4,85	8,53
25,23	25,39	19,47	11,22	6,72	11,97
21,38	16,98	14,77	17,77	7,80	21,31
C2					
32,17	17,40	14,36	13,98	7,68	14,41
17,99	17,02	16,84	19,68	9,05	19,41
19,58	19,07	20,17	16,05	7,40	17,72
18,23	16,34	19,32	18,73	8,56	18,82
21,83	17,60	17,52	17,30	8,30	17,65
C4					
12,24	13,63	15,76	19,45	11,38	27,53
10,90	16,97	15,57	21,21	11,75	23,61
2,80	11,17	15,96	23,68	9,90	36,48
12,86	15,54	14,33	19,09	9,79	28,39
33,75	18,58	13,86	12,07	4,69	17,05
MN					
45,38	19,25	13,33	8,35	4,08	9,60
14,16	13,73	14,00	15,41	9,37	33,32
39,49	17,85	10,10	8,82	5,16	18,58
49,08	17,75	9,42	8,68	3,99	11,08
39,18	17,23	10,16	11,64	5,86	15,93

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa

Apêndice 4. Resistência tênsil na camada de 0,00 a 0,05 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS.

CP	Tratamentos		
	C2	C4	MN
27,79	34,64	27,81	21,23
117,27	87,30	92,90	18,47
89,36	17,06	189,79	108,01
41,51	29,94	60,17	44,99
45,33	37,54	150,99	69,63
128,26	203,85	40,98	64,17
32,06	39,14	79,87	52,05
71,76	54,99	94,62	73,12
36,19	52,44	152,99	96,88
52,67	121,89	45,50	115,30
45,36	133,04	48,94	48,33
42,96	82,39	70,55	69,12
40,49	85,08	46,74	100,18
34,90	50,40	57,92	50,23
23,36	51,30	39,73	98,48
108,06	81,34	86,22	85,62
22,96	61,82	195,74	96,81
70,19	98,22	38,63	21,26
64,27	183,43	57,34	73,73
44,75	54,98	46,85	44,05
149,59	45,68	55,38	42,57
58,03	68,73	42,08	110,72
72,94	31,09	222,22	62,49
182,82	167,18	42,15	102,50
26,29	146,29	230,45	81,78
169,59	93,61	143,96	93,61
218,12	173,72	155,15	112,66
174,07	286,28	91,88	170,37
95,93	102,13	90,50	116,22
187,36	150,94	186,22	113,83

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa

Apêndice 5. Resistência tênsil na camada de 0,00 a 0,05 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS (Continuação)

CP	Tratamentos		
	C2	C4	MN
43,37	200,75	67,14	14,62
41,54	143,51	36,49	44,08
54,35	251,43	42,23	88,19
43,52	17,71	75,15	53,64
106,07	149,79	54,39	32,05
30,98	97,06	61,01	27,14
30,54	104,36	69,95	22,83
51,86	65,17	178,20	48,55
146,02	81,07	39,23	71,17
154,86	81,75	165,38	52,94
93,39	43,66	64,44	45,06
56,86	36,13	76,07	46,15
68,70	43,98	57,63	59,84
50,07	33,48	115,56	58,31
86,52	64,50	114,87	21,73
149,75	117,77	85,81	17,99
45,58	129,39	138,92	56,17
113,89	62,65	162,96	68,55
94,85	152,15	115,27	42,78
97,79	56,05	152,17	32,83
58,89	37,79	194,98	42,40
43,55	70,01	35,64	70,41
103,13	38,08	42,56	40,20
60,75	96,66	135,59	70,51
88,84	102,63	179,99	31,75
59,29	87,65	83,11	46,24
51,06	66,33	23,95	73,29
91,56	142,44	62,13	82,48
186,95	100,49	73,37	156,01
184,23	152,72	120,77	72,65

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa

Apêndice 6. Resistência tênsil na camada de 0,00 a 0,05 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS (Continuação)

CP	Tratamentos		
	C2	C4	MN
52,54	135,59	52,06	2,95
98,48	68,45	57,17	29,36
92,09	89,72	86,11	31,01
69,85	52,46	303,74	21,02
76,10	45,05	41,64	64,11
89,78	46,76	185,80	12,80
91,66	64,46	52,21	34,34
125,26	103,49	136,90	81,87
101,92	78,53	186,92	40,02
115,49	176,64	105,92	64,60
55,39	70,64	87,82	47,89
59,95	70,09	86,89	135,58
44,51	48,19	38,79	111,46
156,05	128,20	130,39	51,27
146,18	176,03	18,92	130,01
57,11	84,98	39,22	79,62
23,39	60,18	108,88	36,47
47,31	82,52	126,37	36,13
111,65	99,89	87,71	58,62
142,65	91,18	83,87	80,98
92,35	95,70	47,14	154,50
49,79	36,67	110,97	77,52
39,42	24,68	144,53	93,00
38,47	39,41	113,82	104,05
37,55	152,77	47,76	152,01
146,73	54,36	33,31	117,56
87,84	132,21	93,14	34,76
92,61	208,76	78,93	28,79
108,91	44,98	211,22	81,58
39,10	200,17	54,45	30,83

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa

Apêndice 7. Resistência tênsil na camada de 0,00 a 0,05 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS (Continuação)

CP	Tratamentos		
	C2	C4	MN
70,55	157,14	118,94	14,52
36,27	31,69	53,74	35,87
9,62	138,20	67,11	103,11
133,37	47,77	32,87	35,28
99,60	25,11	44,37	32,51
41,54	93,99	97,77	77,83
133,30	26,64	51,67	82,83
34,39	224,24	30,21	42,17
149,14	127,64	93,70	25,22
53,43	116,11	54,13	43,55
188,32	121,13	152,84	24,71
114,02	204,55	91,78	58,72
46,85	45,43	47,21	22,27
11,90	24,72	29,09	118,35
219,37	57,78	33,96	91,21
65,80	127,81	52,30	50,85
121,22	100,62	28,17	22,31
73,56	279,25	62,68	25,95
81,70	86,80	44,48	111,93
137,46	48,67	98,61	119,10
87,18	77,58	61,39	75,36
97,11	34,37	69,12	119,37
134,22	36,46	52,96	118,32
143,91	55,71	125,90	113,34
96,19	127,99	36,93	53,47
67,57	148,88	16,22	30,90
144,86	59,77	28,11	66,97
55,33	97,81	178,38	74,85
44,28	33,69	46,69	123,82
80,01	45,63	93,93	121,53

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa

Apêndice 8. Resistência tênsil na camada de 0,00 a 0,05 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS (Continuação)

CP	Tratamentos		
	C2	C4	MN
92,43	147,17	96,85	22,04
84,90	21,21	98,32	52,81
63,90	47,66	119,80	38,80
61,21	20,57	120,40	66,39
26,87	33,21	119,40	71,53
77,17	49,75	87,33	22,74
179,23	43,89	40,86	13,09
16,31	71,81	112,30	43,38
63,45	81,72	119,69	126,80
52,80	102,23	32,94	31,74
30,97	32,93	161,97	25,48
30,62	61,18	189,44	109,61
144,97	36,71	65,07	51,19
80,22	87,14	69,20	35,34
154,47	80,12	73,67	73,30
20,07	53,84	61,81	75,86
81,43	179,85	70,78	81,30
42,20	60,01	171,84	59,86
48,37	131,75	68,23	93,53
116,89	42,05	43,60	66,06
27,77	249,71	57,07	38,03
98,36	158,85	181,71	138,51
90,47	39,19	42,48	101,04
170,85	135,41	100,92	51,17
172,58	145,91	165,53	33,11
80,51	171,92	121,12	130,45
85,11	182,88	128,55	109,98
64,14	195,72	134,86	61,91
80,84	50,65	128,96	99,47
169,35	99,03	108,68	145,27

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa

Apêndice 9. Resistência tênsil na camada de 0,05 a 0,10 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS.

CP	Tratamentos			MN
	C2	C4		
74,72	150,32	70,66		74,85
69,29	186,35	95,63		74,70
150,88	141,84	101,31		76,34
105,58	187,13	103,63		91,94
130,94	182,71	109,30		112,66
110,99	189,56	176,72		74,77
221,96	25,18	119,39		85,14
128,27	38,92	204,60		43,12
317,93	84,80	113,52		93,17
62,91	144,62	206,95		59,32
43,49	213,20	59,14		71,49
66,25	197,53	177,56		37,64
152,03	50,97	83,43		51,53
58,13	49,76	180,81		96,73
38,81	227,32	107,58		92,61
78,75	115,22	121,12		91,13
64,51	51,31	223,59		55,32
165,50	22,27	145,90		117,55
111,14	32,74	120,43		70,21
136,88	94,51	163,37		48,08
65,39	227,94	147,41		78,91
130,66	184,60	154,28		41,32
115,92	52,24	186,21		69,68
81,55	21,79	84,99		80,63
43,36	48,08	138,10		25,97
36,26	25,89	115,12		57,27
83,75	35,28	124,30		109,64
78,00	211,43	69,60		49,80
149,63	177,96	120,16		86,43
129,01	200,33	172,02		88,90

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa

Apêndice 10. Resistência tênsil na camada de 0,05 a 0,10 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS (Continuação)

	Tratamentos			
	CP	C2	C4	MN
181,28	130,04	102,66	129,04	
54,30	82,24	147,15	32,40	
46,56	66,16	88,89	84,32	
142,91	177,28	112,15	49,40	
68,65	101,14	159,93	60,05	
40,39	32,42	190,53	98,79	
169,66	93,24	236,49	77,52	
67,85	175,69	149,06	79,70	
131,83	109,37	142,13	80,67	
98,46	204,01	207,03	45,72	
88,69	167,81	50,13	93,68	
129,71	97,53	198,57	24,66	
181,70	32,81	151,00	48,41	
51,09	129,61	120,95	101,37	
45,92	218,06	17,29	101,95	
52,66	141,38	150,90	91,24	
44,21	5,02	64,89	62,37	
90,04	136,86	77,04	74,73	
58,94	158,00	37,71	102,07	
112,34	107,25	95,05	42,63	
32,07	150,30	213,90	100,96	
72,12	76,04	238,07	82,10	
109,05	63,91	248,01	92,01	
39,30	26,16	129,64	48,88	
56,72	191,68	187,04	70,40	
138,98	178,16	176,23	100,67	
58,77	23,94	70,59	80,49	
148,26	161,48	79,95	85,26	
74,07	122,91	143,11	60,77	
247,09	124,76	133,03	93,23	

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa

Apêndice 11. Resistência tênsil na camada de 0,05 a 0,10 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS (Continuação)

CP	Tratamentos		
	C2	C4	MN
107,09	149,14	254,45	29,78
25,69	135,52	115,55	108,25
34,26	166,24	79,78	31,48
35,81	154,81	35,98	71,48
35,02	116,13	159,21	26,81
101,73	110,48	106,27	20,53
29,33	195,50	132,08	16,13
24,28	201,80	37,57	103,14
43,07	152,60	101,59	40,81
31,60	142,20	127,68	14,04
107,39	110,55	78,99	49,35
51,42	116,67	74,57	71,08
84,31	89,74	92,36	43,12
19,19	104,79	163,87	26,56
48,59	67,04	296,40	66,87
19,22	93,89	79,21	22,80
40,93	197,15	90,78	73,51
138,33	149,08	90,94	51,47
230,58	70,11	91,84	85,28
111,43	128,09	48,78	56,86
60,38	49,31	127,93	43,84
219,09	288,74	44,89	6,60
79,18	53,50	65,05	5,29
41,46	163,34	88,87	30,26
29,94	68,06	69,27	45,70
230,52	47,17	146,74	54,52
227,72	128,91	170,70	41,87
172,95	68,29	18,57	65,39
131,27	123,04	62,14	74,02
92,47	69,54	98,83	70,55

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa

Apêndice 12. Resistência tênsil na camada de 0,05 a 0,10 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS (Continuação)

CP	Tratamentos		
	C2	C4	MN
72,20	147,05	60,64	103,94
91,08	138,87	144,75	64,02
31,85	68,01	69,06	30,55
42,94	46,30	158,49	60,23
26,96	105,51	242,04	72,02
32,36	153,73	54,44	35,11
104,87	177,49	237,10	125,95
82,35	176,12	271,48	75,26
67,07	36,99	165,03	58,80
100,94	98,18	67,66	66,30
54,53	156,15	146,83	37,74
299,39	138,86	93,55	67,78
47,20	234,30	45,67	55,38
54,87	55,33	186,91	74,68
45,02	238,84	164,53	120,75
105,69	113,49	70,63	87,96
35,38	195,67	93,89	41,77
59,78	74,88	69,03	91,20
48,82	31,64	100,61	113,94
113,33	32,30	134,07	18,33
51,62	39,43	150,03	68,51
106,03	61,09	72,44	120,31
51,16	61,19	83,91	107,62
59,32	138,75	170,44	106,72
68,22	53,44	67,41	120,22
111,44	156,01	89,03	51,06
77,85	112,62	103,06	55,13
105,87	51,03	76,29	122,06
73,32	199,53	76,83	67,34
111,14	165,83	133,97	113,37

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa

Apêndice 13. Resistência tênsil na camada de 0,05 a 0,10 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS (Continuação)

Tratamentos				
CP	C2	C4	MN	
142,69	56,17	228,79	61,55	
144,85	138,59	101,15	29,61	
52,02	47,76	89,04	88,18	
46,79	52,62	139,04	61,17	
45,44	49,73	90,91	52,17	
41,22	162,50	206,12	96,05	
32,29	64,75	155,71	49,75	
187,24	236,75	68,52	36,89	
185,18	57,32	75,13	53,74	
156,27	67,59	44,85	71,33	
103,68	116,26	171,55	100,24	
91,05	114,54	80,09	38,55	
54,83	167,82	15,92	37,39	
155,40	178,44	128,06	25,91	
174,38	37,27	226,37	104,27	
68,14	55,70	211,54	54,96	
38,39	161,01	44,40	35,55	
67,42	142,13	156,34	126,95	
42,60	98,03	177,30	51,62	
83,97	86,13	45,19	59,74	
27,03	228,40	167,62	20,12	
72,28	231,39	94,60	43,66	
91,65	44,68	242,31	160,59	
102,30	107,67	273,42	150,28	
43,66	52,50	176,86	43,08	
67,49	189,20	254,31	72,68	
139,82	230,48	112,24	80,66	
62,24	184,95	151,37	100,41	
104,94	95,61	164,38	174,92	
137,36	93,12	53,61	97,69	

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa

Apêndice 14. Resistência tênsil na camada de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS.

	Tratamentos			
	CP	C2	C4	MN
66,43	94,23	84,98	103,16	
97,39	22,38	152,77	36,75	
72,87	31,74	176,62	60,89	
45,64	168,72	229,22	91,85	
128,30	37,03	164,13	33,80	
94,61	25,81	123,18	36,23	
144,27	132,98	260,75	55,92	
47,40	30,04	109,39	44,43	
188,28	139,28	88,89	105,94	
206,97	103,15	98,30	87,13	
69,29	20,54	158,63	69,69	
145,71	170,30	176,65	54,70	
40,02	164,55	179,10	163,54	
106,34	143,59	235,18	104,93	
63,39	34,48	179,79	111,58	
76,90	159,52	184,65	104,72	
58,23	163,43	194,35	59,82	
41,70	196,75	75,55	41,89	
44,68	237,99	111,57	100,66	
116,45	36,38	170,82	86,44	
158,11	20,16	94,35	142,50	
138,73	196,40	105,04	100,50	
75,98	235,13	52,62	63,98	
144,38	61,23	125,56	67,47	
201,11	159,44	60,25	35,22	
159,62	228,02	97,57	59,06	
223,61	291,50	88,30	70,15	
67,75	186,59	103,97	149,67	
46,09	96,64	294,68	118,01	
195,39	62,15	91,91	111,75	

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa

Apêndice 15. Resistência tênsil na camada de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS (Continuação)

CP	Tratamentos		
	C2	C4	MN
24,48	137,29	217,75	70,90
27,76	236,48	131,76	145,28
22,06	149,82	78,39	54,11
176,50	134,35	84,21	59,59
58,37	140,04	62,75	77,18
168,25	165,76	57,54	116,27
168,12	81,35	200,03	25,94
83,98	58,94	127,62	60,25
163,15	38,50	237,99	71,66
54,55	225,64	121,68	75,99
169,12	65,79	246,69	79,83
99,81	209,17	198,53	22,29
166,47	121,68	79,56	53,62
208,74	55,50	87,93	57,68
109,98	153,93	67,39	140,00
188,92	59,32	202,65	81,43
149,89	133,49	115,96	132,26
44,53	89,39	91,92	61,84
296,43	101,31	188,12	42,15
105,07	77,40	185,18	182,78
97,13	66,56	189,26	70,82
63,87	100,41	191,20	41,70
150,27	118,28	222,22	93,72
51,96	48,49	49,33	93,83
33,85	244,02	118,42	77,31
155,87	69,32	96,62	73,13
91,29	150,51	128,52	134,65
118,10	71,42	90,98	24,16
45,49	87,71	186,16	97,01
44,88	187,39	121,51	69,02

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa

Apêndice 16. Resistência tênsil na camada de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS (Continuação)

CP	Tratamentos		
	C2	C4	MN
47,08	284,93	264,68	43,45
120,19	113,15	27,50	68,05
83,33	137,80	122,96	84,93
110,19	264,02	35,67	51,08
88,90	51,72	74,64	56,19
147,98	66,02	136,49	63,20
65,68	64,77	193,21	156,78
136,72	180,66	136,09	71,66
215,79	49,56	272,72	90,94
61,01	158,44	185,37	120,76
55,98	43,44	120,40	40,12
108,52	75,08	100,32	60,89
22,48	111,38	215,83	66,94
162,74	184,30	69,71	47,98
113,31	37,76	128,07	99,92
44,72	128,51	40,95	122,24
176,63	57,83	114,29	106,53
99,37	247,00	49,52	77,87
154,85	136,42	133,32	80,88
92,58	146,80	113,29	165,95
200,37	146,54	164,03	46,45
247,24	14,37	123,11	78,98
43,61	128,09	183,75	64,60
134,29	148,57	132,52	14,28
87,15	186,70	137,60	16,64
205,20	150,78	59,97	142,39
112,16	35,16	115,23	30,57
21,24	54,94	207,01	88,85
60,89	50,42	175,96	136,08
266,54	27,25	47,04	90,37

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa

Apêndice 17. Resistência tênsil na camada de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS (Continuação)

CP	Tratamentos			MN
	C2	C4		
169,30	81,47	220,43		139,39
135,85	190,19	25,56		69,92
84,81	260,98	136,04		104,80
149,20	81,57	194,78		61,78
26,53	101,36	37,87		94,25
112,32	59,33	79,17		120,85
65,53	43,46	186,24		84,44
56,90	58,60	204,70		50,51
60,86	170,42	182,10		100,09
158,18	44,97	150,11		111,32
68,59	102,78	211,20		112,40
140,36	157,60	78,34		67,73
43,32	118,79	136,96		30,12
72,03	22,38	127,99		36,72
98,44	267,69	269,44		125,93
43,89	86,36	45,14		123,93
107,01	44,32	132,19		47,51
48,17	30,81	111,78		47,22
110,86	37,98	106,25		83,23
140,73	183,91	156,61		145,65
123,97	110,06	214,20		146,36
100,28	129,81	155,88		63,35
226,08	61,28	111,36		33,64
96,36	180,01	57,11		103,66
79,99	174,79	191,42		67,34
80,28	79,21	200,85		93,85
161,41	23,19	77,74		140,12
80,05	57,17	197,65		93,03
93,28	166,90	186,68		59,78
196,92	28,58	138,15		97,58

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa

Apêndice 18. Resistência tênsil na camada de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS (Continuação)

CP	Tratamentos			MN
	C2	C4		
169,84	166,53	65,19		35,28
67,20	181,91	38,21		121,38
24,88	188,05	36,54		44,39
62,65	132,70	25,95		35,42
113,90	135,20	217,78		79,10
135,94	154,63	128,33		88,00
83,01	194,02	109,67		69,29
167,17	91,48	41,34		94,18
107,90	194,00	121,89		113,67
77,99	46,44	161,91		120,51
30,73	184,38	214,67		56,84
131,40	114,09	102,06		132,21
67,14	198,23	117,02		68,07
176,99	39,59	84,60		107,79
45,06	53,13	212,24		102,54
118,43	195,72	160,13		52,01
180,38	154,14	61,76		26,77
71,93	72,33	120,04		89,97
56,62	176,31	242,15		90,49
223,91	36,74	114,08		93,57
54,37	114,87	135,97		74,22
61,70	146,96	245,09		103,54
120,21	65,82	188,13		139,87
104,35	161,92	223,28		47,13
200,02	81,44	273,19		147,03
132,66	74,13	81,53		101,97
144,75	214,40	108,81		89,58
51,90	104,07	163,79		114,59
141,51	27,28	98,84		40,42
149,47	107,80	248,68		160,03

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa

Apêndice 19. Friabilidade (F) nas camadas de 0,00 a 0,05 m, de 0,05 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS

Tratamentos	Camadas (m)				
	0,00 a 0,05				
CP	0,70	0,53	0,45	0,55	0,58
C2	0,66	0,57	0,55	0,68	0,65
C4	0,64	0,53	0,63	0,59	0,42
MN	0,44	0,52	0,62	0,56	0,54
		0,05 a 0,10			
CP	0,56	0,57	0,79	0,64	0,54
C2	0,63	0,50	0,44	0,54	0,55
C4	0,33	0,45	0,57	0,50	0,51
MN	0,31	0,32	0,56	0,40	0,56
		0,10 a 0,20			
CP	0,52	0,60	0,56	0,46	0,49
C2	0,65	0,49	0,62	0,65	0,45
C4	0,43	0,43	0,50	0,43	0,52
MN	0,43	0,48	0,49	0,39	0,40

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa

Apêndice 20. Estoques de carbono orgânico total (COT) nas camadas de 0,00 a 0,05 m e de 0,05 a 0,10 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS

CP	Tratamentos		
	C2	C4	MN
0,00 a 0,05 m			
12,41	12,31	10,94	14,25
12,73	12,18	11,07	14,05
12,10	12,25	11,14	14,05
11,53	11,07	10,87	11,45
11,97	10,68	10,94	11,35
11,40	10,74	10,80	11,40
10,65	10,87	11,14	14,30
10,33	10,68	11,34	14,45
10,52	10,94	10,94	14,35
12,47	12,18	11,14	24,25
11,78	12,38	11,07	24,40
11,84	11,99	10,26	24,45
10,77	10,22	11,07	25,10
10,40	10,35	11,21	25,15
10,58	10,15	11,07	24,90
0,05 a 0,10 m			
11,58	11,01	10,66	14,31
12,10	11,15	12,01	14,47
11,52	11,01	11,86	14,15
12,16	11,15	12,17	13,07
12,48	11,08	12,09	13,61
12,29	11,01	11,63	13,01
10,30	11,30	12,01	10,04
9,98	11,08	11,78	10,21
10,05	11,15	11,63	10,26
11,39	12,30	11,32	18,31
11,33	12,30	10,93	18,20
11,26	11,87	10,78	17,93
10,24	10,58	11,63	16,20
9,79	10,87	12,17	15,39
9,92	10,51	12,01	15,55

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa

Apêndice 21. Estoques de carbono orgânico total (COT) na camada de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS

Tratamentos				
CP	C2	C4	MN	
0,10 a 0,20 m				
25,38	20,43	23,83	25,92	
25,11	20,43	23,51	25,67	
25,52	20,43	23,35	25,54	
24,98	19,70	23,02	19,10	
24,84	19,70	23,35	19,10	
24,17	19,26	22,86	19,47	
21,74	20,87	23,67	20,71	
21,60	20,58	23,67	20,58	
22,01	21,17	22,70	20,58	
22,95	21,61	22,38	24,68	
22,95	22,20	22,38	24,80	
22,14	21,46	22,70	24,68	
22,14	21,32	24,47	24,43	
22,14	21,61	24,63	24,80	
22,14	20,87	23,67	23,93	

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa

Apêndice 22. Estoques de carbono da fração grosseira (CFG) nas camadas de 0,00 a 0,05 m e de 0,05 a 0,10 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS

CP	Tratamentos		
	C2	C4	MN
0,00 a 0,05 m			
2,45	2,46	2,00	1,89
2,32	2,35	1,99	1,83
2,33	2,35	2,06	1,82
2,12	1,56	1,60	3,79
1,96	1,49	1,50	3,80
2,02	1,51	1,58	4,04
1,69	1,41	1,78	6,35
1,68	1,38	1,73	6,35
1,64	1,30	1,79	6,40
2,62	2,33	1,73	9,35
2,59	2,27	1,75	9,51
2,61	2,30	1,80	9,49
1,81	1,28	3,04	8,93
1,85	1,27	3,05	8,96
1,80	1,27	3,29	8,98
0,05 a 0,10 m			
1,89	1,16	1,76	3,02
2,10	1,30	1,88	3,11
1,91	1,19	1,87	3,02
2,12	1,27	1,65	4,39
2,11	1,16	1,65	4,20
2,02	1,32	1,76	4,22
1,40	1,10	2,09	2,64
1,48	1,03	1,89	2,69
1,42	1,03	2,03	2,59
1,90	1,60	1,59	3,77
1,98	1,52	1,61	3,80
2,00	1,55	1,66	3,94
1,49	0,97	2,28	3,26
1,44	1,01	2,49	3,41
1,46	1,05	2,32	3,26

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa

Apêndice 23. Estoques de carbono da fração grosseira (CFG) na camada de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS

CP	Tratamentos			MN
	C2		C4	
	0,10 a 0,20 m			
4,61	1,84		3,35	4,51
4,50	1,93		3,29	4,37
4,54	1,77		3,30	4,39
3,39	1,91		2,86	3,60
3,49	1,72		2,60	3,30
3,29	1,89		2,90	3,37
2,24	1,86		3,67	4,45
2,27	1,79		3,56	4,67
2,23	1,96		3,29	4,65
3,59	2,00		3,01	3,84
3,65	1,87		2,94	3,88
3,87	1,82		3,01	3,84
3,29	1,85		4,03	3,56
3,30	1,87		4,08	3,37
3,34	1,85		3,99	3,38

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa

Apêndice 24. Estoques de carbono associado aos minerais (CAM) nas camadas de 0,00 a 0,05 m e de 0,05 a 0,10 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS

CP	Tratamentos		
	C2	C4	MN
0,00 a 0,05 m			
9,96	9,86	8,93	12,36
10,41	9,83	9,08	12,22
9,77	9,90	9,08	12,23
9,41	9,51	9,27	7,66
10,01	9,19	9,43	7,55
9,38	9,23	9,22	7,36
8,95	9,47	9,36	7,95
8,65	9,29	9,61	8,10
8,88	9,64	9,14	7,95
9,86	9,85	9,41	14,90
9,19	10,11	9,32	14,89
9,23	9,69	8,46	14,96
8,96	8,94	8,03	16,17
8,55	9,08	8,16	16,19
8,78	8,89	7,78	15,92
0,05 a 0,10 m			
9,69	9,85	8,89	11,29
10,00	9,86	10,13	11,36
9,61	9,82	9,99	11,13
10,04	9,89	10,52	8,68
10,37	9,92	10,44	9,40
10,27	9,69	9,86	8,80
8,90	10,20	9,92	7,40
8,51	10,05	9,89	7,51
8,63	10,13	9,59	7,67
9,50	10,70	9,72	14,54
9,35	10,78	9,33	14,39
9,27	10,32	9,12	13,98
8,75	9,62	9,35	12,94
8,36	9,86	9,67	11,98
8,46	9,46	9,70	12,29

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa

Apêndice 25. Estoques de carbono associado aos minerais (CAM) na camada de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS

CP	Tratamentos			MN
	C2		C4	
	0,10 a 0,20 m			
20,77	18,59		20,48	21,40
20,61	18,51		20,22	21,29
20,98	18,67		20,05	21,15
21,59	17,79		20,16	15,50
21,35	17,98		20,75	15,80
20,88	17,37		19,96	16,10
19,50	19,02		20,00	16,26
19,33	18,79		20,11	15,92
19,78	19,20		19,41	15,93
19,36	19,60		19,37	20,84
19,30	20,32		19,44	20,92
18,27	19,64		19,69	20,84
18,85	19,46		20,44	20,87
18,84	19,73		20,55	21,43
18,80	19,02		19,68	20,55

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa

Apêndice 26. Estoques de carbono orgânico total (COT), fração leve- livre (FLL), fração leve-oclusa (FLO) e fração pesada (FP) na camada de 0,00 a 0,05 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS

Tratamentos	COT	FLL	FLO	FP
CP	12,73	0,71	1,60	10,41
	12,66	0,72	1,54	10,40
	12,10	0,72	1,42	9,96
	12,71	0,83	1,58	10,30
	12,35	0,81	1,47	10,07
C2	10,56	0,63	1,54	8,39
	10,50	0,62	1,48	8,40
	10,81	0,66	1,55	8,60
	10,68	0,66	1,62	8,40
	10,75	0,65	1,64	8,46
C4	11,95	0,66	1,87	9,42
	11,27	0,62	1,83	8,82
	11,59	0,64	1,79	9,16
	11,48	0,70	1,85	8,92
	11,54	0,74	1,82	8,98
MN	14,05	2,35	2,47	9,23
	14,30	2,23	2,54	9,53
	11,45	2,09	2,43	6,93
	21,38	3,79	3,36	14,23
	20,94	3,97	3,22	13,75

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa

Apêndice 27. Estoques de carbono orgânico total (COT), fração leve- livre (FLL), fração leve-oclusa (FLO) e fração pesada (FP) na camada de 0,05 a 0,10 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS

Tratamentos	COT	FLL	FLO	FP
CP	11,71	0,42	1,42	9,88
	11,65	0,36	1,45	9,84
	10,43	0,33	1,37	8,73
	10,85	0,42	1,49	8,94
	10,80	0,33	1,46	9,02
C2	10,93	0,30	1,50	9,13
	11,08	0,31	1,55	9,22
	11,44	0,27	1,72	9,45
	11,80	0,28	1,83	9,69
	11,65	0,25	1,82	9,58
C4	11,90	0,72	2,00	9,18
	12,01	0,76	1,94	9,32
	11,78	0,80	1,90	9,08
	11,84	0,71	1,97	9,17
	11,94	0,89	1,98	9,06
MN	13,79	1,48	2,39	9,92
	12,84	1,37	2,28	9,19
	11,54	1,26	2,23	8,05
	17,11	1,28	2,30	13,52
	15,67	1,54	2,45	11,67

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa

Apêndice 28. Estoques de carbono orgânico total (COT), fração leve- livre (FLL), fração leve-oclusa (FLO) e fração pesada (FP) na camada de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS

Tratamentos	COT	FLL	FLO	FP
CP	25,25	0,85	3,33	21,06
	24,71	0,82	3,47	20,42
	23,06	0,88	3,14	19,03
	23,90	0,84	3,37	19,69
	23,53	0,86	3,28	19,39
C2	24,67	0,36	2,52	21,78
	24,83	0,42	2,34	22,07
	24,86	0,36	2,45	22,05
	24,61	0,38	2,33	21,90
	24,40	0,44	2,52	21,45
C4	26,13	0,86	3,64	21,63
	25,62	0,85	3,65	21,12
	25,41	0,88	3,28	21,24
	24,29	1,04	3,18	20,08
	26,26	1,08	3,83	21,34
MN	29,88	1,44	4,70	23,74
	24,25	1,48	4,49	18,29
	25,30	1,51	4,91	18,88
	28,54	1,70	4,26	22,59
	28,69	1,57	5,05	22,08

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa

Apêndice 29. Índice de estoque de carbono (IEC) nas camadas de 0,00 a 0,05 m e de 0,05 a 0,10 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS

Tratamentos				
CP	C2	C4	MN	
0,00 a 0,05 m				
0,69	0,69	0,61	1,00	
0,71	0,68	0,62	1,00	
0,68	0,69	0,62	1,00	
0,65	0,62	0,61	1,00	
0,67	0,60	0,61	1,00	
0,64	0,60	0,60	1,00	
0,60	0,61	0,62	1,00	
0,58	0,60	0,63	1,00	
0,59	0,61	0,61	1,00	
0,70	0,68	0,62	1,00	
0,66	0,69	0,62	1,00	
0,66	0,67	0,57	1,00	
0,60	0,57	0,62	1,00	
0,58	0,58	0,63	1,00	
0,59	0,57	0,62	1,00	
0,05 a 0,10 m				
0,81	0,77	0,74	1,00	
0,85	0,78	0,84	1,00	
0,80	0,77	0,83	1,00	
0,85	0,78	0,85	1,00	
0,87	0,77	0,84	1,00	
0,86	0,77	0,81	1,00	
0,72	0,79	0,84	1,00	
0,70	0,77	0,82	1,00	
0,70	0,78	0,81	1,00	
0,80	0,86	0,79	1,00	
0,79	0,86	0,76	1,00	
0,79	0,83	0,75	1,00	
0,72	0,74	0,81	1,00	
0,68	0,76	0,85	1,00	
0,69	0,73	0,84	1,00	

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa

Apêndice 30. Índice de estoque de carbono (IEC) na camada de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS

Tratamentos				
CP	C2	C4	MN	
0,10 a 0,20 m				
1,11	0,89	1,04	1,00	
1,09	0,89	1,03	1,00	
1,11	0,89	1,02	1,00	
1,09	0,86	1,00	1,00	
1,08	0,86	1,02	1,00	
1,05	0,84	1,00	1,00	
0,95	0,91	1,03	1,00	
0,94	0,90	1,03	1,00	
0,96	0,92	0,99	1,00	
1,00	0,94	0,98	1,00	
1,00	0,97	0,98	1,00	
0,97	0,94	0,99	1,00	
0,97	0,93	1,07	1,00	
0,97	0,94	1,07	1,00	
0,97	0,91	1,03	1,00	

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa

Apêndice 31. Labilidade da matéria orgânica (L) nas camadas de 0,00 a 0,05 m e de 0,05 a 0,10 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS

Tratamentos				
CP	C2	C4	MN	
0,00 a 0,05 m				
0,25	0,25	0,22	0,15	
0,22	0,24	0,22	0,15	
0,24	0,24	0,23	0,15	
0,23	0,16	0,17	0,49	
0,20	0,16	0,16	0,50	
0,22	0,16	0,17	0,55	
0,19	0,15	0,19	0,80	
0,19	0,15	0,18	0,78	
0,18	0,14	0,20	0,80	
0,27	0,24	0,18	0,63	
0,28	0,22	0,19	0,64	
0,28	0,24	0,21	0,63	
0,20	0,14	0,38	0,55	
0,22	0,14	0,37	0,55	
0,21	0,14	0,42	0,56	
0,05 a 0,10 m				
0,19	0,12	0,20	0,27	
0,21	0,13	0,19	0,27	
0,20	0,12	0,19	0,27	
0,21	0,13	0,16	0,51	
0,20	0,12	0,16	0,45	
0,20	0,14	0,18	0,48	
0,16	0,11	0,21	0,36	
0,17	0,10	0,19	0,36	
0,16	0,10	0,21	0,34	
0,20	0,15	0,16	0,26	
0,21	0,14	0,17	0,26	
0,22	0,15	0,18	0,28	
0,17	0,10	0,24	0,25	
0,17	0,10	0,26	0,28	
0,17	0,11	0,24	0,27	

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa

Apêndice 32. Labilidade da matéria orgânica (L) na camada de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS

Tratamentos				
CP	C2	C4	MN	
0,10 a 0,20 m				
0,22	0,10	0,16	0,21	
0,22	0,10	0,16	0,21	
0,22	0,09	0,16	0,21	
0,16	0,11	0,14	0,23	
0,16	0,10	0,13	0,21	
0,16	0,11	0,15	0,21	
0,11	0,10	0,18	0,27	
0,12	0,10	0,18	0,29	
0,11	0,10	0,17	0,29	
0,19	0,10	0,16	0,18	
0,19	0,09	0,15	0,19	
0,21	0,09	0,15	0,18	
0,17	0,10	0,20	0,17	
0,18	0,09	0,20	0,16	
0,18	0,10	0,20	0,16	

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa

Apêndice 33. Índice de Manejo de Carbono (IMC) nas camadas de 0,00 a 0,05 m e de 0,05 a 0,10 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS

CP	Tratamentos			MN
	C2	C4		
0,00 a 0,05 m				
32,19	32,44	25,91		100,00
29,92	30,76	25,58		100,00
30,43	30,65	26,67		100,00
27,45	19,12	19,79		100,00
24,68	18,23	18,43		100,00
25,90	18,55	19,56		100,00
21,26	17,07	22,33		100,00
21,20	16,76	21,59		100,00
20,50	15,60	22,61		100,00
34,96	30,45	21,62		100,00
35,06	29,32	21,94		100,00
35,34	30,00	22,98		100,00
23,00	15,48	44,25		100,00
23,72	15,28	44,16		100,00
22,93	15,29	49,42		100,00
0,05 a 0,10 m				
48,24	27,64	45,15		100,00
54,28	31,36	47,72		100,00
48,91	28,61	47,49		100,00
54,91	30,59	40,68		100,00
54,27	27,71	40,94		100,00
51,50	32,00	44,43		100,00
34,64	26,01	54,01		100,00
36,98	24,38	48,00		100,00
35,19	24,12	52,70		100,00
48,59	39,31	39,65		100,00
51,33	37,04	40,27		100,00
51,85	38,12	41,81		100,00
37,26	22,72	60,53		100,00
35,93	23,83	66,94		100,00
36,56	24,95	61,29		100,00

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa

Apêndice 34. Índice de Manejo de Carbono (IMC) na camada de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS

CP	Tratamentos			MN
	C2	C4		
0,10 a 0,20 m				
116,02	41,64	80,27		100,00
112,92	43,78	78,60		100,00
113,61	39,77	79,05		100,00
80,63	43,41	67,32		100,00
83,63	38,68	60,18		100,00
78,30	43,00	68,33		100,00
51,36	41,97	89,27		100,00
52,14	40,32	86,21		100,00
51,04	44,55	79,19		100,00
87,60	45,46	71,50		100,00
89,41	42,08	69,71		100,00
96,36	40,87	71,45		100,00
79,57	41,72	99,23		100,00
79,93	42,22	100,65		100,00
80,91	41,82	98,67		100,00

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa

Apêndice 35. Densidade do solo (Ds) nas camadas de 0,00 a 0,05 m e de 0,05 a 0,10 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS

CP	Tratamentos		
	C2	C4	MN
0,00 a 0,05 m			
1,19	1,27	1,29	1,14
1,31	1,23	1,46	1,04
1,27	1,52	1,41	1,05
1,28	1,24	1,53	0,96
1,26	1,09	1,38	1,13
1,35	1,52	1,33	0,90
1,18	1,29	1,42	0,43
1,22	1,08	1,29	0,83
1,35	1,27	1,33	0,71
1,44	1,36	1,55	0,95
1,25	1,37	1,33	0,88
1,20	1,13	1,24	0,58
1,29	1,23	0,95	0,91
1,41	1,58	1,20	0,66
0,98	1,47	1,57	1,00
0,05 a 0,10 m			
1,14	1,55	1,51	0,90
1,32	1,34	1,65	0,89
1,30	1,66	1,56	1,02
1,34	1,48	1,56	1,31
1,22	1,31	1,56	1,18
1,51	1,58	1,52	1,03
1,16	1,40	1,53	0,92
1,16	1,23	1,27	0,98
1,43	1,45	1,71	0,85
1,16	1,48	1,66	0,82
1,24	1,49	1,51	0,98
1,10	1,24	1,63	0,97
1,26	1,36	1,40	0,92
1,49	1,45	1,54	1,12
1,37	1,54	1,58	1,11

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa

Apêndice 36. Densidade do solo (Ds) na camada de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS

CP	Tratamentos			MN
	C2	C4		
0,10 a 0,20 m				
1,45	1,49	1,53		1,11
1,43	1,41	1,61		1,18
1,25	1,64	1,67		1,21
1,48	1,54	1,64		1,23
1,55	1,38	1,54		1,12
1,48	1,63	1,59		1,13
1,19	1,50	1,65		1,17
1,20	1,49	1,55		1,00
1,48	1,35	1,52		1,21
1,25	1,47	1,67		1,05
1,30	1,50	1,59		1,07
1,10	1,25	1,76		1,07
1,27	1,41	1,57		1,26
1,35	1,54	1,77		1,21
1,45	1,58	1,59		1,08

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa

Apêndice 37. Percentual de argila, silte e areia na camada de 0,00 a 0,05 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS

	Tratamentos		
	Argila	Silte	Areia
CP	41,52	24,68	33,80
	43,54	24,81	31,65
	44,13	26,02	29,85
	49,12	19,93	30,95
	48,33	18,77	32,90
	50,43	24,87	24,70
C2	53,12	24,48	22,40
	50,72	25,63	23,65
	49,38	26,92	23,70
	47,77	27,13	25,10
	47,34	16,11	36,55
C4	45,62	20,53	33,85
	49,30	15,50	35,20
	47,76	17,69	34,55
	42,18	19,67	38,15
	49,39	19,16	31,45
MN	50,56	22,24	27,2
	51,13	21,07	27,8
	40,23	29,47	30,3
	47,83	26,02	26,15

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa

Apêndice 38. Percentual de argila, silte e areia na camada de 0,05 a 0,10 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS

	Tratamentos		
	Argila	Silte	Areia
CP	45,56	22,49	31,95
	43,44	22,51	34,05
	44,30	24,80	30,90
	49,06	23,24	27,70
	47,86	21,39	30,75
	50,64	25,46	23,90
C2	52,86	25,94	21,20
	49,10	25,40	25,50
	45,26	31,49	23,25
	49,56	27,79	22,65
	45,63	23,92	30,45
	49,77	20,48	29,75
C4	47,95	19,00	33,05
	47,74	21,76	30,50
	45,19	20,56	34,25
	45,12	28,23	26,65
MN	48,87	23,48	27,65
	45,26	30,29	24,45
	47,37	25,13	27,50

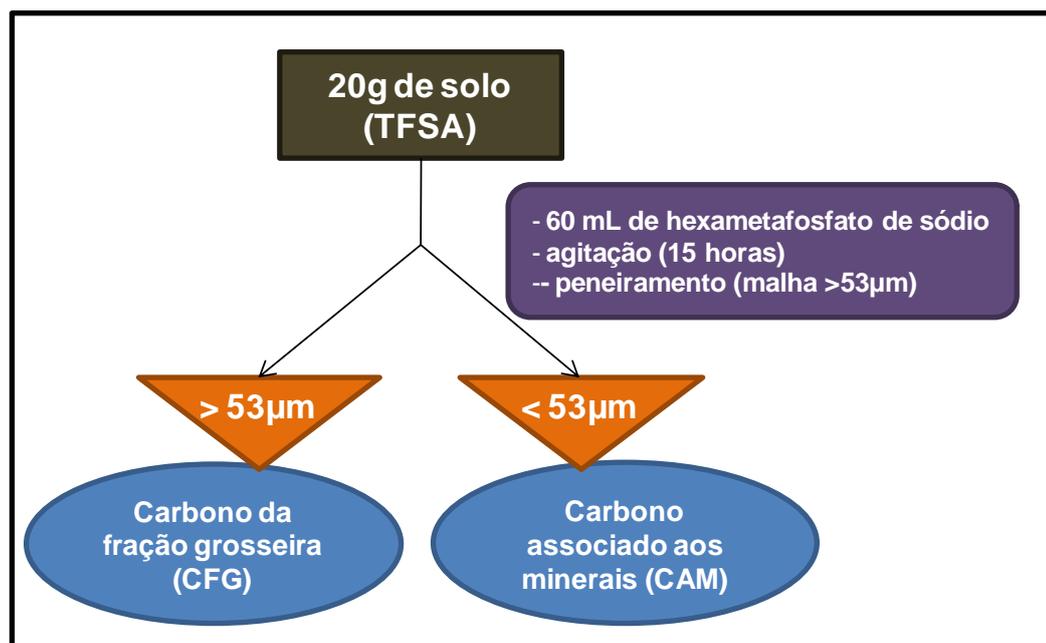
CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa

Apêndice 39. Percentual de argila, silte e areia na camada de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacuí, RS

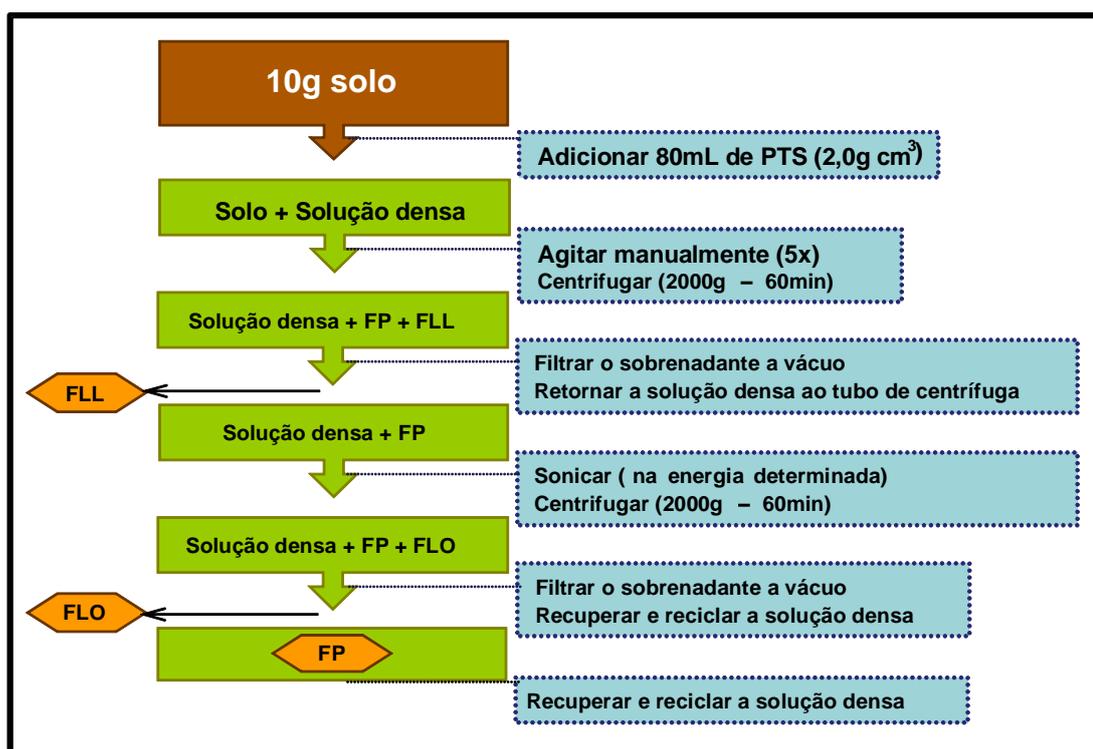
	Tratamentos		
	Argila	Silte	Areia
CP	49,42	16,68	33,90
	48,68	18,92	32,40
	48,99	19,91	31,10
	49,22	20,13	30,65
	48,73	18,77	32,50
	48,62	30,88	20,50
C2	55,47	24,58	19,95
	47,80	27,75	24,45
	53,11	24,34	22,55
	51,19	25,46	23,35
	46,28	20,82	32,90
C4	48,62	22,93	28,45
	49,72	19,73	30,55
	47,26	20,49	32,25
	44,98	20,17	34,85
MN	48,64	24,41	26,95
	46,98	24,62	28,40
	47,43	29,22	23,35
	45,57	29,58	24,85

CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa

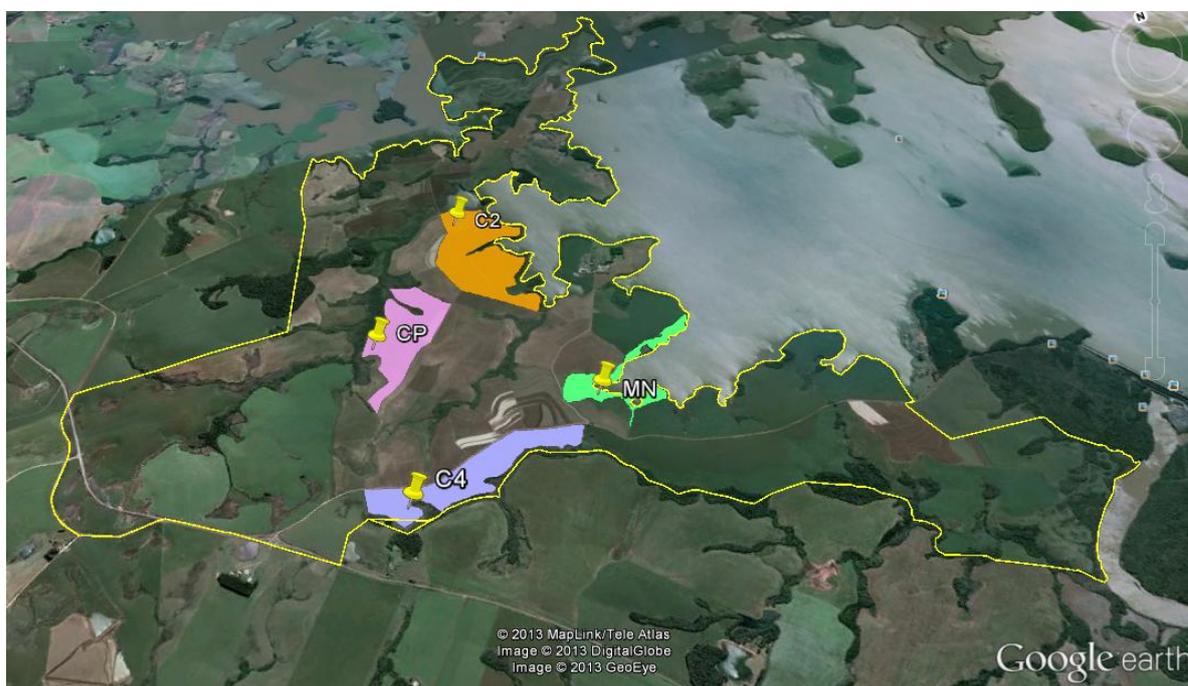
7. ANEXOS



Anexo A. Processo de fracionamento físico granulométrico das amostras. Conforme Cabardella e Elliot (1992).



Anexo B. Processo de fracionamento físico da densimétrico das amostras. Conforme Conceição et al. (2008).



Anexo C. Vista aérea das áreas experimentais localizadas dentro do perímetro da Grandespe Destilaria no município de Salto do Jacuí- RS.

Fonte: Google Earth (acesso em: 03/02/2013)