BENO WENDLING

CARBONO E NITROGÊNIO NO SOLO SOB DIFERENTES USOS E MANEJOS E SUA MODELAGEM PELO CENTURY

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2007

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e Classificação da Biblioteca Central da UFV

T
W471c
2007

Wendling, Beno, 1972-
Carbono e nitrogênio no solo sob diferentes usos e manejos e sua modelagem pelo Century / Beno Wendling. – Viçosa : UFV, 2007.
xiii, 122f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Texto em português e inglês.
Inclui anexos.
Orientador: Ivo Jucksch.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Solos - Manejo. 2. Húmus - Modelos matemáticos. 3. Solos - Teor de nitrogênio. 5. Seqüestro de carbono. I. Universidade Federal de Viçosa. II.Título.

CDD 22.ed. 631.4

BENO WENDLING

CARBONO E NITROGÊNIO NO SOLO SOB DIFERENTES USOS E MANEJOS E SUA MODELAGEM PELO CENTURY

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Doctor Scientiae.*

APROVADA: 30 de março de 2007.

Prof. Eduardo de Sá Mendonça
(Co-Orientador)

Prof. Júlio César Lima Neves
(Co-Orientador)

Prof. Claudenir Favero

Prof. Sebastião Renato Valverde

Prof. Ivo Jucksch
(Orientador)

Aos meus pais, Silvino e Irene

Aos meus irmãos, Nair, Ademir e Elena

E a minha filha Lívia...

... que a vida lhes seja grata!!!

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo direito de viver.

A Universidade Federal de Viçosa (UFV), e ao Departamento de Solos desta instituição, que me concederam o privilégio desta oportunidade.

A Coordenaria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), e ao CNPq pela concessão de bolsa de estudo.

Ao professor Ivo Jucksch, pela paciência, pelos ensinamentos, pela orientação e pela amizade transmitidas no decorrer deste percurso.

Aos conselheiros, Julio César Lima Neves e Eduardo de Sá Mendonça, pela colaboração e dedicação.

Aos professores, com os quais tive a oportunidade de cursar disciplinas, pelos conhecimentos transmitidos.

A todos os funcionários do Departamento de Solos/UFV, principalmente ao Bráss, pela ajuda e amizade.

Aos colegas de curso, que ao meu lado estiveram, nos estudos e também nos momentos de lazer.

Aos colegas de república, Rodinei, Valdinei, Marcelo, Adeliano, Fábio, Gilmar e Samuel, pela boa convivência e momentos de descontração durante todos esses anos.

A toda minha família, que sempre esteve do meu lado, podendo sempre contar com a ajuda deles.

Aos velhos amigos..., e aos novos também, todos mesmo!!!

E a todos que, de alguma forma, tiveram contribuição na realização deste trabalho.

..... que Deus lhes seja grato, em todos os sentidos!!!

..... Meu Muito Obrigado!!!

BIOGRAFIA

BENO WENDLING, filho de Silvino José Wendling e Irene Maria Wendling, nascido aos 28 dias do mês de julho de 1972, em São João do Oeste-SC.

Em 1991, formou-se Técnico em Agropecuária pelo Colégio Agrícola São José (CASJ), Itapiranga-SC.

Em agosto de 2001, foi diplomado Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria-RS.

Em Março de 2003, obteve o título de *Magister Scientiae* em Solos e Nutrição de Plantas, vinculado ao Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa-MG.

Em março de 2003 ingressou no Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas, vinculado ao Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa-MG, vindo a defender o título de *Doctor Scientiae* nesta ocasião.

SUMÁRIO

RESUMO ..... **vii**
ABSTRACT ..... **viii**
INTRODUÇÃO GERAL **1**
I. THE ORGANIC MATTER LABILITY AND CARBON MANAGEMENT INDEXES IN AGROSYLVOPASTURE SYSTEM ON BRAZILIAN SAVANNAH **4**
SUMMARY 4
RESUMO 5
INTRODUCTION 5
MATERIAL AND METHODS 7
RESULTS AND DISCUSSION 11
CONCLUSIONS 20
ACKNOWLEDGEMENTS 20
MENTIONED REFERENCES 21
II. MUDANÇAS NO CARBONO E NITROGÊNIO EM DIFERENTES COMPARTIMENTOS DA MATÉRIA ORGÂNICA SOB SISTEMA AGROSSILVIPASTORIL **23**
RESUMO 23
SUMMARY: 24
INTRODUÇÃO 24
MATERIAL E MÉTODOS 25
RESULTADOS E DISCUSSÃO 29
CONCLUSÕES 39
AGRADECIMENTOS 39
REFERENCIAS CITADAS 39
III. COMPARTIMENTOS DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO SOB PINUS E CULTURAS ANUAIS **42**
RESUMO 42
SAMMARY 42
INTRODUÇÃO 43
MATERIAL E MÉTODOS 44
RESULTADOS E DISCUSSÃO 47
CONCLUSÕES 57
AGRADECIMENTOS 57
REFERÊNCIAS CITADAS 58
IV. USO DO MODELO CENTURY PARA SIMULAR OS EFEITOS DE DIFERENTES USOS E MANEJOS NO C E N DO SOLO, SOB CERRADO/BRASIL **62**
RESUMO 62
SUMMARY 63
INTRODUÇÃO 64
MATERIAL E MÉTODOS 65
RESULTADOS E DISCUSSÃO 68
CONCLUSÕES 78
AGRADECIMENTOS 79
REFERÊNCIAS CITADAS 79

V. SIMULAÇÃO DOS EFEITOS DO USO E MANEJO NOS COMPARTIMENTOS DA MATÉRIA ORGÂNICA DE DOIS SOLOS DA ZONA DA MATA MINEIRA.....81
RESUMO..... 81
SUMMARY..... 82
INTRODUÇÃO..... 82
MATERIAL E MÉTODOS..... 84
RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 87
CONCLUSÕES..... 96
AGRADECIMENTOS..... 97
REFERÊNCIAS CITADAS..... 97
CONCLUSÕES GERAIS.....100
ANEXOS.....101

RESUMO

WENDLING, Beno, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2007. **Carbono e nitrogênio no solo sob diferentes usos e manejos e sua modelagem pelo Century.** Orientador: Ivo Jucksch. Co-Orientadores: Eduardo de Sá Mendonça e Júlio César Lima Neves.

Toda mudança no uso e manejo pode induzir alterações nos estoques de C e N do solo. Neste sentido, este estudo foi realizado com os objetivos de verificar essas alterações em diferentes sistemas de uso e manejo, bem como verificar a capacidade do modelo Century em simular essas alterações, através da comparação dos estoques medidos com os simulados. Em Paracatu/MG, em um sistema agrossilvipastoril com eucalipto e arroz, soja e braquiária no primeiro, segundo e a partir do terceiro ano nas entre linhas, respectivamente, verificou-se que este sistema afeta negativamente o C e N do solo nos anos iniciais, e que, após o sexto ano, já percebe-se sinais de recuperação, que passam a ser significativos no décimo ano. Neste sistema testou-se também o uso de frações lábeis diferentes da usualmente usada para o cálculo do índice de manejo de C (IMC), onde, a fração de C extraída com H_2SO_4 3M/L e o C da fração leve livre particulada, apresentaram bom potencial para esse fim, por apresentarem resultados semelhantes ao método usual, que utiliza $KMnO_4$ para extrair o C. Já em Sete Lagoas/MG, a superioridade do plantio direto em relação ao cultivo convencional nas culturas de milho e soja foi observada, principalmente nas frações mais lábeis, as quais respondem de maneira mais prematura as mudanças de manejo. Essa superioridade também foi constatada com o uso do modelo Century, que simulou estoques semelhantes aos medidos no campo. Ainda em Sete Lagoas/MG, em plantação de pinus, verificou-se pelas simulações com o modelo Century, que os estoques de C e N totais e respectivos compartimentos, são reduzidos nos anos iniciais, mas que são recuperados a medida que a cultura começa a incorporar material orgânico no sistema, através da queda da casca e acículas, bem como através das raízes. Em Coronel Pacheco/MG, verificou-se que o modelo Century simulou de maneira satisfatória os estoques de C e N totais, comprovado pela semelhança entre os estoques simulados e medidos. Nesse mesmo local, para a cultura da braquiária, verificou-se também pelos valores medidos e simulados pelo Century, que o uso de adubação química aumenta consideravelmente os estoques de C e N no solo. Na cultura do milho para silagem, também observou-se estoques menores em relação as demais culturas (cana-de-açúcar, tifton e braquiária) causados pelo uso intensivo de revolvimento do solo e retirada da parte aérea do milho e culturas olerículas cultivas anteriormente.

ABSTRACT

WENDLING, Beno, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2007. **Carbon and nitrogen in the soil under different uses and managements and your modelling by the Century.** Adviser: Ivo Jucksch. Co-Advisers: Eduardo de Sá Mendonça and Júlio César Lima Neves.

Every change in the use and management can induce alterations in the C and N stocks of the soil. In this sense, this study was carried out to verify those alterations in the different use and management systems, as well as the capacity of the Century model to simulating those alterations, by comparing the measured stocks with the simulated ones. In Paracatú county-MG, in an agrosylvopasture system with eucalypts and rice, soybean and brachiaria on the first, second and from the third year in the interlines, respectively, it was verified that this system negatively affects C and N of the soil on the initial years, but recovery signs observed after the sixth year begin to be significant on the 10^{th} year. In this system, the use of labile fractions different from that usually used for calculation of the C management index (IMC) were also tested, in which the C fraction extracted with H_2SO_4 3M/L and C of the particulate free light fraction showed good potential for this purpose, because their results were similar to the usual method that uses $KMnO_4$ to extracting C. In Sete Lagoas county-MG, however, the superiority of the no-till planting in relation to the conventional cropping in maize and soybean crops was observed, mainly in the more-labile fractions that respond more prematurely to the management changes. This superiority was also verified, when using the Century model Century, that simulated stocks similar to those measured in the field. Also in pinus plantation in Sete Lagoas county, the simulations with the Century model showed that the stocks of C and total N and their respective compartments are reduced on the initial years, but they are recovered as the crop begins to incorporate organic material into system through the fall of the needles, as well as through the roots. In Colonel Pacheco county-MG, the Century model satisfactorily simulated the stocks of C and total N, which is proven by the similarity between the simulated and measured stocks. In this same place, for the brachiaria, the values measured and simulated by the Century model showed the use of the chemical fertilization considerably increases the stocks of C and N in the soil. In the crop of the maize for silage, lower stocks were also observed in relation to other crops (sugarcane, tifton and brachiaria) caused by intensive revolving of the soil and removal of the maize aerial part and vegetables previously cropped.

INTRODUÇÃO GERAL

O aumento das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera, aliado ao aquecimento global, tem levantado questionamentos sobre o papel dos solos como fonte ou dreno de carbono (C). Qualquer mudança no uso e manejo do solo pode induzir alterações na matéria orgânica do solo e nas emissões de gases para a atmosfera. Nesse contexto, sistemas de manejo que visam o aumento nos estoques de C e N e a redução de suas perdas, são fundamentais e necessárias para a sustentabilidade agrícola.

A pesquisa tem evoluído enormemente no estudo da matéria orgânica do solo. Hoje em dia já se sabe que determinados compartimentos da matéria orgânica são mais sensíveis às mudanças no uso e manejo do que outros. Onde, os compartimentos mais lábeis, são também mais rapidamente afetados pelas mudanças nos usos e manejos. Em função disso, esses compartimentos estão sendo ligados a qualidade do solo e usados como indicadores desta.

Um bom indicador da qualidade do solo deve revelar de maneira rápida as alterações provocadas por mudanças no uso e manejo do solo, além de ser de fácil obtenção. Assim, ao perceber que determinado uso ou manejo está degradando o solo, será possível reverter esse quadro, uma vez que essas alterações são detectadas prematuramente. Por isso, frações como a biomassa microbiana, matéria orgânica leve, ou aquelas extraídas com baixas concentrações de H_2SO_4 ou $KMnO_4$, que respondem rapidamente as mudanças sofridas, podem ser usadas como indicadores dessa qualidade.

Com um conhecimento acumulado cada vez maior sobre a dinâmica da matéria orgânica no solo, do fluxo entre os diferentes compartimentos, da qualidade e quantidade do material orgânico adicionado ao solo, modelos conceituais que descrevem processos de C e N no solo foram evoluindo. Assim surgiu o modelo Century de dinâmica de matéria orgânica do solo, capaz de simular os efeitos de diferentes usos e manejos na dinâmica de C, N, P e S no solo. O Century, inicialmente proposto para simular a dinâmica da matéria orgânica do solo em pastagens para clima temperado, atualmente, já tem apresentado bons resultados para simular a dinâmica de nutrientes em culturas anuais e perenes também para climas tropicais ou subtropicais, fruto de esforços de longos anos de pesquisa nestas condições.

A grande vantagem do uso de modelos como o Century, está no fato de que, quando validados para determinada condição de clima, solo e cultura, permitem a realização de projeções futuras. Considerando diferentes cenários futuros, pode-se prever os impactos destes no curto, no médio e no longo prazo sobre a qualidade do solo, e assim, optar por práticas menos impactantes ao meio ambiente como um todo.

No Brasil, bem como também em outras regiões subtropicais e tropicais, há carência de estudos sobre a dinâmica de matéria orgânica em diferentes locais, com climas e solos distintos, e para diferentes sistemas de manejo, fato que dificulta a validação dos modelos de dinâmica da matéria orgânica do. Por isso, selecionamos três áreas em diferentes locais do estado de Minas Gerais, para fazer um estudo mais detalhado do comportamento da matéria orgânica do solo.

Este trabalho consiste de cinco artigos científicos, com objetivos distintos, conforme descritos abaixo:

No primeiro artigo, intitulado "THE ORGANIC MATTER LABILITY AND CARBON MANAGEMENT INDEXES IN AGROSYLVOPASTURE SYSTEM ON BRAZILIAN SAVANNAH", estudou-se o efeito deste sistema no carbono da fração leve livre particulada, no carbono extraído com diferentes concentrações de H_2SO_4 e extraído com $KMnO_4$, em um sistema agrossilvipastoril em diferentes fases de desenvolvimento, localizado em Paracatu/MG. Também calculou-se um índice de manejo de carbono usando essas frações, visando propor alternativas ao método atualmente usado para obter esse índice.

No segundo artigo, intitulado "MUDANÇAS NO CARBONO E NITROGÊNIO EM DIFERENTES COMPARTIMENTOS DA MATÉRIA ORGÂNICA SOB SISTEMA AGROSSILVIPASTORIL", foram estudadas as mudanças nos teores e estoques de C e N total no solo e na biomassa microbiana, nas substâncias húmicas e no carbono solúvel em água, em área de cerrado, em função dos diferentes estágios de desenvolvimento de um sistema Agrossilvipastoril, localizado em Paracatu/MG.

No terceiro artigo, intitulado "COMPARTIMENTOS DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO SOB PINUS E CULTURAS ANUAIS", avaliou-se as alterações nos teores de C e N nos compartimentos da matéria orgânica em cerrado, pinus e culturas anuais, sob preparo convencional e plantio direto, no município de Sete Lagoas/MG.

No quarto artigo, intitulado "USO DO MODELO CENTURY PARA SIMULAR OS EFEITOS DE DIFERENTES USOS E MANEJOS NO C e N DO SOLO, EM BIOMA DE CERRADO/BRASIL"**,** realizado na mesma área do artigo anterior, usou-se o modelo Century v4.5 para simular os efeitos dos usos e manejos no C e N do solo em diferentes compartimentos. Comparou-se os estoques medidos com os obtidos nas simulações com o modelo, e testou-se o impacto de cenários futuros na matéria orgânica do solo até o ano de 2100.

Já no quinto e último artigo, intitulado "SIMULAÇÃO DOS EFEITOS DO USO E MANEJO NOS COMPARTIMENTOS DA MATÉRIA ORGÂNICA DE DOIS SOLOS DA ZONA DA MATA MINEIRA", realizado no município de Coronel Pacheco/MG, simulou-se,

com o modelo Century v4.5, os impactos na matéria orgânica do solo em função da adoção de diferentes manejos em culturas com finalidade forrageira, em dois solos distintos. Outro objetivo foi validar o modelo Century para esses manejos e solos, comparando os valores simulados com os medidos no campo.

I. THE ORGANIC MATTER LABILITY AND CARBON MANAGEMENT INDEXES IN AGROSYLVOPASTURE SYSTEM ON BRAZILIAN SAVANNAH

Beno Wendling[1], Ivo Jucksch[2], Eduardo de Sá Mendonça[3], Júlio César Lima Neves[3], Ivo Ribeiro da Silva[3], Liovando Marciano da Costa[3]

SUMMARY - The effect of the introduction of an agrosylvopasture system upon the changes in the carbon of the soil and its lability were studied. Since 1993, this system has been annually implanted in Paracatu –MG. It was implanted under eucalypt forest abandoned after three cuts, when the brachiaria grass was established. The eucalyptuses were planted at 10 x 4 m spacing, whereas the following crops have been grown between the lines: rice in the first year; soybean in the second; and brachiaria in the third one. After the third year, pasture of the meat cattle begins on brachiaria and remains until the end of the system cycle, that was foreseen for the 11° year. A savannah area and another one with eucalyptus under conventional system were used as reference to natural condition and the way how the area is used before plantation the agrosylvopasture system (SASP), respectively. Some samples aged 1, 2, 3, 6 and 10 years were collected in SASP. According to the obtained results, the following conclusions were drawn: (i) the carbon contents and stocks were affected before and during the implantation of the agrosylvopasture system by the use and management of SASP, as they were reduced in the first years of the system establishment, but they were improved at the tenth year; (ii) the carbon from the particulate free light fraction (C_{FLLP}) and extracted by $KMnO_4$ was sensitive to the use and management, so reflecting the changes in total organic carbon (TOC); (iii) the more labile fractions of carbon that were extracted at different concentrations of H_2SO_4 reflected satisfactorily the changes in both use and management, whereas the less labile fractions were just slightly affected; and (iiii) the carbon management index (IMC) calculated from C_{FLLP} was the most sensitive to the changes in use and management, however, when calculated from the carbon fraction 1 extracted by H_2SO_4 3M (C_{F1}) showed better reliability.

Index terms: labile fractions, organic carbon, management indexes, eucalyptuses

[1] Bolsista CNPq, Universidade Federal de Viçosa, Dep. de Solos, CEP 36570-000 Viçosa, MG, E-mail: benowendling@yahoo.com.br
[2] Professores do DPS/UFV

LABILIDADE DA MATÉRIA ORGÂNICA E ÍNDICES DE MANEJO DE CARBONO EM SISTEMA AGROSSILVIPASTORIL NO CERRADO BRASILEIRO

RESUMO - Em um sistema agrossilvipastoril que vem sendo implantado anualmente, desde 1993, em Paracatu/MG, foi estudado o efeito da introdução deste nas mudanças no C do solo e sua labilidade. O sistema foi implantado sob floresta de eucalipto abandonada após três cortes, quando a gramínea braquiária se estabeleceu. Além do eucalipto plantado em espaçamento de 10 x 4 m, nas entre linhas foi realizado um cultivo com arroz no primeiro ano, soja no segundo ano e no terceiro ano a braquiária. Após o terceiro ano a prática de pastejo da braquiária por bovinos de corte foi iniciada, permanecendo até o final do ciclo do sistema, previsto para o 11° ano. Uma área de cerrado e outra área com eucalipto no sistema convencional foram usadas como referência da condição natural e como a área se apresentava antes da implantação do sistema agrossilvipastoril (SASP). No SASP foram coletados amostras nas idades de 1, 2, 3, 6 e 10 anos. Com os resultados obtidos foi possível concluir: (i) os teores e estoques de C foram afetados pelo uso e manejo, antes e durante a implantação do sistema agrossilvipastoril, sendo reduzidos nos primeiros anos do sistema e apresentando melhora no décimo ano; (ii) as frações lábeis de C da fração leve livre particulada (C_{FLLP}) e extraído por $KMnO_4$, foram sensíveis ao uso e manejo, refletindo as mudanças no C orgânico total (COT); (iii) as frações mais lábeis de C extraídas com diferentes concentrações de H_2SO_4 refletiram bem as mudanças no uso e manejo, e as frações menos lábeis foram pouco afetadas; e (iiii) o índice de manejo de C (IMC) calculado a partir do C_{FLLP} foi o mais sensível às mudanças no uso e manejo, no entanto, quando calculado a partir do C da fração 1 extraído com H_2SO_4 3M (C_{F1}), apresentou melhor confiabilidade.

*Termos de indexação***:** frações lábeis, carbono orgânico, índices de manejo, eucalipto

INTRODUCTION

The agroforestry systems have been arousing great interest because they allow for two or more activities to be reconciled either at the same or different times, but always in the same area, therefore optimizing the possibility for higher economical proffers (Dube, 1999). When implanting an agroforestry system with eucalypt, the introduction of annual crops in interlines during the first years allows better use of the area, since the eucalypt plants do not occupy the whole area yet. Even when the objective is to adapting forestry with animal raising in the first

years, the introduction of annual croppings for the production of grains is adequate because of the animals affect the forest crop when this one is still young.

The replacement of native forests by agricultural crops has been leading to a significant loss of soil carbon (Bayer et al., 2002). The organic matter of the soil comprises a wide amount and types of materials at the organic phase, such as residues from plants and animals at different decomposition stages, microorganisms and other soluble compounds, besides some materials already humified (Stevenson, 1994; Chan et al., 2001).

The total organic carbon (TOC) of the soil can be used to indicate the quality of the soil (Stevenson, 1994; Wendling et al., 2005). However, small variations in their contents may not be detected in the short run (Blair et al., 1995), mainly because the heterogeneity of the soils. In this sense, certain fractions or compartments of the organic matter are more important for maintenance of the soil quality, besides being more sensitive or premature indicators for the impact of some management practices (Cambardella & Elliott, 1992; Chan et al., 2001; Leifeld & Kogel-Knabner, 2005). The soil carbon fraction extracted by potassium permanganate (CL) is quickly affected by the adopted management, as it may easily increased or reduced, a reason why it has been recommended as a good indicator for the quality of the soil (Blair et al., 1995).

The affected fraction of the organic matter or particulate organic matter also respond quickly to changes in the management practices (Pinheiro et al., 2004), since it presents a relatively short return in relation to those fractions associated to the soil minerals (Cambardella & Elliott, 1992; Stevenson, 1994). This organic matter fraction is not protected in the soil, and can be separated by either size or density, besides being an important nutrient source that is very sensitive to the management practices (Six et al., 2002).

In 2001, the use of different H_2SO_4 concentrations was suggested for the extraction of carbon fractions found in the soil organic matter with different lability levels (Chan et al., 2001). By this method, either more labile and less labile fractions are extracted, in which the last ones are just slightly affected as a function of the adopted management, at least in the short run. The carbon extracted in more labile fractions (fraction 1 and fraction 2) showed capacity to detecting differences in the quality of the soil, which was evidenced by the positive correlation with nitrogen mineralization and aggregate stability (Chan et al., 2001).

A carbon management index (IMC) based on either TOC and the labile carbon fractions extracted by $KMnO_4$ has been suggested (Blair et al., 1995) and used by different authors (Blair et al., 1995; Leite, 2002; Leite et al., 2003a). Though, other labile fractions of the soil carbon that were extracted at low concentrations of H_2SO_4 or found in the light

fraction of the organic matter can also be used to calculate this index, as will be shown in this work.

This study was carried out to determine the labile fractions and their respective stocks of soil organic carbon by using different methods, as well as to obtain a carbon management index (IMC) based on those fractions, that is sensitive and reliable to detecting the precocious changes in the soil quality.

MATERIAL AND METHODS

Study area, collect and sample preparation

The area under study pertains to CMM/Votorantim and is located in Paracatu county (latitude 17°36'09 ", longitude 46°42'02 " and altitude 540 m), Minas Gerais State, Brazil. The local soil is a distrophic Red Latossol with an undulate, plain to smooth relief. The climate of the region is subtropical humid and classified as Aw, according to the classification proposed by Köppen, with maximum average temperature of 32°C and minimum of 16°C, annual average precipitation ranging from 1300 to 1800 mm that are almost totally concentrated in the hot period (October to March). The native vegetation is a dense savanna type.

On December 2004, the samples were collected at the depths from 0 to 10 and 10 to 20 cm. Four simple samples were collected in each area for determination of the soil density, as well as four composite samples that were obtained from 8 simple samples for the other analyses. In laboratory, the samples were air dried (TFSA) and ground in pestle for subsequent analysis. For extraction of the particulate free light fraction, the TFSA samples were not triturated.

Implantation of the agrosylvopasture system and the treatments

The agrosylvopasture system (SASP) was implanted on an old conventional eucalypt plantation that was set up in 1970 after clearing the savannah. After being maintained during three cuts (stump sprout), this conventional plantation was abandoned and naturally occupied by brachiaria, so turning possible the implantation of the SASP system since 1993. A new area is annually begun under the same system, by following the steps described above and below.

The preparation of the area to receive the SASP consisted of the following procedures: removal of the wood from the aerial biomass of the eucalypt plants proceeding from either

sprouting stumps or natural germination; the removal of the stumps and roots from the area; area leveling; deep disc plowing; and successive harrowings with heavy grate.

When the area is already clean and ready, the implantation of the SASP is accomplished by following the phases: first year - limestone was initially incorporated (in whole area) to elevate the base saturation up to 50% (around 3.5 to 4.5 t/ha limestone) and 150 kg/ha Gafsa reactive phosphate; then, the eucalypt planting lines were demarcated (10m between lines and 4m between plants); some 240 kg/ha of natural phosphate were incorporated into line, as well as 0.136 kg/plant of fertilizer at the formula NPK (6-30-6) into hole; the eucalypt (*Eucalyptus grandis*) was planting in October; on November, the rice (*Oryza sativa)* associated with 300 kg/ha fertilizer of the formula NPK (5-25-15) were seeded at eucalypt interlines; second year, desiccation of the area for the implantation of soybean (*Glycine max*) crop without revolving the soil, but using the following fertilization: 450 kg/ha of the formula 2-30-15 + 0.3% Zn, and applying more 10, 1, 2 and 1.0 kg/ha at only one application of zinc sulfate, boric acid, cobalt sulfate, and sodium molybdate, respectively (seeds were treated with *Rhyzobium japonicum*); third year, brachiaria (*Brachiaria brizantha*) was seeded (at throws and incorporated with heavy grate) as receiving 150 and 200 kg/ha simple super phosphate and Gafsa reactive phosphate, respectively, whereas in the systems established from the year 2003 this fertilization was replaced by 300 kg/ha Gafsa reactive phosphate; after the third year, the interventions into this system were grass pasture by bovine and the disbranching of the eucalypt plants in order to allow for wider entrance of solar radiation. Since this system was established (1993), a new area (around 300 ha) with the same system was annually begun, by following the same steps previously described**.**

Besides the natural condition (savannah) in this study, some samples were collected at the following development stages of the agrosylvopasture system (SASP), that constituted the following treatments:

- CN - natural condition of the savannah (without antropic intervention);
- $SASP_0$ - area before the SASP implantation, under the condition of commercial eucalypt plantation abandoned with brachiaria naturally established (year 2004);
- $SASP_1$ – one-year old system, after harvest of the rice crop (system initiated in 2003);
- $SASP_2$ – 2-years old system, after harvest of the soybean crop (system initiated in 2002);
- $SASP_3$ – 3-years old system, first year under brachiaria pasture (system initiated in 2001);
- $SASP_6$ – 6-years old system, the fourth year under brachiaria pasture (system initiated in 1998); and
- $SASP_{10}$ – 10-years old system, the eighth year under brachiaria pasture (system initiated in 1994).

Physical and chemical characterization

Both physical and chemical characteristics are presented in Table 1. The soil density was determined by the volumetric ring method (Embrapa, 1997). The separation of the coarse sand, fine sand , silt and clay were performed, by adopting the pipette method (Embrapa, 1997) with modification (the fast agitation substituted by slow agitation).

The pH was determined in water (1:2.5) by potentiometry and the exchangeable acidity (Al^{+3}) was extracted by KCl 1mol/L and quantified by titrating sodium hydroxide 0.025 mol/L (Embrapa, 1997). Phosphorus and potassium were extracted by Mehlich 1 (Embrapa, 1997) and determined by colorimetry and flame photometry, respectively. Calcium and magnesium were extracted by KCl 1 mol/L and determined by atomic absorption spectrophotometry (Embrapa, 1997).

Table 1. Physical and chemical characteristics of the savannah and different stages of an agrosylvopasture system in Paracatu/MG, Brazil

Trat[/1]	Prof.[/2] (cm)	Physical characteristics[/3]							Chemical characteristics[/4]						
		AG	AF	S	A	Dp	Ds	pH	P	K	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Al^{3+}	H+Al	P-rem
		-------- % --------				-- g/cm³ --		água	- mg/dm³ -		--------- $cmol_c/dm^3$ ------				mg/L
CN	0 a 10	3	6	19	72	2,72	0,82	5,14	2,0	135	1,38	1,66	0,67	9,89	18,9
	10 a 20	3	6	17	74	2,63	0,93	4,89	1,0	73	0,34	0,58	1,30	7,5	14,4
$SASP_0$	0 a 10	4	10	17	69	2,70	1,23	4,98	0,6	105	0,77	0,75	0,96	6,2	18,4
	10 a 20	4	10	18	68	2,72	1,24	4,86	0,5	75	0,39	0,44	1,20	6,5	15,8
$SASP_1$	0 a 10	4	12	23	61	2,72	1,04	6,16	1,4	157	3,22	2,32	0,00	3,9	21,4
	10 a 20	4	11	22	63	2,94	1,17	5,68	1,1	103	2,55	1,96	0,00	4,8	18,5
$SASP_2$	0 a 10	11	18	20	51	2,82	1,04	6,59	2,6	93	3,47	2,38	0,00	2,1	20,2
	10 a 20	9	19	15	57	2,79	1,21	5,71	1,1	61	1,75	1,44	0,00	3,0	17,4
$SASP_3$	0 a 10	6	17	16	61	2,72	1,05	5,99	4,1	61	2,40	1,89	0,00	3,3	20,5
	10 a 20	6	17	16	61	2,76	1,20	6,12	1,5	37	2,30	1,89	0,00	2,9	18,7
$SASP_6$	0 a 10	4	9	17	70	2,61	1,18	5,84	1,9	57	2,53	1,94	0,00	3,8	20,6
	10 a 20	5	9	16	70	2,58	1,14	5,51	0,6	49	1,58	1,11	0,29	3,8	17,7
$SASP_{10}$	0 a 10	4	4	19	73	2,81	1,09	5,6	5,4	85	1,77	1,55	0,05	3,6	18,3
	10 a 20	4	6	18	72	2,70	1,03	5,66	0,6	31	1,42	1,41	0,05	3,9	14,4

/1 Treatments: CN = savannah; SASP0 = before implantation of the agrosylvopasture system; SASP(1, 2, 3, 6, 10) age of the agrosylvopasture system, /2 depths, /3 AG = coarse sand ; AF = fine sand; S = silt; A = clay; Dp = particles density; and Ds = soil density, /4 pH in water (relation 1:2.5); P and K extracted by Mehlich 1; Ca, Mg and Al extracted by KCl 1 mol/L, H+Al extracted by calcium acetate at 0.5 mol/L at pH 7.0, and P-rem = remaining phosphorus.

Organic matter lability

To determine the labile fractions of the soil organic matter, three different methods were used: one considers the particulate free light fraction (FLLP) of the soil as the proportion of the labile carbon; another one uses the carbon oxidizable by $KMnO_4$ as being the labile fraction of C; in third one**,** the carbon lability is determined by oxidation of the carbon at different H_2SO_4 concentrations. Those methods are described below.

The separation of the particulate free light fraction (FLLP) of the soil was based on the principle of the density and size difference (Cambardella & Elliott, 1994). Some 10 g soil

were weighed in centrifuge tubes and 30 mL NaI at 1.8 kg/L density were added in order to suspend the organic matter. The light material suspension was forced by agitation of the tubes with the aid of a glass stick. After 10 minutes, the tubes were centrifuged at 3200 rpm for 15 minutes, in order to force the decantation of the mineral particles. Then, the supernatant material was removed together with NaI and passed through a 0.25mm-mesh sieve. The material retained in the sieve was thoroughly washed with distilled water in order to eliminate the residual NaI. Following, FLLP was dried at 65 ^{o}C under greenhouse conditions. The dry material was weighed and triturated in agate pestle until reaching the talcum-powder appearance. Carbon (C) of this material (C_{FLLP}) was quantified via dry combustion in Perkin Elmer analyzer, series II 2400 CHNS/O. The non-labile proportion was determined by difference in relation to TOC (C_{nL}=TOC-C_{FLLP}).

In another method, the labile organic carbon (C_L) was quantified via oxidation with $KMnO_4$ 0,033 mol/L (Shang & Tiessen, 1997) modified from the original method in which $KMnO_4$ 0.33 mol/L was used (Blair et al., 1995). The non-labile carbon (C_{NL}) was obtained by difference in relation to TOC (C_{NL}=TOC-C_L).

The oxidizable carbon was also determined using different concentrations of H_2SO_4 (Chan et al., 2001). This method uses three concentrations of H_2SO_4 (6, 9 e 12 Mol/L). In the case of tropical soils, however, where the organic matter is more easily oxidized, a lower H_2SO_4 concentration corresponding to 6N was added. The highest concentration used in this method (H_2SO_4 24N) is equivalent to Walkley-Black method (Walkley Black, 1934), but without the use of the correction factor that considers the method to extract only 77% C. From the different concentrations of the carbon oxidized through this method, five fractions were calculated: F1 = H_2SO_4 3 Mol/L; F2=H_2SO_4 6 – 3 Mol/L; F3 = H_2SO_4 9 – 6 Mol/L; F4 = H_2SO_4 12 -9 Mol/L; and F5 = TOC-H_2SO_4 12 Mol/L.

The total organic carbon (TOC) was determined via wet combustion (Yeomans & Bremner, 1988) and used to calculate by difference the fractions not determined by the previous methods. This method was considered as able to extracting all organic carbon from the soil.

The stocks of TOC and other compartments, they were obtained by multiplication of your contents through the soil density.

Carbon management indexes

The carbon management index **(**CMI**)** that is usually calculated from the labile carbon extracted by $KMnO_4$ was estimated from each method described above (Blair et al., 1995). In the present work, the IMC calculation was based on the carbon extracted from FLLP (C_{FLLP}),

as well as on the carbon oxidized by $K_2MnO_{4,,}$ and on the carbon oxidized by H_2SO_4 6N (C_{F1}).

Initially, a carbon compartment index (CCI) was calculated, by basing on either the changes of TOC in the savannah (natural condition for reference) and the treatments. This ICC was obtained by the following expression: $CCI=TOC_{(SASP)}/TOC_{(CN)}$. Based on the changed proportion of C_L (i.e. $L = C_L / C_{nL}$) in the soil, an lability index (LI) was determined as: $LI=L_{(SASP)}/L_{(CN)}$. With those indexes, it was possible to calculate the IMC obtained by the following expression: CMI=CCI x LI x 100 (Blair et al., 1995).

Statistical analysis

The data were subjected to variance analysis (ANOVA, $P < 0.05$) under a factorial split-plot design, where the treatments were considered as plots and the depths as subplots. The averages were compared by the Tukey test ($P < 0.05$). The significance of the established correlations were tested by the "t" test ($P < 0.01$).

RESULTS AND DISCUSSION

Total organic carbon

The total organic carbon (TOC) contents were affected by the different treatments and depths (Figure 1). The TOC content showed a reduction of 33.6 and 19.1% as a function of the conversion of the savannah into eucalypt forest ($SASP_0$) at the layers from 0 to 10 and 10 to 20 cm, respectively.

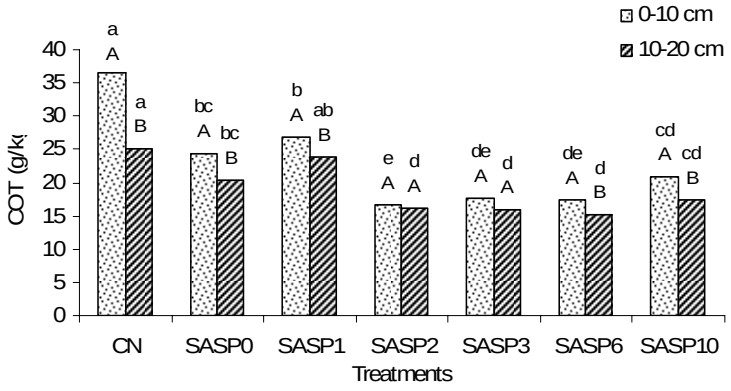

Figure 1. Total organic carbon (TOC) in savannah and at different development stages of an agrosylvopasture sytem in Paracatu/MG, Brazil. CN = savannah; $SASP_0$ = before implantation of the agrosylvopasture system; $SASP_{(1,\ 2,\ 3,\ 6,\ 10)}$ age of the agrosylvopasture system. Averages of the bars with the same capital (depths) and small (treatments) letters do not differ from each other for the treatments and depths, respectively, by Tukey test ($P < 0.05$).

At the end of the second year of the system ($SASP_2$), a reduction of 38.3 and 32,2% occurred in the TOC content at layers from 0 to 10 and 10 to 20 cm, respectively. At the moment the soil was prepared to cultivar this system, liming, fertilization and several operations with soil revolution were performed, which contributed to a significant reduction in the TOC content after the second year ($SASP_2$). Soybean crop also corroborated besides fixing nitrogen into the soil it also has low C/N relationship, a fact that might improve the microbial activity during this period, as well as accelerate the decomposition of the litter incorporated at the beginning of this system.

Several authors have been reporting the decrease in the contents and stocks of TOC due to substitution of the native environment by croppings (Stevenson, 1994; Bayer et al., 2002; Dalal et al., 2005; Wendling et al., 2005). About 16% carbon lost in the first two years and 22% until the 15° year from the implantation of an agroforestry system under tropical conditions were observed on western Africa (Isaac et al., 2005).

After the second year, the system again recovered part of the TOC lost but that was significant only at the upper layer of $SASP_{10}$. Twenty five years after the installation of an agroforestry system on western Africa, only 3.3% were recovered from those 22% lost carbon (Isaac et al., 2005). The non soil revolviment after $SASP_3$ may constitutes another reason corroborating for the improvement of the TOC contents, since the soil is no more destructured and does not receive aeration provided by its revolution, favoring the organic matter stabilization (Stevenson, 1994).

C of the particulate free light fraction

C contents of the particulate free light fraction (C_{FLLP}) was changed by the different development stages of SASP and eucalypt plantation ($SASP_0$) relative to savannah (Table 2). Only in the savannah and $SASP_{10}$, the C_{FLLP} contents were higher at the layer from 0 to 10cm relative to the lower layer. These results show that with the advance of SASP, higher production and accumulation of vegetate material occur on the surface, which is reflected in increased C_{FLLP} at the upper layer relative to the lower one. From $SASP_1$ to $SASP_6$, the accumulation of vegetative material on the soil surface was not still enough to induce this difference between depths, since the vegetate material on the soil surface was incorporated and mixed into soil profile when the system was implanted. A similar behavior occurs when the direct planting is compared to the conventional preparation, where the first one shows greater capacity for accumulating particulate organic matter in the superficial layer (Bayer et al., 2004).

Table 2. Total contents and stocks of carbon in the particulate free light fraction (C_{FLLP}), carbon not found in FLLP (C_{nFLLP}), and the C_{FLLP} ratio in the total organic carbon (C_{FLLP}/TOC) at the different development stages of an agrosylvopasture system in Paracatu/MG, Brazil

Trat.[/1]	C_{FLLP} (labile)			C_{nFLLP} (no labile)			C_{FLLP}/TOC		
	Depths		Mean	Depths		Mean	Depths		Mean
	0 a 10	10 a 20		0 a 10	10 a 20		0 a 10	10 a 20	
	---------- Total contents (g/kg) ----------						---------- % ----------		
CN	3,13aA	1,40abB	2,26	33,43aA	23,65aB	28,54	8,52	5,55	7,04[a]
$SASP_0$	1,11bcA	0,77bcA	0,94	23,20bcA	19,55bcB	21,37	4,46	3,79	4,13bc
$SASP_1$	1,62bA	1,45aA	1,54	25,33bA	22,44abB	23,88	6,03	6,12	6,07ab
$SASP_2$	0,82cA	0,52cA	0,67	15,77eA	15,73dA	15,75	4,95	3,20	4,08bc
$SASP_3$	0,87cA	0,65cA	0,76	16,79dcA	15,37dB	16,08	5,05	4,12	4,59bc
$SASP_6$	0,79cA	0,50cA	0,65	16,68dcA	14,60dB	15,64	4,53	3,37	3,95c
$SASP_{10}$	0,84cA	0,43aB	0,63	20,08cdA	16,94bcB	18,51	3,94	2,47	3,22c
Mean	1,31	0,82	1,06	21,71	18,33	20,02	5,35A	4,09B	4,72
	---------- Total stocks (t/ha) ----------						---Net of C_{FLLP} (t/ha)[/2] ---		
CN	2,553	1,296	1,924	27,34	22,03	24,68	(CN – SASP $_{(0,1,2,3,6,10)}$)		
$SASP_0$	1,362	0,958	1,160	28,60	24,31	26,46	-1,191	-0,338	-0,765
$SASP_1$	1,689	1,702	1,695	26,37	26,17	26,27	-0,864	0,406	-0,229
$SASP_2$	0,854	0,628	0,741	16,42	19,03	17,72	-1,698	-0,667	-1,183
$SASP_3$	0,905	0,771	0,837	17,63	18,54	18,08	-1,647	-0,525	-1,086
$SASP_6$	0,932	0,569	0,750	19,64	16,66	18,15	-1,621	-0,727	-1,174
$SASP_{10}$	0,917	0,440	0,679	21,94	17,46	19,70	-1,635	-0,855	-1,245
Mean	1,316	0,909	1,113	22,56	20,60	21,58	-1,443	-0,451	-0,947

[/1] Treatments: CN = savannah; $SASP_0$ = before implantation of the agrosylvopasture system ; $SASP_{(1, 2, 3, 6, 10)}$ age of the agrosylvopasture system, [/2] gain (+) or loss (-) in the TOC stock of the systems $SASP_{(0,1,2,3,6,10)}$ relative to CN, averages followed by the same small letters in the column and capital letters in the line do not differ from each others by the Tukey test ($P < 0.05$)

C loss in the light fractions of the soil has been a rule in most superficial layers, after the replacement of the native vegetation by agricultural crops (Bayer et al., 2002; Freixo et al., 2002; Leite et al., 2003a). Grasses such as the *Panicum maximum* species also shows higher carbon amounts in the free light fraction, relative to the areas cropped with annual crops (Pinheiro et al., 2004).

In $SASP_1$, mainly in the layer from 10 to 20cm depth, C_{FLLP} was increased exactly after incorporating of the vegetate material left by eucalypt and rice crops (Table 2). The incorporation of the vegetate material into the soil promotes this behavior, because of the material found on its surface is mixed to the soil (Stevenson, 1994). The increase observed in $SASP_1$ was not sustained throughout the following years, but was reduced 50% on average and stayed low in the upper layer until $SASP_{10}$. At the layer from 10 to 20 cm in $SASP_{10}$, the C_{FLLP} values reduced 70%, relative to those observed in $SASP_1$, showing that the whole SASP does not recove those values.

The C_{FLLP}/TOC relation was higher at the layer from 0 to 10 cm, indicating this carbon form was introduced into the system, preferentially by material deposited on soil surface or by superficial roots (Table 2). In $SASP_1$, this relationship was the same as savannah because of

the incorporation of the vegetate material. After $SASP_1$, the system showed progressively lower values and no signs for increase until $SASP_{10}$.

The C_{FLLP} balance allows for the evaluation of the carbon loss after savannah cleaning (Table 2). In $SASP_1$, a carbon increment of 0.406 t/ha in this fraction within the layer from 10 to 20 cm, provided by incorporation of the superficial vegetate material due to preparation of the soil. In average balance, however, these fraction stocks showed a reduction of 1.443 and 0.451 t/ha in both upper and lower layers, respectively, since this SASP showed to be unable to increasing the carbon stocks in this fraction. The C_{FLLP} stocks in savannah were lower than those found in the Atlantic Forest (Leite, 2002). However, it is important to consider that this author worked with carbon from the light fraction rather than the particulate free light one. When determining the light fraction, the values should be higher because all light material is captured, whereas in the particulate free light fraction no particles lower than 0.25 mm are included.

Labile carbon extracted by $KMnO_4$

Similar to C_{FLLP}, the C_L was also affected by the soil management (Table 3). At the layer from 0 to 10 cm, savannah showed the highest values. In $SASP_0$, the C_L was 49.3% inferior to savannah, but increased again in $SASP_1$ due to incorporation of the litter from both eucalyptuses and brachiaria grass, when the soil was prepared for implantation of SASP. The decreased C_L continued in $SASP_2$, however, in both $SASP_6$ and $SASP_{10}$ it returned to those values observed in $SASP_1$. These results show the SASP ability for self-recovering, since the soil is not anymore revolved and begin to receiving higher contribution of residues proceeding from the brachiaria or even leaves, branches and roots from eucalyptuses. This new condition allows for the improvement in C_L contents (Bayer et al., 2002; Pinheiro et al., 2004).

In the layer from 10 to 20 cm, the values were lower than those in the superficial layer, except for $SASP_0$. Higher values in the upper layer are expected, since most vegetative material enters into the soil through its surface, which is according to many works (Blair et al., 1998; Leite et al., 2003a).

The C_L balance (Table 3) shows an increased carbon in this fraction in $SASP_1$ at the time the vegetate material that stayed on the soil surface after the removal of the eucalyptus plantation was incorporated into this soil. The decomposition of this material led to this gain by C_L which, however, is quickly lost, as one can observe in $SASP_2$ where the reduction of 0,222 t/ha in the eucalyptus plantation relative to savannah becomes only 0.021 t/ha in $SASP_{10}$, showing the recovery ability of the SASP.

Table 3. Total contents and stocks of the labile carbon (C_L) and non-labile carbon (C_{nL}), C_L ratio in the total organic carbon (C_L/TOC) extracted by potassium permanganate, at different development stages of an agrosylvopasture system in Paracatu/MG, Brazil

Trat.[/1]	C_L (labile)			C_{nL} (no labile)			C_L/TOC		
	Depths		Mean	Depths		Mean	Depths		Mean
	0 a 10	10 a 20		0 a 10	10 a 20		0 a 10	10 a 20	
	---------- Total contents (g/kg) ----------						---------- % ----------		
CN	2,11aA	1,32abB	1,71	34,45aA	23,74aB	29,09	6,12bcA	5,57aA	5,85
$SASP_0$	1,07eA	0,96bcA	1,01	23,23bA	19,36bcB	21,30	4,62cA	4,95aA	4,79
$SASP_1$	1,66bA	1,49aA	1,58	25,29bA	22,39abB	23,84	6,67abcA	6,73aA	6,70
$SASP_2$	1,14dcA	0,87cB	1,00	15,45dA	15,39dA	15,42	7,38abA	5,61aB	6,50
$SASP_3$	1,24cdeA	1,00bcB	1,12	16,41cdA	15,02dA	15,72	7,61abA	6,80aA	7,21
$SASP_6$	1,46bcdA	0,95cB	1,20	16,02cdA	14,15dB	15,09	9,11aA	6,73aB	7,89
$SASP_{10}$	1,60bcA	1,14bcB	1,37	19,33cA	16,25cdB	17,78	8,20abA	7,07aA	7,63
Mean									
	---------- Total stocks (t/ha) ----------						----Net of C_L (t/ha)[/2] ----		
CN	1,723	1,232	1,478	28,169	22,094	25,132	(CN – $SASP_{(0,1,2,3,6,10)}$)		
$SASP_0$	1,323	1,189	1,256	28,640	24,084	26,362	-0,400	-0,044	-0,222
$SASP_1$	1,709	1,748	1,729	26,347	26,129	26,238	-0,015	0,516	0,251
$SASP_2$	1,178	1,038	1,108	16,102	18,603	17,353	-0,546	-0,194	-0,370
$SASP_3$	1,303	1,194	1,248	17,237	18,112	17,675	-0,421	-0,038	-0,230
$SASP_6$	1,714	1,089	1,402	18,860	16,137	17,499	-0,009	-0,143	-0,076
$SASP_{10}$	1,740	1,174	1,457	21,116	16,725	18,921	0,016	-0,058	-0,021
Mean	*1,527*	*1,238*	*1,382*	*22,353*	*20,269*	*21,311*	*-0,229*	*0,007*	*-0,111*

[/1]Treatments: CN = savannah; $SASP_0$ = before implantation of the agrosylvopasture system; $SASP_{(1, 2, 3, 6, 10)}$ age of the agrosylvopasture system, [/2]ganho (+) or loss (-) in the TOC stock of the systems $SASP_{(0,1,2,3,6,10)}$ relative to CN, Averages followed by the same small letters in the column and capital letters in the line do not differ from each others by the Tukey test ($P < 0.05$)

The C_L percentage in relation to TOC found in the present work was similar to those found by other authors who used the same K_2MnO_4 concentration (0.0333mol/L) under tropical conditions (Leite et al., 2003a; Leite et al., 2003b). In the present study, however, the values found are around 30% lower than those found by some authors who worked with higher K_2MnO_4 concentration (0.3mol/L) in Australia (Blair et al., 1995; Shang & Tiessen, 1997). Though, in Pernambuco State, Brasil (Blair et al., 1998) and New South Wales in Australia (Chan et al., 2001), values around 17% were found, therefore showing that much more carbon is extracted at higher concentration of K_2MnO_4, since values from 5 to 10% are normally found under tropical conditions when using K_2MnO_4 at 0.033 mol/L concentration.

By considering the C_L balance, the Table 3 shows this fraction was undergoing recovery, since the balance is already positive at the upper layer in $SASP_{10}$, relative to savannah.

Carbon extracted using different concentrations of H_2SO_4

The uses and different ages of SASP mainly affected the most easily oxidized fractions (F) (Table 4). The easy oxidation of TOC is related to its lability, a reason why more labile fractions show a better reflection of the changes in use or management (Chan et al.,

2001). The difficult oxidation of the carbon is related to several factors, among which the physical and chemical protection provided by the soil (Stevenson, 1994).

The C_{F1} showed to be most sensitive to the adopted management. A reduction of 73% was verified in $SASP_2$ relative to savannah, for the upper layer. From the $SASP_2$, an increase of 44% occurred in this fraction in $SASP_{10}$. In the layer from 10 to 20 cm, the behavior was similar, but with lower intensity. The C_{F2} and C_{F3} were also affected by the management, by suffering a reduction in the C contents; however, they did not show the same recovery ability as the age of the SASP advanced.

Table 4. Carbon extracted at different concentrations of H_2SO_4 and carbon ratio of the fractions relative to TOC, in savannah and at the different development stages of an agrosylvopasture system in Paracatu/MG, Brazil

Trat	Fractions of C extracted /2									
	----Fraction 1 ----		---- Fraction 2 ----		---- Fraction 3 ----		--- Fraction 4 ----		---- Fraction 5 ----	
	Depths		Depths		Depths		Depths		Depths	
	0 a 10	10 a 20	0 a 10	10 a 20	0 a 10	10 a 20	0 a 10	10 a 20	0 a 10	10 a 20
	Contents (g/kg)									
CN	12,40aA	8,36aB	8,08aA	5,60aB	9,92aA	5,31abB	1,91	1,91(a)	4,24	3,86(ab)
$SASP_0$	7,51bcA	6,38bcB	4,11bcA	3,40bcA	5,74bcA	4,32abB	1,49	1,42(a)	5,45	4,80(ab)
$SASP_1$	8,43bA	7,58abB	5,17bA	4,68abA	6,31bA	5,60aA	1,35	0,78(a)	5,69	5,25(a)
$SASP_2$	4,54eA	3,90dA	3,63cA	2,98cA	3,25dA	3,26bA	1,17	1,42(a)	4,00	4,70(ab)
$SASP_3$	4,86eA	4,36dA	3,03cA	3,14cA	3,92cdA	3,82abA	0,90	0,82(a)	4,95	3,88(ab)
$SASP_6$	5,73deA	5,05cdA	3,41cA	3,00cA	4,36bcdA	3,68abA	1,02	0,86(a)	2,95	2,51(b)
$SASP_{10}$	6,55bcA	5,25cdB	3,55cA	3,55bcA	3,68cdA	4,02abA	2,01	1,16(a)	5,14	3,39(ab)
Mean	7,15	5,584	4,42	3,76	5,31	4,29	1,41A	1,20A	4,63A	4,06B
	Fractions /TOC (%)									
CN	33,94	33,32	22,14	22,31	27,09	21,35	5,25	7,55	3,86	11,60
$SASP_0$	30,89	31,37	16,74	16,68	23,66	21,19	6,10	7,20	4,80	22,61
$SASP_1$	31,33	31,68	19,16	19,53	23,45	23,47	5,07	3,31	5,25	21,00
$SASP_2$	27,29	24,08	22,09	18,37	19,35	20,29	7,06	8,62	4,70	24,21
$SASP_3$	27,93	27,60	17,37	19,74	22,26	23,92	5,01	5,28	3,88	27,42
$SASP_6$	32,87	33,32	19,51	19,95	24,98	24,33	5,93	5,78	2,51	16,71
$SASP_{10}$	31,18	30,35	16,78	20,39	17,66	23,05	9,77	6,68	3,39	24,61
Mean	30,77	30,246	19,11	19,57	22,64	22,52	6,31	6,35	4,06	21,16

/1Treatments: CN = savannah; $SASP_0$ = before implantation of the agrosylvopasture system; $SASP_{(1, 2, 3, 6, 10)}$ age of the agrosylvopasture system, /2Frações extracted at different concentrations of H_2SO_4: Fraction 1 = H_2SO_4 (3M); Fraction 2 = H_2SO_4 (6M) - H_2SO_4(3M); Fraction 3 = H_2SO_4(9M) - H_2SO_4 (6M); Fraction 4 = H_2SO_4 (12M) - H_2SO_4 (9M); and Fraction 5 = TOC - H_2SO_4 (12M). Averages followed by small letters in the column and capital letters in the line do not differ from each others by the Tukey test ($P < 0.05$) and letters within parentheses in the column refer to the average of both depths and, when equal, they do not differ from each others by the Tukey test ($P < 0.05$).

The C_{F4} was not affected at the depths and treatments, which means that this fraction is not affected by soil management. This was also the lowest fraction. The C_{F5} only differed between $SASP_1$ and $SASP_6$, probably due to its increase in $SASP_1$ provided by incorporation of the vegetative material from the old eucalypt plantation.

The C_{F1} presented the highest values, representing 30% on average the total carbon in the soil. Values between 36 and 40% were found for fallow and three different crops in red soil, in New South Wales, Australia (Chan et al., 2001). However, it is worth to emphasize

that the C_{F1} obtained by them would be equivalent to the sum of C_{F1} and C_{F2} in the present work, since a higher concentration was used to extracting the C_{F1}.

The C_{F1} presented the highest values, representing 30% on average the total carbon in the soil. Values between 36 and 40% were found for fallow and three different crops in red soil, in New South Wales, Australia (Chan et al., 2001). However, it is worth to emphasize that the C_{F1} obtained by them would be equivalent to the sum of C_{F1} and C_{F2} in the present work, since a higher concentration was used to extracting the C_{F1}.

An average, 19, 23 and 6% of the TOC were extracted from the C_{F2}, C_{F3} and C_{F4}, respectively. In C_{F5}, an amount of 4 and 21% of the TOC were extracted from the upper and lower depths, respectively. Since C_{F5} represents the difference between the carbon extracted by either the heating method (Yeomans & Bremner, 1988) and without heating method (Walkley & Black, 1934), the results show that the correction factor (1.3) used and proposed by Walkley Black method would not be adequate for the soil under study, when considering that the last one only extracts 77% TOC. In Table 4, one may observe that the Walkley Black method extracted 96% from the upper layer and 79% from the lower one. Thus, the correct factor for the soil under study would be 1.27 and 1.04 for the upper and lower layers, respectively. In this sense, the results obtained by the Walkley Black method might overestimate the TOC contents in tropical soils. Other authors have already been alerting for this situation (Blair et al., 1995).

Carbon management indexes

The carbon management indexes (CMI) were calculated, by using C_{FLLP}, C_L and C of the fraction 1 (C_{F1}) (Table 5). The labile fraction that is most traditionally used to calculate IMC is C_L extracted by $KMnO_4$ 0.033 or 0.33 mol/L (Blair et al., 1995; Chan et al., 2001; Leite et al., 2003a). In Table 6, however, the correlations showed the possibility to use other fractions also labile, such as C_{FLLP} and the fraction 1 extracted by H_2SO_4 6N.

The CMI obtained from the three different labile fractions showed a slightly different behavior (Table 5). When this index was calculated from C_{FLLP}, it showed no recovery sign in $SASP_{10}$, contrarily to that when C_L and C_{F1} were used. When using C_L and C_{FLLP}, values above 100% were found at the layer from 10 to 20 cm in $SASP_1$, but those values do not express the reality because of the labile fractions in this treatment were highly increased due to incorporation of the residues from the old eucalypt plantation.

Considering that the ideal value for IMC is 100.0 (Blair et al., 1995; Chan et al., 2001), the results clearly show that the indexes obtained by C_L and C_{F1} reflect an improvement in the carbon management study, which was not found for C_{FLLP} (Table 5).

Table 5. Carbon compartment index (CCI), lability (L), lability index (LI) carbon management index (CMI) calculated on the basis of the labile fractions from the organic matter: carbon of the particulate light free fraction (C_{FLLP}), carbon oxidized by $KMnO_4$ 0.033 Mol/L (C_L) and the carbon oxidized by H_2SO_4 6N (C_{OX}) in savannah and at different development stages of an agrosylvopasture system in Paracatu/MG, Brazil

Trat.[/1]	Indexes											
	----- CCI -----			-------- L ------			------ LI -----			----- CMI -----		
	Depths (cm)			Depths (cm)			Depths (cm)			Depths (cm)		
	0-10	10-20	mean	0-10	10-20	mean	0-10	10-20	mean	0-10	10-20	mean
	---------- based on C of the FLLP (C_{FLLP}) ----------											
CN	1,00	1,00	1,00	0,093	0,059	0,076	1,00	1,00	1,00	100,0	100,0	100,0
$SASP_0$	0,66	0,81	0,73	0,047	0,040	0,043	0,50	0,67	0,58	33,4	54,4	43,9
$SASP_1$	0,74	0,95	0,84	0,064	0,065	0,064	0,69	1,11	0,90	50,9	105,7	78,3
$SASP_2$	0,45	0,65	0,55	0,052	0,033	0,042	0,56	0,56	0,56	25,4	36,4	30,9
$SASP_3$	0,48	0,64	0,56	0,054	0,043	0,048	0,57	0,73	0,65	27,7	46,8	37,2
$SASP_6$	0,48	0,60	0,54	0,048	0,035	0,041	0,51	0,59	0,55	24,3	35,7	30,0
$SASP_{10}$	0,57	0,69	0,63	0,041	0,025	0,033	0,44	0,43	0,43	25,4	29,9	27,6
	---------- based on C oxidized with $KMnO_4$ 0,033 Mol/L (C_L) ----------											
CN	1,00	1,00	1,00	0,061	0,056	0,058	1,00	1,00	1,00	100,0	100,0	100,0
$SASP_0$	0,66	0,81	0,73	0,046	0,050	0,048	0,75	0,89	0,82	50,2	72,1	61,1
$SASP_1$	0,74	0,95	0,84	0,067	0,067	0,067	1,09	1,21	1,15	80,3	115,2	97,7
$SASP_2$	0,45	0,65	0,55	0,074	0,056	0,065	1,21	1,01	1,11	54,7	65,4	60,0
$SASP_3$	0,48	0,64	0,56	0,076	0,068	0,072	1,24	1,22	1,23	60,1	78,1	69,1
$SASP_6$	0,48	0,60	0,54	0,091	0,067	0,079	1,49	1,20	1,34	71,1	72,2	71,7
$SASP_{10}$	0,57	0,69	0,63	0,082	0,071	0,076	1,34	1,27	1,30	76,7	87,9	82,3
	---------- based on C oxidized with H_2SO_4 3 Mol/L (C_{F1}) ----------											
CN	1,00	1,00	1,00	0,515	0,501	0,508	1,00	1,00	1,00	100,0	100,0	100,0
$SASP_0$	0,66	0,81	0,73	0,448	0,458	0,453	0,87	0,91	0,89	57,9	74,1	66,0
$SASP_1$	0,74	0,95	0,84	0,459	0,465	0,462	0,89	0,93	0,91	65,8	88,6	77,2
$SASP_2$	0,45	0,65	0,55	0,376	0,318	0,347	0,73	0,63	0,68	33,1	41,2	37,2
$SASP_3$	0,48	0,64	0,56	0,394	0,385	0,387	0,77	0,77	0,77	37,0	49,1	43,1
$SASP_6$	0,48	0,60	0,54	0,492	0,501	0,496	0,96	1,00	0,98	45,7	60,3	53,0
$SASP_{10}$	0,57	0,69	0,63	0,454	0,436	0,445	0,88	0,87	0,87	50,5	60,4	55,4

[/1]Treatments: CN = savannah; $SASP_0$ = before implantation of the agrosylvopasture system; $SASP_{(1, 2, 3, 6, 10)}$ age of the agrosylvopasture system

TOC correlations with the labile fractions

The correlation between TOC and C_{FLLP} reached 0.90 (Table 6), indicating this fraction is highly correlated to TOC. Frequently used to calculate the carbon management index (Blair et al., 1995; Leite et al., 2003a), the C_L presented the lowers correlation with TOC, showing this is not the best fraction for calculating this index. Though, a correlation was also found for fraction 1 in relation to TOC. This good correlation rather provides subsidy for using this fraction for calculation of the carbon management index (IMC).

In C_{F1}obtained through oxidation by H_2SO_4, the carbon contents vary from four to six times above those found for C_L and C_{FLLP}, but even so this fraction was sensitive to the changes in soil use and management. Further works are necessary to verify the results found here are repeated under different soil conditions, climate, use and management. If this possibility exists, the data for the calculation of IMC will be more easily obtained due to simplicity of the method, relative to those used for C_{FLLP} or C_L.

Table 6. Correlations between the total organic carbon and carbon fractions extracted by either different methods and concentrations of H_2SO_4 (n=56)

Variables	TOC	C_{FLLP}	C_L	C_{F1}	C_{F2}	C_{F3}	C_{F4}	C_{F5}
TOC	1,00		-	-	-	-	-	-
C_{FLLP}	0,90	1,00	-	-	-	-	-	-
C_L	0,70	0,70	1,00	-	-	-	-	-
C_{F1}	0,96	0,89	0,66	1,00	-	-	-	-
C_{F2}	0,90	0,90	0,65	0,89	1,00	-	-	-
C_{F3}	0,87	0,83	0,67	0,85	0,77	1,00	-	-
C_{F4}	0,31	0,28	022	0,31	0,23	0,05	1,00	-
C_{F5}	0,35	0,12	0,14	0,14	0,12	0,09	-0,03	1,00

Variables: total organic carbon (TOC); carbon of the particulate free light fraction (C_{FLLP}); labile carbon (C_L) and carbon of the fractions extracted at different concentrations of H_2SO_4, where Fraction 1 = H_2SO_4 (3M); Fraction 2 = H_2SO_4 (6M) - H_2SO_4(3M); Fraction 3 = H_2SO_4(9M) - H_2SO_4 (6M); Fraction 4 = H_2SO_4 (12M) - H_2SO_4 (9M); and Fraction 5 = TOC - H_2SO_4 (12M). Correlations with values above 0.35 are significant by the "t" test (P <0.01)

The C_{F4} and C_{F5} did not show good correlations neither with TOC nor other labile fractions, thus showing the carbon extracted from those fractions does not reflect changes in the use or management. In Australian soils, it was also found that those two more hardly oxidized fractions were not correlated to the stability of macroaggregates neither to mineralizable N (Chan et al., 2001). The same authors found good correlations with those variable for both more labile fractions and yet better correlations when both fractions were summed.

Figure 2 shows the IMC**s** behavior calculated from the different labile **C** fractions. The carbon of the C_{F1} presented the highest coefficient (r = 0.97), what means this fraction to reflect with satisfactory reliability the management changes, followed by C_{FLLP} (0.95) and C_L (0.78).

The declivity of the straight lines (Figure 2) shows the IMC sensibility to reflect the changes in management, since the most sloping straight lines show higher sensibility of this index. In this sense, C_{FLLP} was the best fraction to calculate IMC, followed by C_{F1} and C_L. The C_L is the TOC fraction more used for the calculation of IMC (Blair et al., 1995; Blair et al., 1998; Leite et al., 2003a). In the present study, however, it was the index that less reflected the changes in the management, either relative to reliability and sensibility. The results show that C_{F1} can be used with good reliability and sensibility for calculations of IMC, under the studied condition.

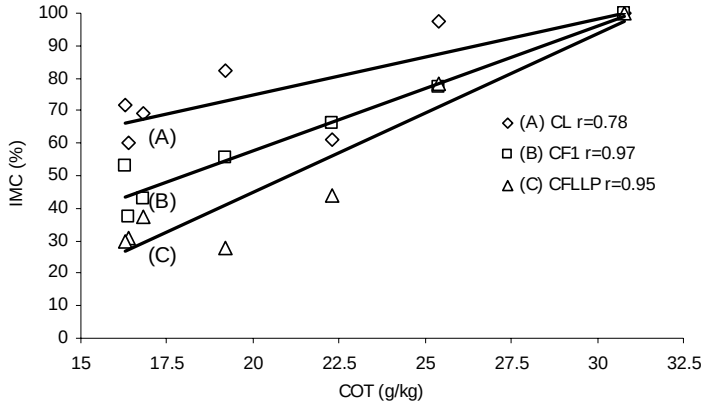

Figure 2. Pearson correlations (n=7) between TOC and the IMC calculated from the labile carbon (C_L), carbon of the fraction 1 (C_{F1}) and carbon of the particulate free light fraction (C_{FLLP}). Correlation are significant ($P < 0.01$) by the "t" test.

CONCLUSIONS

Before and during the implantation of the agrosylvopasture system, the contents and stocks of the total organic carbon (TOC) were affected by the soil use and management. They were reduced in the first years of the system, and presented improvement on the 10th year.

The carbon labile fractions of the particulate free light fraction (C_{FLLP}) and extracted by $KMnO_4$ were sensitive to both soil use and management, reflecting the changes in TOC.

The more C labile fractions extracted using different concentrations of H_2SO_4 rather reflected satisfactorily the changes in both soil use and management, whereas those less labile fractions were little affected.

The C management index (CMI) that better expressed the changes in both soil use and management was calculated using the fraction 1 (C_{F1}) extracted by H_2SO_4.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank CMM/Votorantim/SA, by the concession of the area to make this study. They also thank to the CAPES, FAPEMIG and to CNPq by the financial aid.

MENTIONED REFERENCES

BAYER, C.; DICK, D.P.; RIBEIRO, G.M. & SCHEUERMANN, K.K. Carbon stocks in organic matter fractions as affected by land use and soil management, with emphasis on no-tillage effect. Ciência Rural, 32:401-406, 2002.

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

BLAIR, G.J.; CHAPMAN, L.; WHITBREAD, A.M.; BALL-COELHO, B.; LARSEN, P. & TIESSEN, H. Soil carbon changes resulting from sugarcane trash management at two locations in Queensland, Australia, and in North-East Brazil. Australian Journal of Soil Research, 36:873-882, 1998.

BLAIR, G.J.; LEFROY, R.D.B. & LISLE, L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural sustems. Aust. J. Agric. Res., 46:1459-1466, 1995.

CAMBARDELLA, C.A. & ELLIOTT, E.T. Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence. Soil Science Society America Journal, 56:777-783, 1992.

CAMBARDELLA, C.A. & ELLIOTT, E.T. Carbon and nitrogen dinamics of soil organic matter fractions from cultivated grassland soil. soil Science Society America Journal, 58:123-130, 1994.

CHAN, K.Y.; BOWMAN, A. & OATES, A. Oxidizible organic carbon fractions and soil quality changes in an oxic paleustalf under different pasture leys. Soil Science, 166:61-67, January 2001, 2001.

DALAL, R.C.; HARMS, B.P.; KRULL, E. & WANG, W.J. Total soil organic matter and its labile pools following mulga (*Acacia aneura*) clearing for pasture development and cropping 1. Total and labile carbon. Aust. J. Agric. Res., 43:13-20, 2005.

DUBE, F. Estudos Técnicos e econômicos de sistemas agroflorestais com Eucalyptus sp. no noroeste do estado de Minas Gerais: O caso da Companhia Mineira de Metais. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 146pp. (Dissertação (MS))

EMBRAPA, E.B.D.P.A.-. Manual de Métodos de Análise de Solo. 2 ed ed, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212pp.

FREIXO, A.A.; MACHADO, P.L.O.A.; GUIMARÃES, C.M.; SILVA, C.A. & FADIGAS, F.S. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de latosolo do cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 26:425-434, 2002.

ISAAC, M.E.; GORDON, A.M.; THEVATHANSAN, N.; OPPONG, S.K. & QUASHIE-SAM, J. Temporal changes in soil carbon and nitrogen in west African multistrata agroforestry systems: a chronosequence of pols and fluxes. Agroforestry Systems, 65:23-31, 2005.

LEIFELD, J. & KOGEL-KNABNER, I. Soil organic matter fractions as early indicators for carbon stok changes under different land-use? Geoderma, 124:143-155, 2005.

LEITE, L.F.C. Compartimentos e dinâmica da matéria orgânica do solo sob diferentes manejos e sua simulação pelo modelo Century. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2002. 146p. (Tese (DS))

LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E.D.S.; MACHADO, P.L.O.D.A. & MATOS, E.S. Total C and N storage and organic C pools of a Red-Yellow Podzolic under conventional and no tillage at the Atlantic Forest Zone, Southeastern Brazil. Australian Journal of Soil Research, 41:717-730, 2003a.

LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E.D.S.; NEVES, J.C.L.; MACHADO, P.L.A. & GALVÃO, J.C.C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em um Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 27:821-832, 2003b.

PINHEIRO, E.F.M.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C. & MACHADO, P.L.O.A. Fracionamento densimétrico da matéria organica do solo sob diferentes ssitemas de manejo e cobertura vegetal em Paty do Alfenas (RJ). Revista Brasileira de Ciência do Solo, 28:731-737, 2004.

SHANG, C. & TIESSEN, H. Organic matter lability in a tropical oxisol: evidense from shifting cultivation, chemical oxidation, particle size, density, and magnetic fractionations. Soil Science, 162:795-807, november 1997, 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, 241:155-176, 2002.

STEVENSON, F.J. Humus chemistry: genesis, composition, reactions. Second edition ed, John Wiley & Sons, 1994. 496p.

WALKLEY, A. & BLACK, I.A. An examination of the Degtjareff method for determining soil oranic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science, 37:29-38, 1934.

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E.D.S. & NEVES, J.C.L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um latossolo vermelho sob diferentes manejos. Pesq. agropec. bras., 40:487-494, maio 2005, 2005.

YEOMANS, J.C. & BREMNER, L.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. Communication in Soil Science Plant Analisys, 19:1467-1476, 1988.

II. MUDANÇAS NO CARBONO E NITROGÊNIO EM DIFERENTES COMPARTIMENTOS DA MATÉRIA ORGÂNICA SOB SISTEMA AGROSSILVIPASTORIL

Beno Wendling[1], Ivo Jucksch[2], Eduardo de Sá Mendonça[2], Júlio César Lima Neves[2], Ivo Ribeiro da Silva[2], Liovando Marciano da Costa[2]

RESUMO

Em um sistema agrossilvipastoril, que vem sendo implantado anualmente desde 1993, em Paracatu/MG, foi estudado o efeito de sua introdução sobre as mudanças no Carbono e Nitrogênio em diferentes compartimentos da matéria orgânica do solo. O sistema foi implantado em solo sob floresta de eucalipto, abandonada após três cortes. No primeiro ano, além dos eucalipto plantados em espaçamento de 10 x 4 m, nas entre linhas e entre linhas, respectivamente, foi realizado um cultivo com arroz (*Oryza sativum sp*), no segundo ano cultivou-se soja (*Glicyne max sp*) e no terceiro ano, a braquiária (*Brachiaria bizantina sp*). Após o terceiro ano, a prática de pastejo da braquiária por bovinos de corte foi iniciada, que permanece na área até o final do ciclo do sistema, previsto para o 11° ano. Uma área de cerrado e outra área com eucalipto em sistema de cultivo convencional foram usadas, como referência à condição natural e às condições existentes antes da implantação do sistema agrossilvipastoril, respectivamente. Foram coletadas amostras nas idades de 1, 2, 3, 6 e 10 anos do eucalipto. De acordo com os resultados, houve significativa diminuição nos teores e estoques de carbono e nitrogênio totais, bem como na biomassa microbiana. Com o avanço da idade do sistema, iniciou-se uma tendência para recuperação dos teores e estoques dessas frações. Resumindo, embora o sistema agrossilvipastoril ter sido desfavorável a manutenção da matéria orgânica do solo nos primeiros anos, apresentou potencial para recuperação da mesma com o avanço da idade.

Termos de indexação: substâncias húmicas, eucalipto, biomassa microbiana.

[1] Bolsista CNPq, Universidade Federal de Viçosa/DPS, CEP 36570-000 Viçosa, E-mail: benowendling@yahoo.com.br
[2] Professores do DPS/UFV

***SUMMARY**: CARBON AND NITROGEN CHANGES IN DIFERENT COMPARTMENTS OF THE ORGANIC MATTER UNDER AGROSYLVOPASTURE SYSTEM*

Since 1993, an agrosylvopasture system has been annually implanted in Paracatu county, Minas Gerais State. So, the effects from its introduction upon the changes in carbon and nitrogen at different compartments of the soil organic matter were studied. This system is implanted in soil under eucalypt forest that was abandoned after three removal cuts. In the first year this system undergoes operation, besides planting the eucalyptuses in interlines at spacing 10 x 4 m, the following crops are grown: rice in the first year; soybean in the second one; and the brachiaria established is on the third one. After the third year, the brachiaria pasture by meat cattle is began and remains until the end of the system cycle, what is foreseen for the 11th year. A savannah area and another one with eucalypt planting under the conventional system were used as reference to natural condition and previous conditions to implantation of the agrosylvopasture system. Samples aged 1, 2, 3, 6, and 10 years were collected. The results show significant decrease in the contents and stocks of both total carbon and nitrogen, as well as in microbial biomass. As the age of the system advances, there begins a tendency for recuperation of the contents and stocks of those fractions. Briefly, the results show the system to be unfavorable to the maintenance of the soil organic matter at the first years, but presents a potential for recovering as its age advances.

***Index terms:** humic substances, eucalyptuses, microbial biomass*

INTRODUÇÃO

Os sistemas agroflorestais vêm recebendo destaque devido sua capacidade de melhorar a entrada de nutrientes no sistema, reduzir a perda de nutrientes e melhorar as propriedades físicas do solo. Neste sentido, visando melhorar características de solos degradados, sistemas agroflorestais têm sido sugeridos (Mendonça et al., 2001; Franco et al., 2003).

Sabe-se que solos de florestas, quando desflorestados e substituídos por pastagens ou cultivos anuais, têm o carbono orgânico reduzido, tanto qualitativa como quantitativamente (Dalal et al., 2005). Três décadas foram suficientes para que cerca de 60 % do carbono orgânico fossem perdidos, em um solo espódico arenoso convertido para área agrícola (Jolivet et al., 2003).

Para estudos concernentes à dinâmica de matéria orgânica do solo, pesquisadores vêm sugerindo a divisão desta em compartimentos (Stevenson, 1994), uma vez que estes podem representar melhor essa dinâmica do que o carbono orgânico total (COT). Uma primeira

divisão separa as substâncias húmicas das não húmicas. As substâncias não húmicas apresentam maior biodisponibilidade, enquanto as substâncias húmicas são pouco biodisponíveis, ou seja, possuem uma estrutura bem mais estável, quimicamente. O C solúvel em água (CSA), a biomassa microbiana, a fração leve livre ou particulada inter ou intra agregados, e o C oxidado $KMnO_4$ podem ser considerados como substâncias não húmicas. Como frações mais estáveis, tem-se a humina, ácidos fúlvicos e húmicos (Swift, 1996).

O CSA representa apenas uma pequena fração do carbono orgânico total, mas pode exercer um importante papel nos processos iônicos, no ciclo de nutrientes, na vida microbiana e no intemperismo mineral dos solos (Evans Jr et al., 1988), podendo ser considerado uma fonte muito lábil de C no solo.

A biomassa microbiana é considerado um compartimento muito ativo no solo (Leite et al., 2004), sendo responsável pela transformação de todos os materiais orgânicos adicionados ao solo e servindo como reservatório de nutrientes de fácil ciclagem. Por essa razão, sua importância vem sendo reconhecida, pois é considerada um indicador precoce da qualidade do solo (Moreira & Siqueira, 2002), em razão de sua sensibilidade a alterações no manejo.

O estudo destes compartimentos pode contribuir para escolha de um manejo adequado, baseado na melhoria da qualidade orgânica do solo. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar as mudanças nos teores e estoques de C e N total no solo e na biomassa microbiana, nas substâncias húmicas e no carbono solúvel em água, em área de cerrado, em função dos diferentes estágios de desenvolvimento de um sistema agrossilvipastoril.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo e amostragem

A área de estudo pertence à CMM/Votorantim e está localizada no município de Paracatu/MG, Brasil (latitude 17°36’09’’, longitude 46°42’02’’ e altitude de 540 m). O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho distrófico, com relevo plano a suave ondulado. O clima da região é tipo subtropical úmido, classificado como Aw, segundo a classificação proposta por Köppen, sendo a temperatura média máxima de 32°C e mínima de 16°C, precipitação média anual variando entre 1300 a 1800 mm, concentrados quase totalmente no período quente (outubro a março). A vegetação nativa é do tipo cerrado fechado (savana).

As amostras foram coletadas em duas profundidades (0 a 10 cm e 10 a 20 cm), durante o mês de dezembro de 2004. Em cada área, foi estabelecido um transecto virtual, ao longo do

qual foram coletadas quatro amostras simples para determinação da densidade do solo, bem como quarto amostras compostas, formadas a partir de oito amostras simples, para as demais análises.

Para determinação da biomassa microbiana, as amostras foram passadas em peneira com 2,00 mm de abertura, resfriadas em caixas de isopor com gelo, sendo então mantidas em geladeira (4 a 6°C) até o momento da análise, que foi realizada na semana seguinte. Para as análises de caracterização e CSA, as amostras foram secas ao ar e passadas em peneira de 2,00 mm (TFSA). Para as demais análises, a TFSA ainda foi triturada em almofariz.

O sistema agrossilvipastoril

O sistema agrossilvipastoril (SASP) foi implantado em área de plantação convencional de eucalipto, instalada em 1970, após a derrubada do cerrado. Essa plantação convencional foi mantida durante três cortes (rebrote), sendo depois abandonada e ocupada naturalmente por braquiária (*Brachiaria brizantha)*, dando lugar à instalação do sistema agrossilvipastoril (SASP), a partir de 1993. Todos os anos, uma nova área foi iniciada com o mesmo sistema.

O preparo da área para receber o SASP consistiu dos seguintes procedimentos: retirada da madeira da parte aérea das plantas de eucalipto provenientes de rebrota ou germinação natural, destocamento da área, retirada das raízes, nivelamento da área, aração profunda e duas gradagens com grade pesada.

Estando a área limpa e preparada, o SASP foi implantado, adotando-se as fases descritas a seguir. No primeiro ano - incorporação tanto de calcário (em área total) para elevar a soma de bases até 50% (em torno de 3,5 a 4,5 t/ha de calcário) quanto de 150 kg/ha de fosfato reativo de Gafsa; demarcação das linhas de plantio do eucalipto no sentido leste-oeste (10 m entre linhas e 4 m entre plantas); incorporação de 240 kg/ha de fosfato natural na linha e 0,136 kg/planta de adubo da fórmula 6-30-6 (N-P_2O_5-K_2O) na cova; plantio das mudas de eucalipto em outubro; e plantio de arroz nas entrelinhas do eucalipto com 300 kg/ha de adubo da fórmula 5-25-15 (N-P_2O_5-K_2O), no mês de outubro, respeitando um metro de distância das linhas de eucalipto, com população de 1200000 plantas/ha. No segundo ano - implantação da cultura da soja, em novembro, após preparo com grade aradora e duas gradagens de nivelamento, com a seguinte adubação: 450 kg/ha da fórmula 2-30-15 (N-P_2O_5-K_2O) + 0,3% Zn e, em cobertura, mais 10, 1, 2 e 1,0 kg/ha em única aplicação de sulfato de zinco, ácido bórico, sulfato de cobalto e molibidato de sódio, respectivamente (sementes são tratadas com inoculante). No terceiro ano, semeadura da braquiária (*Brachiaria brizantha*) (a lanço e incorporada com grade pesada) recebendo 150, 200 e 1000 kg/ha de superfosfato simples, fosfato reativo de gafsa e calcário (PRNT 85 %) respectivamente, sendo que nos sistemas

estabelecidos a partir do ano de 2003, a adubação fosfatada foi substituída por 300 kg/ha de fosfato reativo de gafsa. A partir do terceiro ano - as únicas intervenções no sistema foram pastejo do capim por bovinos e a desrama das plantas de eucalipto, a fim de permitir maior entrada de radiação solar.

A produção média da cultura do arroz foi de 1150 kg/ha. A soja produziu 1500 kg/ha, em média. A lotação animal foi 1 e 2 UA/ha, para a época da seca (inverno) e chuvosa (verão), respectivamente.

Desde a implantação do SASP (1993), a cada ano, uma nova área (em torno de 300 ha) é iniciada com o mesmo sistema, seguindo os mesmos passos acima descritos, com possibilidade de pequenas variações nas épocas de plantio do eucalipto ou semeadura das culturas, uma vez que as condições climáticas são dinâmicas.

Tratamentos avaliados

Para este trabalho, além do cerrado nativo (CN), foram coletadas amostras nos seguintes estágios de desenvolvimento do sistema agrossilvipastoril (SASP), que constituíram os tratamentos:

- CN – condição natural, cerrado (sem intervenção humana);

- $SASP_0$ – área antes da implantação do SASP, na condição de plantação convencional de eucalipto abandonada, onde se estabeleceu naturalmente, a braquiária (ano de 2004);

- $SASP_1$ - sistema com um ano de idade, após colheita da cultura do arroz (sistema iniciado em 2003);

- $SASP_2$ – sistema com dois anos de idade, após colheita da cultura da soja (sistema iniciado em 2002);

- $SASP_3$ – sistema com três anos de idade, primeiro ano sob pastejo de braquiária (sistema iniciado em 2001);

- $SASP_6$ – sistema com seis anos de idade, no quarto ano sob pastejo de braquiária (sistema iniciado em 1998); e,

- $SASP_{10}$ – sistema com dez anos de idade, no oitavo ano sob pastejo de braquiária (sistema iniciado em 1994).

Análises físico/químicas

A densidade do solo e de partículas foram determinadas por meio do método do anel volumétrico e do balão, respectivamente (Embrapa, 1997). O pH foi determinado em água (1:2,5) por potenciometria, sendo a acidez trocável (Al^{3+}) extraída com KCl 1 mol/L e quantificada por titulometria com hidróxido de sódio 0,025 mol/L, padronizado com biftalato

de potássio (Embrapa, 1997). O fósforo e o potássio foram extraídos com Mehlich 1 (Embrapa, 1997) e determinados por colorimetria e fotometria de chama, respectivamente. O cálcio e magnésio foram extraídos com KCl 1 mol/L e determinados por espectrofotometria de absorção atômica (Embrapa, 1997).

O carbono orgânico total (COT) foi determinado via combustão úmida (Yeomans & Bremner, 1988). Para a quantificação do nitrogênio total (NT), as amostras foram submetidas a digestão sulfúrica com posterior destilação Kjedahl (Tedesco et al., 1995).

As substâncias húmicas foram fracionadas, quimicamente, segundo a técnica da solubilidade diferencial, separando-se a fração ácidos fúlvicos (FAF), a fração ácidos húmicos (FAH) e as huminas (HUM), de acordo com os conceitos de frações húmicas estabelecidos pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (Swift, 1996). Como extrator, utilizou-se NaOH 0,1 mol/L. O C de cada fração foi quantificado via oxidação úmida (Yeomans & Bremner, 1988) e o N via digestão sulfúrica e posterior destilação Kjedahl (Tedesco et al., 1995).

Para liberar o C e N da biomassa microbiana para a solução extratora de K_2SO_4 0,5 mol/L utilizou-se o método de irradiação-extração (Islam & Weil, 1998), usando um forno de microondas com freqüência de 2450 MHz e energia de 900W durante 180 segundos (Islam & Weil, 1998; Ferreira et al., 1999). O C foi quantificado via oxidação úmida, enquanto o N foi quantificado por destilação Kjedahl, após digestão sulfúrica (Tedesco et al., 1995). Corrigida a umidade, o C microbiano (C_{MIC}) e N microbiano (N_{MIC}) foram calculados baseando-se na diferença das subamostras irradiadas e não irradiadas, utilizando-se um fator de conversão de fluxo (Kc) de 0,33 (Sparling & West, 1988) e 0,54 (Brookes et al., 1985) para C e N, respectivamente. Também foi calculado o quociente microbiano, ou seja, a proporção de C_{MIC}/COT e N_{MIC}/NT.

O carbono solúvel em água (CSA) foi extraído com água (10 g de solo e 20 mL de água). A mistura foi agitada, durante 15 minutos, depois centrifugada a 3500 rpm durante 10 minutos e filtrada em filtro qualitativo. O C contido no extrato foi quantificado por oxidação via úmida (Tedesco et al., 1995).

Os estoques totais e também para os demais compartimentos, foram obtidos através da multiplicação de seus teores pela densidade do solo.

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA, $P<0,05$) no esquema de parcelas subdivididas, considerando um delineamento inteiramente casualisado, em que os

tratamentos foram considerados como parcelas e as profundidades como subparcelas. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey (P<0,05).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características físico/químicas

Os teores de argila foram bastante homogêneos em todas as áreas, exceto no tratamento $SASP_2$, que não se enquadra na classificação como muito argilosa (Tabela 1). Essa pequena variação não constituiu um efeito do tratamento, mas de variações na composição do material de origem. Os altos teores de argila possuem maior capacidade para armazenar C, devido à alta proteção química, que proporcionam aos compostos orgânicos (Six et al., 2002).

Tabela 1. Características físicas e químicas de cerrado e diferentes estágios de um sistema agrossilvipastoril em Paracatu/MG, Brasil

Trat[/1]	Prof.[/2] (cm)	Características físicas[/3]						Características químicas[/4]							
		AG	AF	S	A	Dp	Ds	pH	P	K	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Al^{3+}	H+Al	P-rem[/5]
		----- dag/kg -----				-- g/cm^3 -		água	- mg/dm^3 --		--------- cmol$_c$/dm^3 ------				mg/L
CN	0 a 10	3	6	19	72	2,72	0,82	5,14	2,0	135	1,38	1,66	0,67	9,89	18,9
	10 a 20	3	6	17	74	2,63	0,93	4,89	1,0	73	0,34	0,58	1,30	7,5	14,4
$SASP_0$	0 a 10	4	10	17	69	2,70	1,23	4,98	0,6	105	0,77	0,75	0,96	6,2	18,4
	10 a 20	4	10	18	68	2,72	1,24	4,86	0,5	75	0,39	0,44	1,20	6,5	15,8
$SASP_1$	0 a 10	4	12	23	61	2,72	1,04	6,16	1,4	157	3,22	2,32	0,00	3,9	21,4
	10 a 20	4	11	22	63	2,94	1,17	5,68	1,1	103	2,55	1,96	0,00	4,8	18,5
$SASP_2$	0 a 10	11	18	20	51	2,82	1,04	6,59	2,6	93	3,47	2,38	0,00	2,1	20,2
	10 a 20	9	19	15	57	2,79	1,21	5,71	1,1	61	1,75	1,44	0,00	3,0	17,4
$SASP_3$	0 a 10	6	17	16	61	2,72	1,05	5,99	4,1	61	2,40	1,89	0,00	3,3	20,5
	10 a 20	6	17	16	61	2,76	1,20	6,12	1,5	37	2,30	1,89	0,00	2,9	18,7
$SASP_7$	0 a 10	4	9	17	70	2,61	1,18	5,84	1,9	57	2,53	1,94	0,00	3,8	20,6
	10 a 20	5	9	16	70	2,58	1,14	5,51	0,6	49	1,58	1,11	0,29	3,8	17,7
$SASP_{10}$	0 a 10	4	4	19	73	2,81	1,09	5,6	5,4	85	1,77	1,55	0,05	3,6	18,3
	10 a 20	4	6	18	72	2,70	1,03	5,66	0,6	31	1,42	1,41	0,05	3,9	14,4

[/1] Tratamentos: CN = cerrado; $SASP_0$ = antes da implantação do sistema agrossilvipastoril; $SASP_{(1, 2, 3, 6, 10)}$ idade do sistema agrossilvipastoril, [/2] profundidades, [/3] AG = areia grossa; AF = areia fina; S = silte; A = argila; Dp = densidade de partículas e Ds = densidade do solo, [/4] pH em água (relação 1:2,5); P e K extraídos com Mehlich 1; Ca, Mg e Al extrídos com KCl 1 mol/L, H+Al extraído com Acetato de Cálcio 0,5 mol/L em pH 7,0 e [/5] P-rem = fósforo remanescente.

A densidade do solo foi afetada pelos tratamentos (Figura 1). Na camada superficial do cerrado nativo (CN), onde a intervenção humana é nula, a densidade foi menor em relação aos demais tratamentos. No $SASP_0$, a densidade foi elevada, mas, após a instalação do sistema agrossilvipastoril ($SASP_1$), ocorreu uma redução na densidade do solo, devido ao revolvimento do solo para preparo da área. No $SASP_{10}$, observou-se uma diminuição na densidade do solo, na camada de 10 a 20 cm, em relação aos três primeiros anos da implantação do SASP. Esse efeito ocorreu em razão do grande número de raízes das gramíneas, que é renovado constantemente, aliado ao não revolvimento do solo, favorecendo,

assim, a estabilização dos agregados (Tisdall & Oades, 1979). Comportamento semelhante foi observado na presença da gramínea tifton 85 (*Cynodon dactylon),* para feno, em um Latossolo Vermelho no cerrado de Minas Gerais, após três anos da implantação (Wendling et al., 2005).

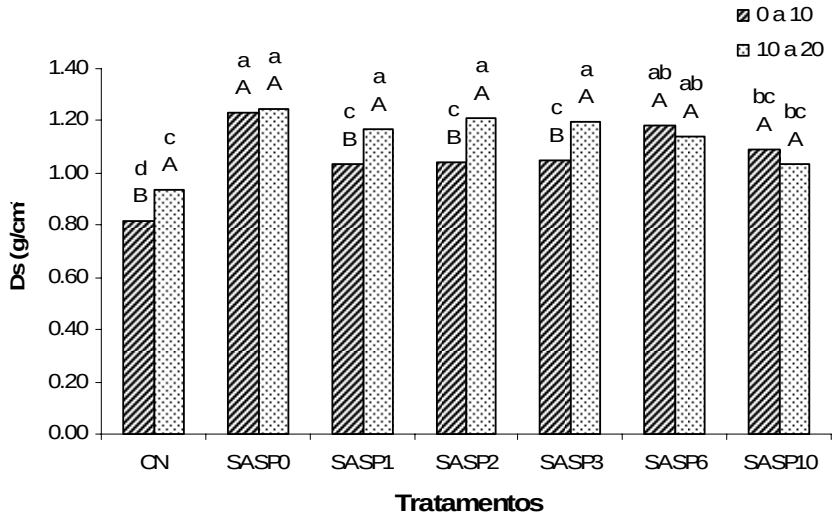

Figura 1. Densidade do solo de cerrado e diferentes estágios de um sistema agrossilvipastoril em Paracatu/MG, Brasil. CN = cerrado; $SASP_0$ = antes da implantação do sistema agrossilvipastoril; $SASP_{(1, 2, 3, 6, 10)}$ idade do sistema agrossilvipastoril. Médias das barras com letras iguais minúsculas e maiúsculas não diferem entre si para tratamentos e profundidades, respectivamente, pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

Em relação ao pH e ao Al^{3+}, houve um aumento no primeiro, favorecendo a redução do segundo, após aplicação de calcário, o que pode ser observado no $SASP_1$ (Tabela 1). Aos seis e dez anos de idade do sistema ($SASP_6$ e $SASP_{10}$), o Al^{3+}começou a aparecer, pois o efeito da calagem não se prolonga por muitos anos. O Ca e Mg seguem a mesma tendência do pH. O K, que em CN era alto, teve seus teores reduzidos após $SASP_1$, os quais permaneceram baixos até $SASP_{10}$. As demais características químicas não sofreram grandes modificações com a implantação do SASP.

Teores e estoques de COT e NT

Os teores de COT e NT foram afetados pelos diferentes tratamentos e profundidades (Tabela 2). O teor de COT foi reduzido em 33,6 e 19,1%, devido à conversão do cerrado para floresta de eucalipto, nas camadas de 0 a 10 e 10 a 20 cm, respectivamente. Após o primeiro ano de instalação do sistema ($SASP_1$), não houve redução no teor de COT, devido à incorporação dos restos de material vegetal (*litter*) deixados na área após a limpeza da madeira. Embora as raízes e toda parte lenhosa tenha sido retirada, grande quantidade de material ainda permaneceu, pois, tratava-se de uma plantação de eucalipto abandonada, em

que a braquiária se estabeleceu, produzindo grande quantidade de material, o qual foi incorporado ao solo pela ação dos implementos de preparo da área. Aliado a esta incorporação de *litter*, a cultura do arroz também produz material de relação C/N mais alta, contribuindo para a manutenção dos teores de COT.

Tabela 2. Teores totais e estoque de C e N, relação C/N e balanço de C em cerrado e nos diferentes estágios de desenvolvimento de um sistema agrossilvipastoril em Paracatu/MG, Brasil

Trat.[/1]	-------- COT --------			------- NT -------			---- Relação COT/NT ----		
	Prof.[/2]		média	Prof.[/2]		média	Prof.[/2]		média
	0 a 10	10 a 20		0 a 10	10 a 20		0 a 10	10 a 20	
Teor (g/kg)									
CN	36,6 aA	25,1 aB	30,8	2,77 aA	1,84 aB	2,31	13,2	13,6	13,4
$SASP_0$	24,3 bcA	20,3 bcB	22,3	1,65 bcA	1,45 bcB	1,55	15,1	14,2	14,6
$SASP_1$	26,9 bA	23,9 abB	25,4	1,77 bA	1,67 abB	1,72	15,3	14,4	14,8
$SASP_2$	16,6 eA	16,2 dA	16,4	1,11 dA	1,08 dA	1,10	14,9	15,1	15,0
$SASP_3$	17,7 deA	16,0 dA	16,8	1,21 dA	1,11 dA	1,16	14,7	14,6	14,6
$SASP_6$	17,5 deA	15,1 dB	16,3	1,32 dA	1,18 cdB	1,25	13,3	12,8	13,0
$SASP_{10}$	20,9 cdA	17,4 cdB	19,2	1,37 cdA	1,23 cdB	1,30	15,4	14,2	14,8
média	22,9	19,1	21,0	1,60	1,36	1,48	14,5	14,1	14,3
Estoque (t/ha)							--- Balanço COT[/3] (t/ha) ---		
CN	29,893	23,326	26,609	2,268	1,714	1,99	CN – ASP (0,1,2,3,6,10)		
$SASP_0$	29,964	25,273	27,618	2,033	1,797	1,92	0,07	1,95	1,01
$SASP_1$	28,056	27,877	27,967	1,845	1,947	1,90	-1,84	4,55	1,36
$SASP_2$	17,280	19,641	18,461	1,158	1,305	1,23	-12,61	-3,68	-8,15
$SASP_3$	18,540	19,306	18,923	1,267	1,321	1,29	-11,35	-4,02	-7,69
$SASP_6$	20,574	17,227	18,901	1,549	1,352	1,45	-9,32	-6,10	-7,71
$SASP_{10}$	22,856	17,899	20,378	1,490	1,265	1,38	-7,04	-5,43	-6,23
média	23,880	21,507	22,694	1,659	1,529	1,594	-7,01	-2,12	-4,57

[/1] Tratamentos: CN = cerrado; $SASP_0$ = antes da implantação do sistema agrossilvipastoril; $SASP_{(1, 2, 3, 6, 10)}$ idade do sistema agrossilvipastoril, [/2] profundidades, [/3] ganho (+) ou perda (-) de COT dos $SASP_{(0,1,2,3,6,10)}$ em relação ao CN. Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

No final do segundo ano do sistema ($SASP_2$), houve uma redução de 38,3 e 32,2 % no COT nas camadas de 0 a 10 e 10 a 20 cm, respectivamente. No momento do preparo do solo para implantação do SASP, procedeu-se a calagem, adubação e várias operações com revolvimento do solo, que após o segundo ano ($SASP_2$) contribuíram para essa significativa redução do teor de COT no solo. Outro motivo que colaborou para isso foi a cultura da soja, que, além de fixar N ao solo, tem baixa relação C/N, fato este que pode ter contribuído para a melhoria da atividade microbiana durante o período e acelerado a decomposição do material incorporado no início da implantação do sistema. Uma perda de carbono de 16% nos primeiros dois anos e de 22 % até o 15° ano da implantação de um sistema agroflorestal sob condições tropicais, foi observada no oeste da África (Isaac et al., 2005).

Após o segundo ano, o SASP novamente caminhou no sentido de recuperar parte do COT perdido, embora apenas significativo na camada superior do $SASP_{10}$. Para o NT, o sistema ainda não mostrou recuperação significativa nesse período. É provável que o *litter*

produzido pelas plantas de eucalipto e braquiária, permitiu uma recuperação dos teores de COT e não de NT, em razão de possuírem larga relação C/N. No oeste da África, 25 anos após a instalação de um sistema agroflorestal, apenas 3,3% dos 22% de carbono perdidos foram recuperados (Isaac et al., 2005). O fato de o solo não ser mais revolvido, após o $SASP_3$, constituiu outro motivo que colabora para a melhoria dos teores do COT, pois, o solo não é mais desestruturado e não recebe aeração proporcionada pelo revolvimento.

A relação C/N do solo não sofreu grandes alterações, pois variou de 12,3 até 15,4. Estas relações são semelhantes àquelas encontradas em floresta natural, na Zona da Mata mineira (Leite et al., 2003). Para a região do cerrado brasileiro, valores na faixa de 14,74 e 13,86 foram encontrados para Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-Escuro, respectivamente (Tognon et al., 1998). Tais valores ligeiramente elevados sugerem que o C encontra-se em estágio mais avançado de humificação, uma vez que valores entre 10 e 12 são normalmente encontrados para solos cultivados.

Os valores para estoque de C e N não foram tratados, estatisticamente, pois são obtidos mediante a multiplicação dos teores pela densidade do solo. Entretanto, merece discussão o fato de a redução observada nos teores não ser igual àquela nos estoques. A redução de 33,6 e 19,1 % observada nas camadas de 0 a 10 e 10 a 20 cm para teores, respectivamente, após a conversão do cerrado em plantação de eucalipto, já não ocorre mais em se tratando de estoque (Tabela 2). Observando o balanço, um ganho de 0,07 e 1,95 t/ha ocorreu para o $SASP_0$ em relação a CN, nas camadas de 0 a 10 e 10 a 20 cm, respectivamente. Entretanto, na camada de 10 a 20 cm no $SASP_1$, houve um ganho de 4,55 t/ha em relação a CN.

Na Figura 1, observa-se uma diminuição na densidade do solo no $SASP_{10}$, em relação aos $SASP_{(0,1,2\ e\ 3)}$, na camada de 10 a 20 cm, razão pela qual os estoques de COT e NT não aumentam, enquanto os teores aumentam. Portanto, é preciso ter cuidado, quando se discute sobre os estoques de COT e NT em solos, onde a densidade do solo é também afetada pelo manejo. Se por um lado o aumento no teor de COT proporciona uma melhor agregação do solo (Six et al., 2002), diminuindo a densidade, o que é característica desejável e que contribui para uma melhor aeração do solo, infiltração de água e disponibilidade de nutrientes, e se este teor for transformado em estoque, corre-se o risco de afirmar que o sistema perdeu C ou N, quando, na verdade, pode ter ocorrido somente uma mudança na densidade do solo.

C e N nas substâncias húmicas

Conforme se observa na Tabela 3, os teores de C da humina (HUM) apresentaram comportamento semelhante ao COT, ou seja, diminuição com a derrubada do cerrado e a

plantação de eucalipto após 30 anos ($SASP_0$). Na literatura disponível, há relatos de redução nos teores de C da HUM após derrubada da vegetação nativa, para diferentes situações (Marchiori Júnior & Melo, 2000; Leite et al., 2003).

Tabela 3. Teores e estoque de C na humina (HUM), fração ácidos húmicos (FAH), fração ácidos fúlvicos (FAF), relação FAH/FAF e proporção do COT recuperado pelo fracionamento das substâncias húmicas em cerrado e nos diferentes estágios de desenvolvimento de um sistema agrossilvipastoril em Paracatu/MG, Brasil.

Trat	HUM		FAH		FAF		Proporções	
	Prof. (cm)		Prof. (cm)		Prof. (cm)		Prof. (cm)	
	0 a 10	10 a 20	0 a 10	10 a 20	0 a 10	10 a 20	0 a 10	10 a 20
	---------- Teor (g/kg) ----------						---- FAH/FAF ----	
CN	25,84 aA	17,22 aB	5,43 aA	3,38 aB	3,96 aA	3,46 aB	1,37	0,98
$SASP_0$	14,82 cA	12,33 bB	3,83 bA	3,11 aB	3,31 bcA	2,98 abcB	1,15	1,04
$SASP_1$	17,95 bA	15,69 aB	3,62 bcA	3,21 aB	3,08 bcA	3,12 abcA	1,17	1,03
$SASP_2$	9,71 dA	8,47 dB	1,74 eA	1,77 bA	2,51 dA	2,69 cA	0,69	0,65
$SASP_3$	10,22 dA	9,05 cdB	2,08 deA	1,94 bA	2,88 cdA	2,83 bcA	0,72	0,68
$SASP_6$	11,06 dA	9,99 cdA	2,74 cdA	2,12 bB	3,15 bcA	2,99 abcA	0,87	0,71
$SASP_{10}$	13,35 cA	10,98 bcB	2,60 deA	1,94 bB	3,54 abA	3,30 abB	0,73	0,58
média	*14,71*	*11,96*	*3,15*	*2,50*	*3,20*	*3,05*	*0,96*	*0,81*
	---------- Estoque (t/ha) ----------						---- (∑ C-SH)/COT ----	
CN	21,13	16,05	4,44	3,15	3,24	3,22	0,96	0,96
$SASP_0$	18,24	15,33	4,73	3,87	4,08	3,71	0,90	0,91
$SASP_1$	18,66	18,30	3,76	3,74	3,19	3,65	0,92	0,92
$SASP_2$	10,11	10,24	1,80	2,13	2,62	3,26	0,84	0,80
$SASP_3$	10,71	10,85	2,18	2,30	3,01	3,39	0,87	0,87
$SASP_6$	13,01	11,38	3,22	2,43	3,70	3,41	0,97	1,00
$SASP_{10}$	14,58	11,31	2,83	2,00	3,86	3,40	0,93	0,94
média	*15,21*	*13,35*	*3,28*	*2,80*	*3,37*	*3,43*	*0,91*	*0,91*

[1] Tratamentos: CN = cerrado; $SASP_0$ = antes da implantação do sistema agrossilvipastoril; $SASP_{(1, 2, 3, 6, 10)}$ anos de idade do sistema agrossilvipastoril. Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

Do $SASP_0$ até o $SASP_1$, houve um aumento no teor de C da HUM nas duas camadas, diferentemente do COT que não aumentou. Tal fato pode ter ocorrido devido tanto à incorporação do *litter* da antiga plantação de eucalipto quanto à cultura de arroz, que produziram materiais com relação C/N mais elevada, impossibilitando, assim, a transformação de grande parte deste material em ácidos húmicos e fúlvicos. Como comprovante, a fração ácido húmico (FAH) e fração ácido fúlvico (FAF) não sofreram elevação durante esse período.

Após dois anos do início do sistema ($SASP_2$), os teores da HUM sofreram nova redução (67,8 e 49,2 %) em relação aos valores observados no cerrado. O revolvimento do solo aliado à calagem para a cultura do arroz e posterior introdução da cultura da soja contribuíram para esta redução. O revolvimento do solo causa ruptura nos agregados, expondo o C intra agregados, tornando o C mais disponível ao ataque microbiano (Stevenson, 1994; Six et al., 2002). Aliado ao revolvimento do solo, a calagem favorece a atividade

microbiana (Sanomiya & Nahas, 2003), intensificando a decomposição dos compostos carbonados.

No $SASP_2$ foram encontrados os menores valores para todas as camadas e frações. A partir desse período, os teores de todas as frações tornaram a apresentar sinais de melhora, pois, a HUM já havia melhorado no ano seguinte na camada de 10 a 20 cm, nos $SASP_3$ e $SASP_4$ e no $SASP_{10}$ nas duas camadas. A FAH, aumentou significativamente, apenas para a camada de 0 a 10 cm, a partir do sexto ano ($SASP_6$). A FAF foi a fração que teve melhor recuperação pelo sistema, pois, no $SASP_{10}$ voltou a ter valores iguais, estatisticamente, ao CN e $SASP_0$.

A recuperação dos teores de C nas substâncias húmicas (HUM, FAH e FAF) está intimamente ligada ao não revolvimento do solo a partir do $SASP_3$, proporcionando condições mais favoráveis à formação de novos compostos carbonados. Como a FAF é constituída por compostos orgânicos de peso molecular mais baixo (Stevenson, 1994; Moreira & Siqueira, 2002), a melhor recuperação desta fração é explicada em relação a FAH, que é composta por cadeias mais pesadas, razão pela qual, o tempo necessário à recuperação, seja mais longo.

A relação FAH/FAF para C foi mais alta no cerrado, $SASP_0$ e $SASP_1$. A partir do $SASP_2$, esta relação passou a valores muito inferiores, mostrando a perda de FAH e uma melhor recuperação da FAF. Estes resultados comprovam a perda de humificação das substâncias húmicas. Valores semelhantes para áreas cultivadas e inferiores para floresta Atlântida foram observados na região da Zona da Mata/MG (Leite et al., 2003).

A recuperação do C nas SH (HUM+FAH+FAF) foi de 91 % em relação ao COT (Tabela 3), dos quais 63, 13 e 15 % em média, foram constituídos pela HUM, FAH e FAF, respectivamente. Em CN, essas relações foram, na média das duas profundidades, de 70, 14 e 12 % para HUM, FAH e FAF, nesta ordem (96 % de recuperação). Entretanto, no $SASP_{10}$, os valores foram 64, 12 e 18 % para essas mesmas frações (94 % de recuperação), mostrando que, com a derrubada do cerrado, houve considerável perda da HUM em relação ao COT e uma inversão nas percentagens da FAH e FAF. Portanto, a FAF é a fração com mais fácil recuperação, após uma drástica intervenção em determinado sistema.

Os estoques de C nas substâncias húmicas não foram analisados estatisticamente, uma vez que se trata de mera multiplicação dos valores de teores pela densidade do solo. Mas, a redução do CN para $SASP_0$ não indica a mesma diminuição do que foi constatado para os teores da HUM. Para FAH e FAF, não houve redução, mas, foram encontrados valores maiores para $SASP_0$, em relação à CN. Esses valores, novamente, reforçam a afirmação anterior de que o uso de estoque para diferenciar tratamentos pode não ser adequado, pois, trata-se de um sistema em que são feitas intervenções no solo, tais como o revolvimento, que

causa alteração na densidade do solo. Em sistemas em que não há intervenção na estrutura do solo, o uso de estoque pode ser adequado para comparar tratamentos. No entanto, já se verificou também uma tendência de maiores estoques, principalmente para HUM a partir dos $SASP_2$. Para o $SASP_{10}$, o aumento do estoque foi 4,47 t/ha em relação ao $SASP_2$, na camada superficial.

Os teores de N nas substâncias húmicas também foram afetados pelos diferentes tratamentos (Tabela 4). Na camada superior, os teores de N na HUM foram reduzidos com a derrubada do cerrado, após 30 anos de uma plantação de eucalipto em monocultura ($SASP_0$). No $SASP_1$, não ocorreu redução devido à incorporação dos restos culturais da braquiária e eucalipto, realizada no momento do preparo do solo para implantação do sistema SASP. No entanto, na camada superior, após o segundo ano ($SASP_2$), os teores de N foram reduzidos e não foram recuperados até o $SASP_{10}$. Já na camada inferior, o $SASP_6$ apresentou recuperação significativa em relação ao $SASP_2$ e $SASP_3$. Estes resultados mostram que o N é de mais difícil recuperação do que o C na HUM, talvez devido à alta relação C/N dos resíduos produzidos pelo sistema, após o segundo ano ($SASP_2$). Para FAH e FAF, os comportamentos foram semelhantes, porém, a recuperação da FAF foi mais efetiva, sendo que no $SASP_{10}$, os teores tornaram a ser iguais àqueles na plantação de eucalipto ($SASP_0$) nas duas camadas e

Tabela 1. Teores e estoque de N na humina (HUM), fração ácidos húmicos (FAH), fração ácidos fúlvicos (FAF) e relação FAH/FAF e proporção do NT recuperado pelo fracionamento das substâncias húmicas em cerrado e nos diferentes estágios de desenvolvimento de um sistema agrossilvipastoril em Paracatu/MG, Brasil.

Trat	HUM		FAH		FAF		Proporções	
	Prof. (cm)		Prof. (cm)		Prof. (cm)		Prof. (cm)	
	0 a 10	10 a 20	0 a 10	10 a 20	0 a 10	10 a 20	0 a 10	10 a 20
	---------- Teor (g/kg) ----------						---- FAH/FAF ----	
CN	1,97 aA	1,20 aB	0,60 aA	0,39 aB	0,38 aA	0,33 aB	1,57	1,21
$SASP_0$	1,15 bA	0,98 abB	0,39 bA	0,34 abB	0,27 bcA	0,26 bA	1,45	1,31
$SASP_1$	1,17 bA	1,11 aA	0,37 bA	0,32 bB	0,29 bcA	0,29 abA	1,32	1,13
$SASP_2$	0,62 cA	0,53 dA	0,19 dA	0,19 cA	0,24 cA	0,24 bA	0,79	0,78
$SASP_3$	0,65 cA	0,52 dA	0,23 cdA	0,21 cA	0,27 bcA	0,26 bA	0,86	0,83
$SASP_6$	0,82 cA	0,77 bcA	0,25 cA	0,22 cB	0,27 bcA	0,27 abA	0,93	0,82
$SASP_{10}$	0,80 cA	0,73 cdA	0,27 cA	0,22 cB	0,31 bA	0,29 abA	0,88	0,76
média	*1,03*	*0,83*	*0,33*	*0,27*	*0,29*	*0,28*	*1,11*	*0,98*
	---------- Estoque (t/ha) ----------						---- (∑ N-SH)/NT ----	
CN	1,62	1,12	0,49	0,37	0,31	0,31	1,07	1,05
$SASP_0$	1,42	1,22	0,48	0,42	0,33	0,32	1,11	1,10
$SASP_1$	1,22	1,29	0,39	0,38	0,30	0,33	1,04	1,03
$SASP_2$	0,65	0,64	0,20	0,23	0,25	0,29	0,95	0,89
$SASP_3$	0,68	0,62	0,24	0,25	0,28	0,31	0,95	0,89
$SASP_6$	0,97	0,89	0,30	0,25	0,33	0,30	1,03	1,06
$SASP_{10}$	0,88	0,75	0,30	0,23	0,34	0,30	1,02	1,01
média	*1,06*	*0,93*	*0,34*	*0,30*	*0,30*	*0,31*	*1,02*	*1,00*

[1] Tratamentos: CN = cerrado; $SASP_0$ = antes da implantação do sistema agrossilvipastoril; $SASP_{(1, 2, 3, 6, 10)}$ anos de idade do sistema agrossilvipastoril. Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

iguais a CN na camada inferior (10 a 20 cm). Estes resultado comprovam a facilidade de formação de compostos presentes na FAF, em relação à HUM e FAH.

Em CN, o estoque de N foi de 1,62 e 1,12 t/ha na HUM e no $SASP_{10}$, reduzindo-se para 0,88 e 0,75 t/ha nas camadas superior e inferior, respectivamente (Tabela 4). A perda foi de 46 e 33 % em relação à CN, mas no $SASP_2$ era de 60 e 43 %, mostrando que parte do N perdido voltou a ser fixado nesta fração. Na FAH, a recuperação foi mais eficiente em relação a HUM, na FAF, entretanto, os valores de estoque de N que eram de 0,31 t/ha em CN, passaram para 0,34 t/ha, mostrando que todo N perdido na camada superior voltou ao sistema.

O N recuperado nas substâncias húmicas foi, em média, de 102 e 100 % nas camadas de 0 a 10 e 10 a 20 cm, respectivamente (Tabela 4), o que confirma que todo N é recuperado pelo fracionamento.

C e N na biomassa microbiana

Os teores de C e N presentes na biomassa microbiana do solo foram modificados pelo uso e pelos diferentes estágios de desenvolvimento do SASP (Tabela 5). O C da biomassa microbiana (C_{BIO}), que no cerrado era de 884 e 673 mg/kg, foi reduzido na plantação de eucalipto ($SASP_0$), nas camadas superior e inferior, respectivamente. Esta redução é devida, supostamente, à perda do equilíbrio em que o cerrado se encontrava, em que uma variada quantidade de espécies é substituída pelo monocultivo de eucalipto.

Após um ano de funcionamento do sistema ($SASP_1$), os teores de C_{BIO} não diferiram, estatisticamente, em relação ao $SASP_0$, devido à grande quantidade de material incorporada ao solo no momento de preparo deste para implantação do SASP, além da adição de calcário. O aumento no pH (Tabela 1), proporcionado pela calagem, leva a um aumento na população de fungos e bactérias do solo (Sanomiya & Nahas, 2003). Este suposto aumento na população microbiana durante esse período (Tabela 5) pode ter favorecido a diminuição do COT no $SASP_2$ (Tabela 2), pois, grande parte do material foi degradado através da ação dos microorganismos. Como grande parte do material foi degradado, também começou a faltar substrato à base de C para os microorganismos, o que levou à diminuição do C_{BIO} no $SASP_2$. A partir do $SASP_2$, verificou-se uma tendência para aumento do C_{BIO}, o que não pode ser constatado nos procedimentos estatísticos, adotados neste trabalho. É evidente que, à medida que o sistema caminhava para um novo equilíbrio, esta fração de C também tendeu a aproximar-se do encontrado antes da segunda intervenção ($SASP_0$) na camada de 0 a 10 cm, sendo que, na camada de 10 a 20, os teores já se igualaram.

Para o N_{BIO}, houve uma redução em razão da substituição do cerrado pelo $SASP_0$, nas duas camadas, mas não do $SASP_0$ para o $SASP_1$ para a camada de 10 a 20 cm, devido à

incorporação do material vegetal do eucalipto e da braquiária, que liberaram N para o sistema. Para $N_{BIO,}$ ao contrário do C_{BIO}, o SASP não mais apresentou a capacidade de recuperação até o $SASP_{10}$. Assim, calculando a relação C/N da biomassa microbiana, constata-se que esta aumenta à medida que o sistema envelhece, pois, os teores de C_{BIO} aumentam e os de N_{BIO} estabilizam-se. Este comportamento é devido ao tipo de material que entra nos sistema a partir do $SASP_3$, pois trata-se de materiais com relação C/N mais elevada, favorecendo o aparecimento de microrganismos também adaptados a essa nova condição.

Nos estoques de C_{BIO} e N_{BIO}, observa-se que o sistema perde grande parte dos estoques em razão da derrubada do cerrado e sua substituição pelo $SASP_0$ (Tabela 5). Outra parte do estoque é perdida devido à implantação do SASP, em que para C_{BIO} verifica-se uma tendência de recuperação, a qual não é verificada para N_{BIO}.

Tabela 5. Teores e estoque de C (C_{BIO}) e (N_{BIO}) na Biomassa Microbiana, proporção de C_{BIO} e N_{BIO} no COT em cerrado e nos diferentes estágios de desenvolvimento de um sistema agrossilvipastoril em Paracatu/MG, Brasil.

Trat	---------- C_{BIO} ----------			---------- N_{BIO} ----------		
	mg/kg	kg/ha	%	mg/kg	kg/ha	%
	---------- 0 a 10 cm ----------					
CN	884 aA	724	2,41	131 aA	107	4,73
$SASP_0$	502 bA	618	2,07	77 bA	95	4,83
$SASP_1$	360 bcA	373	1,34	51 cdA	53	2,92
$SASP_2$	309 cA	323	1,87	66 bcA	69	5,96
$SASP_3$	309 cA	324	1,76	53 cdA	56	4,49
$SASP_6$	359 bcA	423	2,09	39 dA	46	2,97
$SASP_{10}$	418 bcA	456	1,99	41 dA	44	2,99
média	449	463	1,93	65	67	4,13
	---------- 10 a 20 cm ----------					
CN	673 aB	623	2,68	107 aB	99	5,8
$SASP_0$	335 bB	419	1,66	61 bB	76	4,26
$SASP_1$	342 bA	400	1,43	49 bcA	57	2,92
$SASP_2$	289 bA	349	1,78	62 bA	75	5,71
$SASP_3$	285 bA	343	1,76	41 cdB	49	3,71
$SASP_6$	302 bA	344	2,01	33 dA	37	2,79
$SASP_{10}$	422 bA	438	2,46	43 cdA	45	3,55
média	378	463	1,97	57	63	4,11

/1 Tratamentos: CN = cerrado; $SASP_0$ = antes da implantação do sistema agrossilvipastoril; $SASP_{(1, 2, 3, 6, 10)}$ anos de idade do sistema agrossilvipastoril. Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

O quociente metabólico (% C_{BIO}/COT), mostra que valores maiores foram encontrados para CN, ou seja, 2,41 na camada de 0 a 10 cm e 2,68 na camada de 10 a 20 cm (Tabela 5). Estes resultados são semelhantes aos encontrados para floresta atlântica na Zona da Mata mineira (Leite et al., 2003), indicando que uma grande quantidade de C presente nesta condição encontra-se imobilizada pelos microorganismos. Pode-se considerar que estes valores representam uma condição ideal, pois, CN é o ambiente de maior equilíbrio neste local. No $SASP_1$, menores valores foram encontrados, indicando que nesta situação, o sistema

estava em desequilibro ou instável. À medida que o sistema tendeu novamente a um novo equilíbrio, o quociente aumentou, chegando a valores próximos aos encontrados para o cerrado. Para a percentagem de N_{BIO}/NT, os menores valores foram encontrados para o $SASP_1$, novamente indicando situação instável. No $SASP_1$, o sistema sofreu maior disturbância, época do preparo do solo para implantação do SASP. A partir deste momento, as operações de preparo foram reduzidas a simples gradagens para incorporação das sementes de braquiária e semeadura da soja. Os teores de N_{BIO}/NT foram maiores do que os observados para C_{BIO}/COT, indicando que a relação C/N dos microorganismos é menor que a do solo.

C solúvel em água

O carbono solúvel em água (CSA) é a forma de C mais ativa e móvel no solo (Zech et al., 1997). Os resultados mostram que, após a instalação do SASP, o CSA em água é reduzido, em média, para 50 % dos valores encontrados na CN (Tabela 6). Resultados semelhantes também foram observados em cerrado, que apresentou valores maiores em relação às áreas de cultivos anuais, devido a qualidade do *litter* (Nascentes, 2003). Estes resultados sugerem que grande parte do CSA é liberado pelo material vegetal em decomposição. Não se observou melhoria com o avanço da idade do SASP, devido à retirada de grande parte do material produzido na forma de pastejo pelos animais. Esta fração foi

Tabela 2. Carbono solúvel em água (CSA), proporção de CSA em relação ao C_{BIO} e COT nos diferentes estágios de desenvolvimento de um sistema agrossilvipastoril em Paracatu/MG, Brasil.

Trat[/1]	CSA		CSA/COT	CSA/C_{BIO}
	mg/kg	kg/ha	(%)	(%)
	0 a 10 cm			
CN	131,60 aA	108,03	0,30	15,34
$SASP_0$	90,09 bA	111,10	0,46	18,51
$SASP_1$	95,31 bA	98,74	0,37	26,55
$SASP_2$	49,94 cA	52,54	0,32	16,09
$SASP_3$	52,26 cA	54,52	0,31	17,45
$SASP_6$	62,64 cA	74,11	0,43	17,91
$SASP_{10}$	44,27 cA	48,38	0,23	10,69
média	75,16	78,20	0,35	17,51
	10 a 20 cm			
CN	104,40 aB	97,11	0,39	15,96
$SASP_0$	89,89 aA	111,77	0,55	28,23
$SASP_1$	59,04 aA	103,93	0,44	26,71
$SASP_2$	53,43 bA	65,69	0,41	18,87
$SASP_3$	41,08 bA	49,31	0,31	14,96
$SASP_6$	46,68 bA	53,51	0,35	15,43
$SASP_{10}$	48,18 bA	49,88	0,29	11,45
média	*67,53*	*75,89*	*0,39*	*18,80*

[/1] Tratamentos: CN = cerrado; $SASP_0$ = antes da implantação do sistema agrossilvipastoril; $SASP_{(1, 2, 3, 6, 10)}$ anos de idade do sistema agrossilvipastoril. Médias seguidas de letras iguais minúsculas e maiúsculas na linha, não diferem entre si para tratamentos e profundidades, respectivamente, pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

muito pequena, representando, em média, 0,37 % do COT, mas que pode ter grande influência no transporte de nutrientes no solo.

CONCLUSÕES

1. Todos os compartimentos de C e N no solo são reduzidos pela derrubada do cerrado para implantação de floresta convencional de eucalipto bem como a derrubada do último para a introdução do sistema agrossilvipastoril.

2. O sistema agrossilvipastoril, na forma como é introduzido, promove uma redução nos teores de carbono e nitrogênio no solo nos primeiros anos, mas apresenta potencial para recuperação com o passar dos anos, quando cessa o revolvimento do solo.

3. Entre as substâncias húmicas, a fração ácidos fúlvicos foi a fração menos modificada pela derrubada do cerrado e pelas diferentes idades do SASP.

4. O C e N da biomassa microbiana também são reduzidos pela derrubada do cerrado e implantação do sistema agrossilvipastoril, mas somente o C apresenta potencial de recuperação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradem a CMM/Votorantim/AS, pela concessão da área para efetuar este estudo; à CAPES, à FAPMIG e ao CNPq pelo financeiro.

REFERENCIAS CITADAS

BROOKES, P.C., LANDMAN, A., PRUDEN, G. & JENKINSON, D.S. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure soil microbial biomass nitrogen in soil. Soil Biology Biochemistry, 17: 837-842, 1985.

DALAL, R.C., HARMS, B.P., KRULL, E. & WANG, W.J. Total soil organic matter and its labile pools following mulga (*Acacia aneura*) clearing for pasture development and cropping 1. Total and labile carbon. Aust. J. Agric. Res., 43: 13-20, 2005.

EMBRAPA, E.B.D.P.A.-. Manual de Métodos de Análise de Solo. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p pp.

EVANS JR, A., ZELAZNY, L.W. & ZIPPER, C.E. Solution parameters influencing dissolved organic carbon levels in tree forest soils. Soil Science Society America Journal, 52: 1789-1792, 1988.

FERREIRA, A.S., CAMARGO, F.A.O. & VIDOR, C. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 23: 991-996, 1999.

FRANCO, F.S., CARVALHO, A.F.D., JUCKSCH, I. & CARDOSO, I.M. Experimentação participativa com sistemas agroflorestais: uma contribuição para a conservação do solo da Zona da Mata de Minas Gerais. Agricultura Biodinâmica, 98: 20-24, 2003.

ISAAC, M.E., GORDON, A.M., THEVATHANSAN, N., OPPONG, S.K. & QUASHIE-SAM, J. Temporal changes in soil carbon and nitrogen in west African multistrata agroforestry systems: a chronosequence of pools and fluxes. Agroforestry Systems, 65: 23-31, 2005.

ISLAM, K.R. & WEIL, R.R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. Biology and Fertility Soils, 27: 408-416, 1998.

JOLIVET, C., ARROUAYS, D., LEVEQUE, J., ANDREAUX, F. & CHENU, C. Organic carbon dynamics in soil particle-zise separates of sandy spodosols when forest is cleared for maize cropping. European Journal of Soil Science, 54: 257-268, 2003.

LEITE, L.F.C., MENDONÇA, E.D.S., MACHADO, P.L.O.D.A. & MATOS, E.S. Total C and N storage and organic C pools of a Red-Yellow Podzolic under conventional and no tillage at the Atlantic Forest Zone, Southeastern Brazil. Australian Journal of Soil Research, 41(4): 717-730, 2003.

LEITE, L.F.C., MENDONÇA, E.M., MACHADO, P.L.O.D.A., NEVES, J.C.L. & FERNANDES FILHO, E.I. Simulação pelo modelo Century da dinâmica da matéria orgânica de um argissolo sob adubação mineral e orgânica. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 28(2): 347-358, 2004.

MARCHIORI JÚNIOR, M. & MELO, W.J.D. Alterações na matéria organica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 35: 1177-1182, 2000.

MENDONÇA, E.D.S., LEITE, L.F.C. & FERREIRA NETO, P.S. Cultivo do Café em Sistema Agroflorestal: uma opção para recuperação de solos degradados. Revista Árvore, 3: 375-383, 2001.

MOREIRA, F.M.S. & SIQUEIRA, J.O., Microbiologia e bioquímica do solo. Editora Ufla, Lavras, 2002. 626 pp.

NASCENTES, I.D.S., Dinâmica da matéria orgânica em solo sob diferentes sistemas de uso e manejo. Dissertação (MS) Thesis, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2003. 105 pp.

SANOMIYA, L.T. & NAHAS, E. microorganismos produtores de hidrolases envolvidos nas transformações dos compostos de carbono e do nitrogênio do solo. Ciência Rural, 33: 835-842, 2003.

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, 241: 155-176, 2002.

SPARLING, G.P. & WEST, A.W. A direct extration method to estimate soil microbial C: Calibration in situ using microbial and ^{14}C labelled cells. Soil Biology & Biochemistry, 20: 337-343, 1988.

STEVENSON, F.J., Humus chemistry: genesis, composition, reactions. John Wiley & Sons, 1994. 496 pp.

SWIFT, R.S., 1996. Method for extration of IHSS soil fulvic and humic acids. In: D.L.S.E. AL. (Editor), Organic matter characterization. Part 3. Chemical Methods. Soil Science Socity of American Journal, pp. 1018-1020.

TEDESCO, M.J., BOHNEM, H., GIANELLO, C., BISSANI, C.A. & VOLKWEISS, S.J., Análise de solo, plantas, e outros materiais. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995. 174p pp.

TISDALL, J.M. & OADES, J.M. Stabilization of soil aggregates by the root system of ryegrass. Aust. J. Soil Res, 17: 429-441, 1979.

TOGNON, A.A., DEMATTÊ, J.L.I. & DEMATTÊ, J.A.M. Teor e distribuição da matéria orgânica em latossolos das regiões da floresta amazônica e dos cerrados do Brasil Central. Scientia Agricola, 55(3), 1998.

WENDLING, B., JUCKSCH, I., MENDONÇA, E.S. & NEVES, J.C.L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um latossolo vermelho sob diferentes manejos. Pesq. agropec. bras., 40(5): 487-494, 2005.

YEOMANS, J.C. & BREMNER, L.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. Communication in Soil Science Plant Analisys, 19: 1467-1476, 1988.

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, 79: 117-161, 1997.

III. COMPARTIMENTOS DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO SOB PINUS E CULTURAS ANUAIS

Beno Wendling[1], Ivo Jucksch[2], Ramon Alvarenga[3], Eduardo de Sá Mendonça[2], Júlio César Lima Neves[2], Ivo Ribeiro da Silva[2], Liovando Marciano da Costa[2]

RESUMO

Solos quando submetidos a diferentes usos e manejos podem sofrer alterações na quantidade e na qualidade do C e N presentes no solo. Este estudo teve como objetivo avaliar o C e N presentes em diferentes compartimentos da matéria orgânica do solo sob cerrado, plantação de pinus (*Pinis spp*) com 30 anos, e cultivos anuais com milho e soja sob preparo convencional e plantio direto após 10 anos de idade. A substituição do cerrado pelo pinus e culturas anuais reduz os teores de C e N totais do solo. Entre os compartimentos, somente a fração leve livre particulada não é reduzida no pinus em relação ao cerrado. O PD apresenta potencial para melhoria da qualidade do solo comprovado pela melhoria nas frações de C mais lábeis no solo. As frações mais lábeis refletem bem as alterações impostas no uso e manejo do solo e podem ser usadas como indicadores sensíveis e prematuros da qualidade do solo, bem como podem ser usadas para cálculo do índice de manejo do carbono (IMC).

Termos de indexação: Nitrogênio, frações lábeis, carbono orgânico, índices de manejo, plantio direto

SAMMARY: ORGANIC MATTER POOLS OF SOIL UNDER PINUS AND ANNUAL CULTURES

Soils when submitted to different uses and managements can suffer alterations in the amount and in the quality of C and N presents in the soil. This study had as objective evaluates C and N presents in different compartments of the organic matter of the soil under savannah, pinus plantation with 30 years, and annual cultivations with corn and soy under conventional preparation and direct planting after 10 years of age. The substitution of the

[1] Bolsista CNPq e futuro pesquisador da EPAGRI/SC, Universidade Federal de Viçosa/DPS, CEP 36570-000 Viçosa, E-mail: benowendling@yahoo.com.br
[2] Professores do DPS/UFV
[3] Pesquisador da EMBRAPA/CNPMS

savannah for the pinus and annual cultures reduces the tenors of C and total N of the soil. Among the compartments, only the fraction free light particulate is not reduced in the pinus in relation to the savannah. PD presents potential for improvement of the quality of the proven soil for the improvement in the fractions of C more labile in the soil. The more labile fractions reflect the alterations well imposed in the use and management of the soil and they can be used as sensitive and premature indicators of the quality of the soil, as well as they can be used for calculation of the index of management of the carbon (IMC).
Indexation terms: Nitrogen, labile fractions, organic carbon, management indexes, no tillage

INTRODUÇÃO

Em condições tropicais e subtropicais, como as que ocorrem no Brasil, a produção agrícola e a qualidade ambiental devem ser baseadas na manutenção da quantidade e qualidade da matéria orgânica do solo. A diminuição da erosão e lixiviação de nutrientes, melhoria da infiltração e retenção de água no solo, aumento na CTC, e a liberação gradativa de nutrientes são respostas positivas atribuídas a melhoria da matéria orgânica no solo (Stevenson, 1994).

Portanto, manejos que visam um maior aporte e, ou acúmulo de C no solo são importantes. Considerando que 55 a 70% do C presente nos materiais vegetais, adicionados ao solo, é liberado para a atmosfera após um ano (Zech et al., 1997), a máxima redução na taxa de perda para a atmosfera pode ser uma importante ferramenta para aumentar o acúmulo de C no solo. Neste sentido, o plantio direto (PD) tem se mostrado uma alternativa viável (Corazza et al., 1999; Bayer et al., 2004) pois, a não incorporação dos resíduos reduz a taxa de mineralização, permitindo um maior acúmulo de C no solo. Baseado neste princípio, florestas plantadas, como o pinus, também podem apresentar este potencial.

O carbono orgânico total (COT) do solo pode ser utilizado para indicar a qualidade do solo (Stevenson, 1994), no entanto, pequenas variações em seus teores ou estoques podem não ser detectadas a curto prazo (Blair et al., 1995), principalmente devido à heterogeneidade dos solos e tamanho do compartimento. Por isso, a divisão deste em frações ou compartimentos específicos com diferentes tempos de ciclagem, bem como diferentes funções no solo têm sido sugeridos (Stevenson, 1994). As frações que possuem maior labilidade são mais importantes para a manutenção da qualidade do solo e são indicadores mais sensíveis e/ou prematuros do impacto de determinadas práticas de manejo (Cambardella & Elliott, 1992; Chan et al., 2001; Leifeld & Kogel-Knabner, 2005). Entre estas frações, destacar-se o C

e N da biomassa microbiana, o C e N das frações leves e o C obtido com diferentes concentrações de $KMnO_4$ ou H_2SO_4.

A fração leve, composta por resíduos vegetais em diferentes estágios de decomposição, pode representar uma importante fonte de nutrientes no solo, pois, sua ciclagem é rápida (Six et al., 2002) devido à ação dos microorganismos (Moreira & Siqueira, 2002), possibilitando que os nutrientes sejam disponibilizados para as culturas. Por isso, tanto a fração leve (Cambardella & Elliott, 1992) como a biomassa microbiana (Moreira & Siqueira, 2002) têm sido consideradas como sensíveis indicadores da qualidade do solo.

Frações obtidas pela oxidação com diferentes concentrações de $KMnO_4$ (Blair et al., 1995) ou H_2SO_4 (Chan et al., 2001) mostraram-se satisfatórias como indicadoras sensíveis da qualidade do solo, o que possibilita o seu emprego em estudos concernentes aos diferentes usos e manejos da matéria orgânica.

O objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações nos teores de C e N nos compartimentos da matéria orgânica em cerrado, pinus e culturas anuais sob preparo convencional e plantio direto.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização da área e tratamentos e amostragem

A área de estudo pertence à EMBRAPA Milho e Sorgo e está localizado no município de Sete Lagoas/MG, Brasil (latitude -19°28', longitude -44°15'e altitude de 732 m). O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho típico, com relevo suave ondulado e textura muito argilosa (14, 13, 73 % de areia, silte e argila, respectivamente). De acordo com classificação proposta por Köppen, o clima da região é classificado como Aw (clima de savana com inverno seco), com temperatura média anual de 20,9°C, precipitação média anual de 1320 mm e cerrado como vegetação nativa. Para este estudo, em julho de 2004, foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0 a 5 cm, 5 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 40 cm, que corresponderam aos seguintes tratamentos:

I – Cerrado nativo (CN);

II – Plantação de pinus (PIN);

III - Preparo convencional (PC); e

IV - Plantio direto (PD).

Com exceção do CN, as demais áreas foram desmatadas em 1968, ocasião em que foi implantada a cultura de pinus (*Pinus sp*.). As áreas sob PD e PC também foram desmatadas

em 1968, e cultivadas com pastagens e milho até 1994. Nesse ano, passaram a fazer parte de um experimento montado em blocos casualisados com cinco repetições, em que o milho foi cultivado durante nove anos e soja durante um ano. A adubação e seqüência de cultivos foram iguais para PD e PC, diferindo somente o fato de o primeiro não sofrer mais revolvimento do solo, enquanto no segundo, o solo foi preparado em sistema convencional (duas intervenções com grade aradora). No PD e PC, as amostragens respeitaram as parcelas já estabelecidas no experimento. Na área de PIN e CN, as amostragens foram feitas aleatoriamente, também em cinco repetições. Dez amostras simples compuseram uma amostra composta para cada local.

Para determinação da biomassa microbiana, as amostras foram passadas em peneira com 2,00 mm de abertura, resfriadas em caixas de isopor com gelo, sendo em seguida, mantidas em geladeira (4 a 6°C) até o momento das análises, que foram realizadas ainda na mesma semana. Para as análises de caracterização física/química e fração leve livre particulada, as amostras foram secas ao ar e passadas em peneira de 2,00 mm (TFSA). Para as demais análises, a TFSA foi ainda triturada em almofariz de porcelana.

Análises químicas

O carbono orgânico total (COT) foi determinado via oxidação úmida (Yeomans & Bremner, 1988). Para quantificação do nitrogênio total (NT), as amostras foram submetidas à digestão sulfúrica com posterior destilação Kjedall (Tedesco et al., 1995).

Para liberar o C e N da biomassa microbiana para a solução extratora de K_2SO_4 0,5 mol/L utilizou-se o método de irradiação-extração (Islam & Weil, 1998), sendo usado um forno de microondas com freqüência de 2450 MHz e energia de 900W durante 180 segundos (Islam & Weil, 1998; Ferreira et al., 1999). O C foi quantificado via oxidação úmida (Tedesco et al., 1995), enquanto o N, após digestão sulfúrica, foi quantificado por destilação Kjedahl (Tedesco et al., 1995). Corrigida a umidade, o C microbiano (C_{MIC}) e o N microbiano (N_{MIC}) foram calculados com base na diferença das subamostras irradiadas e não irradiadas, utilizando-se um fator de conversão de fluxo (Kc) de 0,33 (Sparling & West, 1988) e 0,54 (Brookes et al., 1985) para C e N, respectivamente. Também foi calculado o quociente microbiano, ou seja, a proporção de C_{MIC}/COT e N_{MIC}/NT.

A fração leve livre particulada (FLLP) do solo foi separada, baseando-se no principio da diferença de densidade e tamanho (Cambardella & Elliott, 1994). Foram pesados 10 cm^3 de solo em tubos de centrífuga, adicionou-se 30 mL de NaI com densidade igual a 1,8 kg/L para suspender o material orgânico. A suspensão do material leve foi forçada por agitação dos tubos com auxílio de um bastão de vidro. Após 10 minutos, os tubos foram centrifugados a 3200 rpm, durante 15 minutos, para sedimentar as partículas minerais. Depois, o material

sobrenadante foi retirado, juntamente, com o NaI e passado em peneira de 0,25 mm. O material retido na peneira foi muito bem lavado com água destilada para eliminar o NaI residual. Em seguida, procedeu-se à secagem da FLLP em estufa a 65°C. O material seco foi pesado e triturado em almofariz de ágata até atingir aparência de talco. O C e N deste material foram quantificados via combustão seca em analisador elementar Perkin Elmer series II 2400 CHNS/O.

As substâncias húmicas foram fracionadas, quimicamente, segundo a técnica da solubilidade diferencial, separando-se a fração ácidos fúlvicos (FAF), a fração ácidos húmicos (FAH) e as huminas (HUM), de acordo com o conceito de frações húmicas estabelecido pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (Swift, 1996). O C de cada fração foi quantificado via oxidação úmida (Yeomans & Bremner, 1988) e o N via digestão sulfúrica e destilação Kjedall (Tedesco et al., 1995).

O C orgânico lábil (C_L) foi quantificado via oxidação com $KMnO_4$ 0,033 mol/L (Shang & Tiessen, 1997), modificado a partir do método original em que $KMnO_4$ 0,33 mol/L é usado (Blair et al., 1995). O C não lábil (C_{NL}) foi obtido por diferença em relação ao COT (C_{NL}=COT-C_L).

Foi determinado o carbono oxidável por diferentes concentrações de H_2SO_4 (Chan et al., 2001). Neste método, são utilizadas três concentrações de H_2SO_4 (6, 9 e 12 mol/L), mas, no caso de solos tropicais, onde a oxidação da matéria orgânica ocorre mais facilmente, como no presente trabalho, uma concentração extra de H_2SO_4, equivalente a 3 mol/L foi adicionada.

Índice de manejo do C

Um índice de compartimento de C (ICC) foi calculado, com base nas mudanças do COT no cerrado (condição natural de referência) e tratamentos, expressos como: $ICC=COT_{(Trat)}/COT_{(cerrado)}$. Fundamentando-se nas mudanças na proporção de C_L (i.e. $L= C_L/ C_{NL}$) no solo, um índice de labilidade (IL) foi calculado: $IL=L_{(Trat)}/L_{cerrado}$. Com estes índices, foi possível calcular o índice de manejo de carbono (IMC), empregando-se a seguinte expressão: IMC=ICC x IL x 100 (Blair et al., 1995).

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) no esquema de parcelas subdivididas, considerando um delineamento inteiramente casualisado, em que os tratamentos foram considerados como parcelas e as profundidades como subparcelas. As médias foram comparadas por meio do teste de Tukey ($P<0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Teores de COT e NT

Os diferentes usos e manejos afetaram os teores de COT e NT do solo (Tabela 1). Assim como para COT, também o NT teve os teores reduzidos no solo, após a derrubada do cerrado. A quase totalidade dos trabalhos, realizados em regiões de clima tropical, provam ser esta uma unanimidade (Watanabe et al., 2001; Freixo et al., 2002; Leite et al., 2003b; Leite et al., 2003c; Lima, 2004; Wendling et al., 2005), uma vez que se altera um ambiente, que se encontrava em estado de equilíbrio.

Tabela 1. Carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) e relação C/N em cerrado (CN), pinus (PIN), e culturas anuais sob preparo convencional (PC) e plantio direto (PD)

Tratamentos	Profundidades (cm)				*Média*[/1]
	0 a 5	5 a 10	10 a 20	20 a 40	
	---------- COT (g/kg) ----------				
CN	35,26 aA	30,91 aB	31,21 aB	26,07 aB	*30,86*
PIN	29,84 bA	24,90 bB	26,34 bB	24,38 aB	*26,37*
PC	23,68 cA	23,41 bA	22,46 bcA	18,35 bB	*21,98*
PD	25,65 cA	24,25 bAB	21,81 cB	18,83 bC	*22,64*
Média	*28,61*	*25,87*	*25,46*	*21,91*	*25,46*
	---------- NT (g/kg) ----------				
CN	2,26 aA	1,95 aB	1,90 aAB	1,66 aB	*1,94*
PIN	1,62 bA	1,44 bAB	1,39 bB	1,27 bB	*1,43*
PC	1,78 bA	1,72 aAB	1,58 bB	1,31 bC	*1,60*
PD	1,89 bA	1,76 abB	1,66 abB	1,34 bC	*1,63*
Média	*1,91*	*1,72*	*1,63*	*1,40*	*1,65*
	---------- relação COT/NT ----------				
CN	15,64	15,93	16,39	15,67	*15,91 b*
PIN	18,45	17,26	19,12	19,22	*18,51 a*
PC	13,39	13,62	14,16	14,00	*13,79 c*
PD	12,95	13,71	13,12	14,05	*13,46 c*
Média	*15,11 A*	*15,13 A*	*15,70 A*	*15,73 A*	*15,41*

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna para tratamentos e maiúsculas na linha para profundidades, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05). [/1] trata-se de uma média ponderada.

Na plantação de pinus (PIN) os teores de COT foram menores que no cerrado (CN) até 20 cm de profundidade. No entanto, esses teores foram maiores que os observados nos tratamentos com cultivos anuais (PC e PD). Como se trata de uma espécie perene, em que o solo não é mais revolvido após os primeiros anos da implantação, este comportamento pode ser esperado. O revolvimento do solo, que proporciona quebra dos agregados e aumento da aeração, favorece a degradação do C no solo por oxidação (Stevenson, 1994).

Os sistemas de cultivo (PC e PD) não apresentaram diferenças nos teores de COT, nas camadas estudadas. É comum observar, na literatura, um aumento de COT em PD em relação ao preparo convencional (Alvarenga et al., 1999; Bayer et al., 2002; Leite et al., 2003b; Leite et al., 2003c; Santos & Tomm, 2003). No presente trabalho, provavelmente devido o PD estar

sendo praticado há apenas dez anos, bem como a não utilização de culturas de cobertura ou adubos verdes, ainda não foi possível verificar diferenças no COT. Tem sido também observado que, em solos com altos teores de argila, o sistema convencional apresenta bom potencial em manter os teores de C e N do solo (Tognon et al., 1998; D'andréa et al., 2004).

Verificou-se também diminuição nos teores de COT e NT com o aumento da profundidade. No entanto, no PC, esse efeito passa a ser significativo somente na camada de 10 a 20 e 20 a 40 cm de profundidade, para COT e NT, respectivamente, devido ao revolvimento do solo, que proporciona uma homogeneização do solo com o material orgânico até a profundidade de 20 cm. Em sistemas em que o material vegetal é incorporado, este tem sido um comportamento normalmente verificado (Tognon et al., 1998; Santos & Tomm, 2003; D'andréa et al., 2004; Wendling et al., 2005).

A relação COT/NT do solo reflete o tipo de material adicionado ao sistema, em que maiores relações são proporcionadas por materiais vegetais também com maior relação C/N. O solo do PIN apresentou a relação C/N mais larga, seguindo-se o CN e, finalmente, os cultivos anuais. Estes resultados estão de acordo com a literatura disponível, em que a substituição da vegetação nativa por cultivos anuais leva a esta diferença (Watanabe et al., 2001; Leite et al., 2003b), mostrando que este processo leva a uma perda maior de C, em relação ao N. É provável que o uso de adubação nitrogenada também tenha contribuído para este fato, uma vez que, em solos muito argilosos, a perda de N por lixiviação é menor, permanecendo este elemento mais facilmente no sistema, levando a uma relação C/N mais estreita.

C e N nas substâncias húmicas

O CN apresentou maior quantidade de C na HUM, em relação aos demais tratamentos, indicando a perda de C nesta fração pelo uso do solo (Tabela 2). O PD apresentou valores semelhantes ao PIN, na camada de 0 a 5 cm mas semelhantes ao CN na camada de 5 a 10 cm, enquanto o PC não apresentou este comportamento. Este comportamento pode ser explicado, basicamente, pela ausência de preparo no PD (Stevenson, 1994), uma vez que esta foi a única diferença entre PD e PC. Teores maiores de C na HUM são também encontrados nas camadas mais superficiais, comportamento este semelhante ao apresentado pelo COT.

A FAH foi superior no cerrado, em relação aos demais tratamentos, até a profundidade de 20 cm e igual para a camada de 20 a 40 cm. A semelhança entre todos os tratamentos para a camada de 20 a 40 cm, provavelmente ocorre devido esta camada ser pouco afetada pelo revolvimento do solo. A FAF apresentou valores maiores para CN e PIN e menores para PC e PD, sendo que ambos os grupos foram semelhantes entre si.

Tabela 2. C da humina (HUM), fração ácidos húmicos (FAH) e fração ácidos fúlvicos (FAF) em cerrado (CN), pinus (PIN), e culturas anuais sob preparo convencional (PC) e plantio direto (PD)

Tratamentos	Profundidades (cm)				*Média*[/1]
	0 a 5	5 a 10	10 a 20	20 a 40	
	---------- C da HUM (g/kg) ----------				
CN	24,0 aA	19,4 aB	20,7 aB	16,7 aC	*20,2*
PIN	19,6 bA	16,6 abBC	18,3 abAB	14,7 abC	*17,3*
PC	15,7 cA	15,5 bA	15,6 bA	12,2 bB	*14,7*
PD	18,4 bcA	16,4 abAB	14,8 bBC	12,9 bC	*15,6*
Média	*19,4*	*17,0*	*17,4*	*14,1*	*17,0*
	---------- C da FAH (g/kg) ----------				
CN	7,9 aA	7,9 aA	7,5 aA	5,0 aB	7,0
PIN	5,0 bA	4,4 bA	3,9 bA	4,4 aA	4,4
PC	5,1 bA	5,1 bA	4,7 bAB	3,5 aB	4,6
PD	4,8 bA	4,7 bA	4,3 bA	3,5 aA	4,3
Média	*5,6*	*5,5*	*5,1*	*4,1*	*5,1*
	---------- C da FAF (g/kg) ----------				
CN	3,4 aA	3,2 aA	3,2 aA	2,7 aB	*3,1*
PIN	3,1 aA	2,8 abA	2,6 bB	2,8 aAB	*2,8*
PC	2,5 bA	2,5 bA	2,3 bAB	2,2 bB	*2,4*
PD	2,5 bA	2,5 bA	2,2 bAB	2,1 bB	*2,3*
Média	*2,9*	*2,7*	*2,6*	*2,4*	*2,6*
	---------- relação FAH/FAF ----------				
CN	2,2	2,5	2,4	1,9	*2,2 a*
PIN	1,6	1,5	1,6	1,6	*1,6 b*
PC	2,1	2,0	2,0	1,6	*1,9 ab*
PD	1,9	1,9	1,9	1,7	*1,9 ab*
Média	*2,0 A*	*2,0 A*	*2,0 A*	*1,7 B*	*1,9*

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna para tratamentos e maiúsculas na linha para profundidades, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05). [/1] trata-se de uma média ponderada.

Em média, 67 % do COT foi encontrado na HUM, reforçando o caráter de estágio avançado de humicafação do C. Valor semelhante também foi encontrado em outro estudo, realizado na Zona da Mata, Estado de Minas Gerais (Leite et al., 2003b), em que uma proporção assim elevada, foi encontrada devido à provável contribuição do caráter argiloso do solo (Stevenson, 1994).

A relação FAH/FAF vem reforçar a afirmação do caráter humificado do C, uma vez que esta relação foi de 1,9, em média, indicando maiores teores de FAH em relação a FAF. Somente o PIN diferiu do CN quanto a esta relação, revelando a redução da humificação do C. Tal fato pode ser explicado em razão de os resíduos produzidos pela planta de pinus serem mais recalcitrantes (Moreira & Siqueira, 2002), dificultando a formação de compostos mais estáveis e favorecendo a formação de ácidos fúlvicos. Valores maiores em floresta atlântica, em relação a áreas cultivadas, também foram encontrados na Zona da Mata mineira (Leite et al., 2003b).

O N das frações húmicas teve comportamento semelhante ao C (Tabela 3). Para a HUM, não houve interação entre tratamentos e profundidades, sendo que o solo sob CN

apresentou teores maiores que os demais tratamentos. Os teores também diminuíram com o aumento das profundidades.

Para o N da FAH, valores maiores são observados no solo sob CN, que são semelhantes àqueles sob PD, com exceção da camada de 0 a 5 cm. Entretanto o PC, em nenhuma das camadas estudadas, conseguiu igualar-se ao CN. DE fato, o C e N das frações são intimamente correlacionados, razão pela qual, o PD também apresentou maiores teores de N na FAH, em que o COT também foi maior, porém não significativo em relação ao PC.

O N da FAF foi menor somente no PI, comparativamente ao CN e reduziu com o aumento da profundidade. Em média, 72, 17 e 13 % do NT encontra-se na HUM, FAH e FAF, respectivamente.

Tabela 3. N da humina (HUM), fração ácidos húmicos (FAH) e fração ácidos fúlvicos (FAF) em cerrado (CN), pinus (PIN), e culturas anuais sob preparo convencional (PC) e plantio direto (PD)

Tratamentos	Profundidades (cm)				*Média*[/1]
	0 a 5	5 a 10	10 a 20	20 a 40	
	---------- N da HUM (g/kg) ----------				
CN	1,75	1,49	1,30	1,14	*1,42 a*
PIN	1,25	1,03	1,11	0,88	*1,07 b*
PC	1,27	1,21	1,14	0,87	*1,12 b*
PD	1,36	1,20	1,10	0,92	*1,15 b*
Média	*1,41 A*	*1,23 B*	*1,16 B*	*0,95 C*	*1,19*
	---------- N da FAH (g/kg) ----------				
CN	0,44 aA	0,37 aB	0,38 aAB	0,30 aC	*0,37*
PIN	0,23 cA	0,21 bA	0,19 cA	0,20 bA	*0,21*
PC	0,25 bcA	0,23 bAB	0,22 bcAB	0,18 bB	*0,22*
PD	0,33 bAB	0,37 aA	0,30 abB	0,23 abC	*0,31*
Média	*0,31*	*0,30*	*0,27*	*0,23*	*0,28*
	---------- N da FAF (g/kg) ----------				
CN	0,25	0,24	0,23	0,20	*0,23 a*
PIN	0,20	0,19	0,19	0,17	*0,19 b*
PC	0,23	0,20	0,19	0,19	*0,20 ab*
PD	0,24	0,24	0,20	0,17	*0,22 ab*
Média	*0,23 A*	*0,22 AB*	*0,20 BC*	*0,18 C*	*0,21*

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna para tratamentos e maiúsculas na linha para profundidades, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05). [/1] trata-se de uma média ponderada.

C e N da biomassa microbiana

O C da biomassa microbiana (C_{BIO}) foi maior no CN comparado aos demais tratamentos (Tabela 4). O ambiente em CN encontra-se em equilíbrio, favorecendo uma maior população microbiana, uma vez que existe suprimento de substrato durante o ano. Na grande maioria dos trabalhos, o mesmo comportamento da vegetação nativa em relação a áreas cultivadas tem sido observado (Leite et al., 2003c; Riffaldi et al., 2003; Perez et al., 2004).

Na camada de 0 a 5 cm, foram encontrados 517 e 370 mg/kg de C_{BIO} para PD e PC, respectivamente. Estes valores não foram diferentes estatisticamente, mas o PD teve um

Tabela 4. C e N da biomassa microbiana (C_{BIO} e N_{BIO}) em cerrado (CN), pinus (PIN), e culturas anuais sob preparo convencional (PC) e plantio direto (PD)

Tratamentos	profundidades				*Média*[/1]
	0 a 5	5 a 10	10 a 20	20 a 40	
	---------- C_{BIO} (mg/kg) ----------				
CN	(2,23) 779	(2,16) 651	(1,58) 484	(1,66) 420	*583 a*
PIN	(2,05) 606	(2,07) 514	(1,45) 382	(1,30) 317	*455 b*
PC	(1,57) 370	(1,85) 429	(1,58) 351	(1,30) 236	*347 b*
PD	(2,02) 517	(1,68) 407	(1,20) 259	(1,24) 233	*354 b*
Média	*568 A*	*500 A*	*369 B*	*302 B*	*435*
	---------- N_{BIO} (mg/kg) ----------				
CN	(3,84) 86	(3,81) 73	(3,14) 59	(2,81) 45	*66 a*
PIN	(4,27) 80	(4,34) 63	(3,90) 54	(3,21) 41	*59 a*
PC	(3,51) 62	(3,46) 59	(3,46) 55	(2,82) 37	*53 a*
PD	(4,22) 84	(3,69) 65	(2,54) 42	(2,62) 35	*56 a*
Média	*78 A*	*65 B*	*52 C*	*39 D*	*59*

(valores entre parênteses representam a percentagem da fração em relação ao COT). Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna para tratamentos e maiúsculas na linha para profundidades, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P<0,05$). [/1] trata-se de uma média ponderada.

aumento de 40 % nos teores de C_{BIO}, indicando que este sistema possui maiores teores de C naquela camada. A intensidade de preparo do solo leva a uma diminuição de substrato para crescimento microbiano (Follett & Schimel, 1989), resultando uma redução desta. Nas camadas inferiores, o PD e PC tendem a apresentar valores muito semelhantes. O C_{BIO} representa um compartimento de rápida ciclagem e reflete muito bem as mudanças no manejo (Moreira & Siqueira, 2002), sendo um importante reservatório de nutrientes para as culturas.

A percentagem de C_{BIO}, em relação ao COT, é chamada de quociente metabólico, sendo o 2,3 considerado ideal para monocultivos e 4,4 para rotação de culturas (Anderson & Domsch, 1989). No presente trabalho, o CN apresentou 2,23 % de C_{BIO} em relação ao COT, valor este próximo ao ideal, indicando estado de equilíbrio. Tanto o PIN quanto o PD apresentaram valores muito próximos, enquanto o PC apresentou valor menor (1,57 %) (Tabela 4). Estes resultados indicam que todos os tratamentos perderam C em comparação com o CN, o que pode ser constatado nos menores teores de COT (Tabela 1). O C_{BIO} representou entre 1,20 e 2,23 % do COT, dentro dos limites considerados normais (Stevenson, 1994; Moreira & Siqueira, 2002).

Os resultados também indicam uma diminuição nos teores de C_{BIO} com o aumento da profundidade. Este comportamento foi menos acentuado no PC, devido ao revolvimento do solo, que mistura o substrato vegetal no perfil até a camada de 20 cm de profundidade. Teores maiores nas camadas superficiais são favorecidos pelo acúmulo de material vegetal na superfície, em sistemas que revolvem menos o solo (Sá et al., 2002), como é o caso do CN, PIN e PD. Este acúmulo de material vegetal na superfície favorece o aumento do COT nas camadas superficiais, sendo que este está estreitamente relacionado com o C e N da biomassa microbiana (Sá et al., 2002).

Para $N_{BIO,}$ não houve diferença entre os tratamentos, mas houve para profundidades (Tabela 4). Na camada de 0 a 5 cm, o PC apresentou 62 mg/kg de N_{BIO}, enquanto o PD apresentou 84 mg/kg, um aumento em favor do último de 35%. Este aumento representa um total de 12 kg/ha de N nessa camada, considerando densidade do solo igual a 1,0 g/dm³, o que pode representar uma fonte potencial de N para as plantas, pois, este N apresenta ciclagem muito rápida. Menores teores de $N_{BIO,}$ em sistemas que revolvem muito o solo, são favorecidos pelo aumento na velocidade de decomposição do material vegetal. Nas camadas mais inferiores, PD e PC apresentaram teores de N_{BIO} muito semelhantes. Resultados mostrando o aumento do N_{BIO} no PD, em relação ao PC, também foram encontrados em outro experimento, realizado no sul do Brasil (Vargas & Scholles, 1998). Um aumento de N_{BIO} pode ser uma importante contribuição para redução das perdas de N por lixiviação (Sá et al., 2002).

As percentagens de $N_{BIO,}$ em relação ao NT, variaram de 2,54 até 4,34, superiores às percentagens de C_{BIO}/COT, indicando que a relação C/N da biomassa microbiana é inferior a 10. As maiores relações C/N foram encontrados no CN, o que justifica a não detecção de diferenças significavas para N_{BIO} nos tratamentos, em relação ao cerrado, como ocorreu para C_{BIO}. Percentagens nesta mesma faixa foram encontradas em trabalho anterior (Sá et al., 2002).

C e N na fração leve livre particulada

Os usos e manejos afetaram os teores de C_{FLLP} no solo (Tabela 5). CN e PIN não diferenciaram entre si, apresentando teores superiores àqueles obtidos nos tratamentos com cultivos anuais. A adição constante de resíduos ao solo, via parte aérea ou raízes, bem como a reduzida velocidade de decomposição destes, permite que ambientes menos alterados apresentem este comportamento (Boone, 1994; Stevenson, 1994).

O PD apresentou maiores teores de C_{FLLP} do que o PC, na camada de 0 a 5 cm (Tabela 5). Como o solo não é mais revolvido no PD, os resíduos permanecem na superfície e a taxa da decomposição é reduzida, permitindo um maior acúmulo nas camadas mais superficiais, em relação ao PC (Bayer et al., 2004). O C das frações leves tem sido associado à capacidade de responder mais rapidamente ao manejo adotado (Leifeld & Kogel-Knabner, 2005), em que a ausência de revolvimento tem proporcionado ganhos nesta fração, principalmente nas camadas mais superficiais (Bayer et al., 2004). No entanto, após o revolvimento do solo, o C das frações leves pode aumentar durante curtos períodos, devido à mistura do material da superfície ao solo (Stevenson, 1994), conforme tem sido relatado (Leite et al., 2003b). O N da

fração leve livre particulada (N_{FLLP}) teve comportamento semelhante ao C_{FLLP}, porém não diferiu estatisticamente entre PC e PD (Tabela 5).

A relação C/N da FLLP teve tendência para valores maiores com o aumento da profundidade, mas, tal fato, foi significativo somente para CN e PD. Na camada de 20 a 40 cm de profundidade, o PIN apresentou relação C/N menor que o CN, o que não significa que este material tenha degradação mais rápida, pois, o material produzido pela planta de pinus é rico em lignina, que é de difícil biodegradação (Moreira & Siqueira, 2002). Valores altos de C_{FLLP} e N_{FLLP} no PIN em relação ao CN reforçam essa idéia.

Tabela 5. C e N da fração leve livre particulada (C_{FLLP} e N_{FLLP}) e relação entre C_{FLLP} e N_{FLLP} em cerrado (CN), pinus (PIN), e culturas anuais sob preparo convencional (PC) e plantio direto (PD)

Tratamentos	profundidades				*Média*[1]
	0 a 5	5 a 10	10 a 20	20 a 40	
		---------- C_{FLLP} (g/kg) ----------			
CN	(8,4) 2,97 aA	(6,8) 2,10 aB	(7,0) 2,22 aB	(6,1) 1,58 aC	*2,13*
PIN	(10,1) 3,01 aA	(8,8) 2,18 aB	(6,9) 1,83 aB	(5,1) 1,24 abC	*2,06*
PC	(4,1) 0,97 cA	(3,1) 0,74 bA	(2,7) 0,62 bA	(3,2) 0,57 bA	*0,72*
PD	(6,1) 1,55 bA	(4,4) 1,03 bB	(3,0) 0,64 bBC	(2,7) 0,51 bC	*0,93*
Média	*2,13*	*1,51*	*1,32*	*0,98*	*1,53*
		---------- N_{FLLP} (g/kg) ----------			
CN	(4,3) 0,099 aA	(3,7) 0,072 aAB	(3,0) 0,059 abB	(2,2) 0,037 abC	*0,067*
PIN	(8,0) 0,129 aA	(5,6) 0,081 aB	(4,8) 0,067 aB	(3,6) 0,046 aC	*0,081*
PC	(2,3) 0,040 bA	(1,4) 0,025 bAB	(1,3) 0,020 bAB	(1,2) 0,015 bB	*0,025*
PD	(3,2) 0,063 bA	(2,4) 0,042 bAB	(1,4) 0,024 bcBC	(0,9) 0,012 bC	*0,035*
Média	*0,083*	*0,055*	*0,043*	*0,028*	*0,052*
		---------- Relação C_{FLLP}/ N_{FLLP} ----------			
CN	30 aB	29 aB	38 aAB	42 aA	*35*
PIN	23 aA	27 aA	27 aA	27 bA	*27*
PC	24 aA	30 aA	31 aA	38 abA	*31*
PD	25 aB	25 aAB	26 aAB	41 abA	*29*
Média	*26*	*28*	*30*	*37*	*30*

(valores entre parênteses representam a percentagem da fração em relação ao COT), Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna para tratamentos e maiúsculas na linha para profundidades, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P<0,05$). [/1] trata-se de uma média ponderada.

C lábil extraído com $KMnO_4$

Os usos e manejos apresentaram comportamento bem diferenciado para C lábil oxidado com *$KMnO_4$* (C_L) (Tabela 6). O PI, que apresentou altos teores de C_{FLLP} (Tabela 5), para C_L não apresentou a mesma tendência, sendo que os teores foram inferiores àqueles do cerrado, reforçando a idéia de que a FLLP oriunda da planta de *pinus sp.* é de difícil decomposição. O C_L no PD foi maior que no PC, mostrando que este sistema está melhorando a qualidade do C no solo. O C_L é considerado como indicador sensível e prematuro das mudanças de manejo, que afetam o C no solo (Blair et al., 1995; Conteh et al., 1998). No entanto, ambos PC e PD apresentaram diminuição nos teores de C_L, em relação ao CN, o que corrobora com resultados obtidos por outros autores (Lefroy et al., 1993; Leite et al., 2003a)

A percentagem de $C_{L,}$ em relação ao COT, variou de 5,6 até 8,9 %, valores estes encontrados normalmente na literatura, para condições tropicais (Leite et al., 2003b), considerando-se a concentração de $KMnO_4$ 0,033mol/L. Valores percentuais bem superiores têm sido relatados, quando se usou $KMnO_4$ 0,33mol/L, também para condições tropicais (Blair et al., 1998).

Para C_{NL}, o PC e PD não diferenciaram, uma vez que as diferenças manifestaram-se no C_L, reforçando a idéia de que a fração lábil é mais sensível às mudanças de manejo. Os constituintes do C_L não são bem conhecidos (Conteh et al., 1998), mas, provavelmente, o C_{BIO} seja um dos principais constituintes (Degens & Sparling, 1996) somado a outros materiais de fácil degradação, uma vez que o C_{BIO} somente representou 1,20 a 2,23 % do COT.

Tabela 6. Teores de carbono lábil (C_L), não lábil (C_{NL}), proporção do C_L e C_{NL} em relação ao COT em cerrado (CN), pinus (PIN), e culturas anuais sob preparo convencional (PC) e plantio direto (PD)

Tratamentos	profundidades				*Média*[/1]
	0 a 5	5 a 10	10 a 20	20 a 40	
			C_L (g/kg)		
CN	(6,7) 2,36 aA	(6,6) 2,05 aB	(6,0) 1,86 aBC	(6,4) 1,66 aC	*1,98*
PIN	(6,0) 1,80 bcA	(5,8) 1,43 bB	(5,6) 1,47 bB	(5,8) 1,41 abB	*1,53*
PC	(7,6) 1,79 cA	(7,4) 1,73 abA	(7,0) 1,58 abA	(6,4) 1,17 bB	*1,57*
PD	(8,9) 2,12 abA	(8,4) 1,88 aB	(8,2) 1,76 abB	(7,2) 1,30 bC	*1,76*
Média	*2,02*	*1,77*	*1,67*	*1,38*	*1,71*
			C_{NL} (g/kg)		
CN	32,90 aA	28,86 aB	29,35 aB	24,41 aC	*28,88*
PIN	28,05 bA	23,47 bB	24,87 bB	22,97 aB	*24,84*
PC	21,90 cA	21,68 bA	20,88 bcA	17,18 bB	*20,41*
PD	22,11 cA	20,83 bA	19,86 cA	16,74 bB	*19,88*
Média	*26,24*	*23,71*	*23,74*	*20,33*	*23,50*
			C_L/ C_{NL} (%)		
CN	7,17 bcA	7,11 bcA	6,35 bcA	6,84 aA	*6,87*
PIN	6,40 cA	6,13 cA	5,92 cA	6,19 aA	*6,16*
PC	8,18 abA	8,01 abA	7,58 abAB	6,84 aB	*7,65*
PD	9,74 aA	9,15 aA	8,99 aA	7,82 aB	*8,92*
Média	*7,87*	*7,60*	*7,21*	*6,92*	*7,40*

(valores entre parênteses representam a percentagem da fração em relação ao COT), Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna para tratamentos e maiúsculas na linha para profundidades, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P<0,05$). [/1] trata-se de uma média ponderada.

C extraído com diferentes concentrações de H_2SO_4

Da mesma forma que o C_{FLLP} e C_L, o C extraído por meio de diferentes concentrações de H_2SO_4 reflete as mudanças no uso e manejo do solo, porém com menor intensidade, pois, as frações (F) são bem maiores (Tabela 7). O C da fração 1 (C_{F1}) é a fração mais lábil (Chan et al., 2001; Marin, 2002) e contribuiu com 29 a 39 % do COT. A grande percentagem de C, oxidada nesta fração, pode torná-la menos sensível às mudanças no uso e manejo, em relação ao C_L e C_{FLLP}.

Em média, foram extraídos 35,5, 22,2, 26,5, 6,8 e 9 % do COT, na camada de 0 a 5 cm para as F1, F2, F3, F4 e F5, respectivamente. As F4 e F5 somaram apenas 15,8 % do COT, enquanto, em trabalho realizado na Austrália, essas frações somaram 34 % para pastagens cultivadas (Chan et al., 2001), evidenciando uma menor estabilidade do C para o solo utilizado no presente estudo. Para as demais camadas, as percentagens oxidadas foram semelhantes.

Tabela 7. Carbono extraído por diferentes concentrações de H_2SO_4 e proporção do C das frações em relação ao COT em cerrado (CN), pinus (PIN), e culturas anuais sob preparo convencional (PC) e plantio direto (PD)

Tratamentos	profundidades				*Média*[/1]
	0 a 5	5 a 10	10 a 20	20 a 40	
	---------- Fração 1 (g/kg) ----------				
CN	(36) 12,6	(34) 10,37	(33) 10,12	(33) 8,61	*10,44 a*
PIN	(32) 9,52	(31) 7,80	(29) 7,70	(29) 7,02	*8,01 b*
PC	(35) 8,17	(34) 7,90	(33) 7,49	(36) 6,50	*7,51 b*
PD	(39) 9,49	(36) 8,17	(36) 7,77	(35) 6,20	*7,91 b*
Média	*9,96 A*	*8,56 B*	*8,27 B*	*7,08 C*	
	---------- Fração 2 (g/kg) ----------				
CN	(22) 7,76	(20) 6,20	(19) 6,00	(19) 5,07	*6,26 a*
PIN	(20) 6,05	(22) 5,48	(23) 6,16	(21) 5,01	*5,67 a*
PC	(25) 5,90	(23) 5,48	(24) 5,43	(23) 4,28	*5,27 a*
PD	(22) 5,40	(26) 5,93	(25) 5,35	(25) 4,46	*5,28 a*
Média	*6,27 A*	*5,77 A*	*5,73 A*	*4,71 B*	*5,62*
	---------- Fração 3 (g/kg) ----------				
CN	(26) 9,07	(31) 9,51	(27) 8,39	(30) 7,85	*8,71 a*
PIN	(26) 7,62	(26) 6,52	(27) 6,99	(27) 6,63	*6,94 ab*
PC	(27) 6,42	(28) 6,57	(29) 6,47	(26) 4,85	*6,08 b*
PD	(27) 6,62	(24) 5,59	(25) 5,25	(28) 5,10	*5,64 b*
Média	*7,43 A*	*7,05 AB*	*6,77 AB*	*6,11 B*	*6,84*
	---------- Fração 4 (g/kg) ----------				
CN	*(8) 2,98*	*(8) 2,49*	*(7) 2,29*	*(7) 1,85*	*2,40 a*
PIN	*(7) 2,03*	*(10) 2,40*	*(8) 1,93*	*(5) 1,30*	*1,92 ab*
PC	*(7) 1,62*	*(8) 1,83*	*(6) 1,36*	*(9) 1,62*	*1,60 ab*
PD	*(5) 1,13*	*(6) 1,52*	*(8) 1,96*	*(7) 1,37*	*1,50 b*
Média	*1,94 A*	*2,06 A*	*1,89 A*	*1,54 A*	*1,86*
	---------- Fração 5 (g/kg) ----------				
CN	*(8) 2,80*	*(8) 2,35*	*(14) 4,41*	*(10) 2,68*	*3,06 a*
PI	*(15) 4,62*	*(11) 2,70*	*(13) 3,57*	*(18) 4,43*	*3,83 a*
PC	*(7) 1,59*	*(7) 1,63*	*(8) 1,72*	*(6) 1,11*	*1,51 b*
PD	*(6) 1,60*	*(7) 1,49*	*(5) 1,28*	*(5) 0,90*	*1,32 b*
Média	*2,65 A*	*2,04 A*	*2,74 A*	*2,28 A*	*2,43*

Fração 1= H_2SO_4 (3 mol/L); Fração 2= H_2SO_4 (6 mol/L)- H_2SO_4 (3 mol/L); Fração 3= H_2SO_4 (9 mol/L)- H2SO4 (6 mol/L); Fração 4= H_2SO_4 (12 mol/L)- H_2SO_4 (9 mol/L); e Fração 5=COT- H_2SO_4 (12 mol/L), (valores entre parênteses representam a percentagem das frações em relação ao COT), Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna para tratamentos e maiúsculas na linha para profundidades, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P<0,05$). [/1] trata-se de uma média ponderada.

No PD, a percentagem de C na F1 foi de 39 %, enquanto no PC foi de 35 %. Estes resultados mostram a capacidade do PD em aumentar as frações mais lábeis do solo, conforme constatado também para C_{FLLP} e C_L. Como as frações mais lábeis são as mais

importantes para a ciclagem de nutrientes, o PD mostra potencial para melhoria na qualidade do solo.

A F5, como é obtida pela diferença do COT pelo método que usa aquecimento externo (Yeomans & Bremner, 1988) com método sem aquecimento (Walkley & Black, 1934), mostra que o método Walkley Black extraiu mais de 90% do COT, com exceção para o PI. Esses resultados mostram que o fator de correção de 1,3 usado pelo método Walkley Black, é questionável, uma vez que, no presente trabalho, este fator não deveria ser superior a 1,1. É preciso considerar que cada solo pode ter comportamento diferenciado, em relação à eficiência desta oxidação.

Índice de manejo do C

Os índices de manejo do C (IMC) refletiram, diferencialmente, as mudanças no uso e manejo (Tabela 8). Na camada de 0 a 5 e 5 a 10 cm de profundidade, os IMCs para o PIN calculados com o C_{FLLP} foram superiores a 100 %. Esse comportamento não reflete bem as mudanças no COT, pois, o COT nessas camadas não foi superior àquele no CN. Estes valores maiores de 100 % ocorrem devido ao maior acúmulo de material leve no PI, em função da maior recalcitrância deste material (Moreira & Siqueira, 2002).

Em valores médios, tanto o PIN quanto o PC e PD apresentaram valores inferiores ao CN, demonstrando que o uso do solo afetou, negativamente, os IMCs. A diminuição do IMC após a derrubada do cerrado nativo, calculado pelo $C_{L,}$ tem sido frequentemente registrada (Leite et al., 2003b; Leite et al., 2003c). Entretanto, valores superiores a 100 % têm sido relatados após o retorno de resíduos verdes (Blair et al., 1995; Blair et al., 1998) ou mediante a adição de composto orgânico (Leite et al., 2003c).

Para PC e PD, o IMC calculado com o C_{FLLP} foi o menor entre todos, indicando que essa fração é a mais afetada pelo uso agrícola. Baseado nos índices obtidos, a superioridade do PD em relação ao PC foi constatada, indicando que o PD está contribuindo para a melhoria na qualidade do solo, uma vez que valores mais próximos ou acima de 100 % indicam boa qualidade do solo. Valores maiores para PD, em relação ao PC, também foram observados em outro experimento, realizado em Minas Gerais/ Brasil (Leite et al., 2003b).

A partir dos resultados encontrados, pode-se sugerir o uso das três formas de obter as frações lábeis, acima descritas, para o cálculo do IMC, uma vez que refletiram as mudanças no uso e manejo adotados, podendo o pesquisador optar por aquele cuja obtenção for mais facilitada.

Tabela 8. Índices de manejo de C (IMC) em cerrado (CN), pinus (PIN), e culturas anuais sob preparo convencional (PC) e plantio direto (PD)

Tratamentos	profundidades				*Média*[/1]
	0 a 5	5 a 10	10 a 20	20 a 40	
	---------- com base no C oxidado com $KMnO_4$ 0,033 mol/L (C_L) ----------				
CN	100,0	100,0	100	100,0	*100,0*
PIN	75,6	69,5	78,7	84,7	*77,1*
PC	76,5	85,4	85,9	70,4	*79,6*
PD	91,6	93,6	97,4	78,5	*90,3*
	---------- com base no C da FLLP (C_{FLLP}) ----------				
CN	100,0	100,0	100	100,0	*100,0*
PIN	103,3	107,1	82,8	78,6	*93,0*
PC	31,4	33,8	26,9	35,8	*32,0*
PD	51,4	49,4	28,3	31,3	*40,1*
	---------- com base no C oxidado com H_2SO_4 3 mol/L (C_{OX}) ----------				
CN	100,0	100,0	100	100,0	*100,0*
PIN	70,7	71,6	71,7	75,5	*72,4*
PC	63,4	75,5	73,8	77,0	*72,4*
PD	78,4	80,4	78,9	71,7	*77,3*

[/1] trata-se da média ponderada

CONCLUSÕES

1. A substituição do cerrado pelo pinus e culturas anuais reduz os teores de C e N totais do solo. Entre os compartimentos, somente a fração leve não é reduzida no pinus, em relação ao cerrado.

2. O plantio direto apresenta potencial para melhoria na qualidade do solo, o que é comprovado pela melhoria nas frações de C mais lábeis no solo.

3. As frações mais lábeis refletem bem as alterações impostas pelo uso e manejo do solo, podendo ser usadas como indicadoras da qualidade do solo, assim como para o cálculo do IMC.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA/CNPMS, pela concessão da área de estudo; ao CNPq, à CAPES, à FAPEMIG, e ao Departamento de Solos/UFV, pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS CITADAS

ALVARENGA, M.I.N., SIQUEIRA, J.O. & DAVIDE, A.C. Teor de carbono, biomassa microbiana, agregação e micorriza em solos de cerrado com diferentes usos. Ciência Agrotecnica, 23: 617-625, 1999.

ANDERSON, T.H. & DOMSCH, K.H. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon im arable soils. Soil Biology & Biochemistry, 21: 471-479, 1989.

BAYER, C., DICK, D.P., RIBEIRO, G.M. & SCHEUERMANN, K.K. Carbon stocks in organic matter fractions as affected by land use and soil management, with emphasis on no-tillage effect. Ciência Rural, 32: 401-406, 2002.

BAYER, C., MARTIN-NETO, L., MIELNICZUK, J. & PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria organica de um latossolo vermelho sob plantio direto. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 39(7): 677-683, 2004.

BLAIR, G.J., CHAPMAN, L., WHITBREAD, A.M., BALL-COELHO, B., LARSEN, P. & TIESSEN, H. Soil carbon changes resulting from sugarcane trash management at two locations in Queensland, Australia, and in North-East Brazil. Australian Journal of Soil Research, 36: 873-882, 1998.

BLAIR, G.J., LEFROY, R.D.B. & LISLE, L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural sustems. Aust. J. Agric. Res., 46: 1459-1466, 1995.

BOONE, R.D. Light´fraction soil organic matter: origin and contribution to net nitrogen mineralization. Soil Biology & Biochemistry, 26: 1459-1468, 1994.

BROOKES, P.C., LANDMAN, A., PRUDEN, G. & JENKINSON, D.S. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure soil microbial biomass nitrogen in soil. Soil Biology Biochemistry, 17: 837-842, 1985.

CAMBARDELLA, C.A. & ELLIOTT, E.T. Carbon and nitrogen dinamics of soil organic matter fractions from cultivated grassland soil. soil Science Society America Journal, 58: 123-130, 1994.

CAMBARDELLA, C.A. & ELLIOTT, E.T. Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence. Soil Science Society America Journal, 56: 777-783, 1992.

CHAN, K.Y., BOWMAN, A. & OATES, A. Oxidizible organic carbon fractions and soil quality changes in an oxic paleustalf under different pasture leys. Soil Science, 166(1): 61-67, 2001.

CONTEH, A., BLAIR, G.J. & ROCHESTER, I.J. Soil organic carbon fractions in a Vertisol under irrigated cotton production as affected by burning and incorporating cotton stuble. Australian Journal of Soil Research, 36: 655-668, 1998.

CORAZZA, E.J., SILVA, J.E., RESCK, D.V.S. & GOMES, A.C. Comportamento de diferentes sistemas de maenjo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 23: 425-432, 1999.

D'ANDRÉA, A.F., SILVA, M.L.N., CURI, N. & QUILHERME, L.R.G. Estoque de Carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 39: 179-186, 2004.

DEGENS, B. & SPARLING, G. Changes en aggragation do not correspnd with changes in labile organic C fractions in soil amended with ^{13}C-glucose. Soil Biology & Biochemistry, 28: 453-462, 1996.

FERREIRA, A.S., CAMARGO, F.A.O. & VIDOR, C. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 23: 991-996, 1999.

FOLLETT, R.F. & SCHIMEL, D.S. Effect of tillage pratices on microbial biiomass dynamics. soil Science Society America Journal, 53: 1091-1096, 1989.

FREIXO, A.A., MACHADO, P.L.O.A., GUIMARÃES, C.M., SILVA, C.A. & FADIGAS, F.S. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de latosolo do cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 26: 425-434, 2002.

ISLAM, K.R. & WEIL, R.R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. Biology and Fertility Soils, 27: 408-416, 1998.

LEFROY, R.D.B., BLAIR, G.J. & STRONG, W.M. Changes in soil organic mater with cropping as measured by organic carbon fractions and ^{13}C natural isotope abundace. Plant and Soil, 155/156: 399-402, 1993.

LEIFELD, J. & KOGEL-KNABNER, I. Soil organic matter fractions as early indicators for carbon stok changes under different land-use? Geoderma, 124: 143-155, 2005.

LEITE, L.F.C., MENDONÇA, E.D.S., MACHADO, P.L.O.D.A., FILHO, E.I.F. & NEVES, J.C.L. Simulating trends in soil organic carbon of an Acrisol under no-tillage and disc-plow systems using the Century model. Geoderma, 120: 283-295, 2003a.

LEITE, L.F.C., MENDONÇA, E.D.S., MACHADO, P.L.O.D.A. & MATOS, E.S. Total C and N storage and organic C pools of a Red-Yellow Podzolic under conventional and no tillage at the Atlantic Forest Zone, Southeastern Brazil. Australian Journal of Soil Research, 41(4): 717-730, 2003b.

LEITE, L.F.C., MENDONÇA, E.S., NEVES, J.C.L., MACHADO, P.L.A. & GALVÃO, J.C.C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em um Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 27: 821-832, 2003c.

LIMA, A.M., Estoques de carbono e frações da matéria orgânica do solo sob povoamentos de eucalipto no Vale do Rio Doce – MG. Magister Scientiae Thesis, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004. 131 pp.

MARIN, A.M.P., Impactos de um sistema agroflroestal com cafá na qualidade do solo. Dissertação de Mestrado Thesis, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002. 83 pp.

MOREIRA, F.M.S. & SIQUEIRA, J.O., Microbiologia e bioquímica do solo. Editora Ufla, Lavras, 2002. 626 pp.

PEREZ, K.S.S., RAMOS, M.L.G. & MCMANUS, C. Carbono da biomassa microbiana em solo cultivado com soja sob diferentes ssitemas de manejo nos cerrados. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 39: 567-573, 2004.

RIFFALDI, R., SAVIOZZI, A., LEVI-MINZI, R. & CARDELLI, R. Conventional crop management effects on soil organic matter chacacteristics. Agronomie, 23: 45-50, 2003.

SÁ, J.C.M., CERRI, C.C., DICK, W.A., LAL, R., VENZKE FILHO, S.P., PICCOLO, M.C. & FEIGL, B.E. Soil microbial biomass and organic components affected by no-tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. Soil Biology and Biochemistry, 2002.

SANTOS, H.P. & TOMM, G.O. Disponibilidade de nutrientes e teor de matéria organica em função de sistemas de cultivo e de manejo de solo. Ciência Rural, 33: 477-486, 2003.

SHANG, C. & TIESSEN, H. Organic matter lability in a tropical oxisol: evidense from shifting cultivation, chemical oxidation, particle size, density, and magnetic fractionations. Soil Science, 162(11): 795-807, 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, 241: 155-176, 2002.

SPARLING, G.P. & WEST, A.W. A direct extration method to estimate soil microbial C: Calibration in situ using microbial and ^{14}C labelled cells. Soil Biology & Biochemistry, 20: 337-343, 1988.

STEVENSON, F.J., Humus chemistry: genesis, composition, reactions. John Wiley & Sons, 1994. 496 pp.

SWIFT, R.S., 1996. Method for extration of IHSS soil fulvic and humic acids. In: D.L.S.E. AL. (Editor), Organic matter characterization. Part 3. Chemical Methods. Soil Science Socity of American Journal, pp. 1018-1020.

TEDESCO, M.J., BOHNEM, H., GIANELLO, C., BISSANI, C.A. & VOLKWEISS, S.J., Análise de solo, plantas, e outros materiais. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995. 174p pp.

TOGNON, A.A., DEMATTÊ, J.L.I. & DEMATTÊ, J.A.M. Teor e distribuição da matéria orgânica em latossolos das regiões da floresta amazônica e dos cerrados do Brasil Central. Scientia Agricola, 55(3), 1998.

VARGAS, L.K. & SCHOLLES, D. Nitrogênio da biomassa microbiana, em solo sob diferentes sistemas de manejo, estimado por métodos de fumigação. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 22: 411-417, 1998.

WALKLEY, A. & BLACK, I.A. An examination of the Degtjareff method for determining soil oranic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science, 37: 29-38, 1934.

WATANABE, A., SARNO, RUMBANRAJA, J., TSUTSUKI, K. & KIMURA, M. Humus composition of soils under forest, coffee and arable cultivation in hilly areas of South Sumatra, Indonesia. European Journal of Soil Science, 52: 599-606, 2001.

WENDLING, B., JUCKSCH, I., MENDONÇA, E.S. & NEVES, J.C.L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um latossolo vermelho sob diferentes manejos. Pesq. agropec. bras., 40(5): 487-494, 2005.

YEOMANS, J.C. & BREMNER, L.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. Communication in Soil Science Plant Analisys, 19: 1467-1476, 1988.

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, 79: 117-161, 1997.

IV. USO DO MODELO CENTURY PARA SIMULAR OS EFEITOS DE DIFERENTES USOS E MANEJOS NO C E N DO SOLO, SOB CERRADO/BRASIL

Beno Wendling[1], Ivo Jucksch[2], Eduardo de Sá Mendonça[2], Júlio César Lima Neves[2], Ramon da Costa Alvarenga[3]

RESUMO

Solos quando submetidos a diferentes usos e manejos podem sofrer alterações na quantidade e qualidade do C e N presentes no solo, bem como nos seus fluxos com a atmosfera. O uso de modelos matemáticos pode ser útil para o entendimento dessas alterações e fornecem subsídios para testar cenários futuros, possibilitando desenvolver estratégias de manejo menos impactantes ao meio ambiente. Assim sendo, esse estudo teve dois objetivos: (a) usar o modelo Century v4.5 para simular os efeitos dos usos e manejos no C e N do solo em diferentes compartimentes, (b) comparar os estoques medidos e simulados pelo Century, e (c) testar o impacto de cenários futuros até o ano de 2100. As simulações foram realizadas a partir dos resultados obtidos pela simulação de equilíbrio de uma área de cerrado remanescente. Os tratamentos avaliados foram Pinus, plantio direto e plantio convencional, sendo que para as simulações foram feitas respeitando o histórico das áreas até o momento da coleta de solo (2004). Para o Pinus foram testados três cenários futuros, um deles simulando o mesmo manejo adotado até o momento da coleta de solo, outro reduzindo o fogo e outro sem uso de preparo do solo para o replantio. Para o plantio direto e plantio convencional, simulou-se dois cenários futuros, um com rotação milho/soja e outro com monocultura de milho. A partir das amostras de campo, procedeu-se em laboratório a determinação de carbono orgânico e nitrogênio totais, carbono e nitrogênio da biomassa microbiana e da fração leve livre particulada. A biomassa microbiana representou o compartimento ativo de carbono e nitrogênio, a fração leve livre particulada representou o compartimento lento de carbono e nitrogênio e os compartimentos passivos foram determinados pela diferença dos totais menos o ativo e lento (passivo=totais-(ativo+lento). O Century foi sensível às mudanças de manejo adotadas, sendo os compartimentos mais lábeis, mais sensíveis (ativo e lento) do que o mais estáveis (passivo). Em relação ao C o modelo simulou estoques próximos aos medidos no campo. Para N, os valores simulados não foram tão bons quanto para o C, principalmente para

[1] Bolsista CNPq, Universidade Federal de Viçosa/DPS, CEP 36570-000 Viçosa, E-mail: benowendling@yahoo.com.br
[2] Professores do DPS/UFV
[3] Pesquisador da EMBRAPA Milho e Sorgo, Sete Lagoas/MG

os compartimentes mais lábeis. Deve ser dada importância ao plantio direto em relação ao preparo convencional, uma vez que esse apresenta maior potencial para manter ou recuperar o Carbono e Nitrogênio do solo. Os cenários futuros mostraram a importância de se evitar as queimadas no pinus e o uso de monocultivo no plantio direto e plantio convencional.

Termos de indexação: estoques de nitrogênio, estoques de Carbono, modelagem

SUMMARY: *APPLYING THE CENTURY MODEL TO SIMULATE THE EFFECTS FROM DIFFERENT USES AND MANAGEMENTS ON C AND N OF THE SOIL IN BRAZILIAN SAVANNAH*

*When soils are subjected to different uses and managements they can suffer changes in both quantity and quality of their **C** and **N**, as well as in their flows with atmosphere. The mathematical models can be useful for understanding those alterations and supply subsidies to test future sceneries, therefore making possible to develop management strategies that cause less impaction on the environment. So, the objectives of this study were: (a) to apply the CENTURY v4.5 model to simulate the effects of the uses and managements on C and N in the soil at different compartments; (b) to compare the results observed in the field by laboratory methods and those obtained in simulations with the model; and (c) to test the impact of future sceneries until the year 2100. The evaluated treatments were pinus, no-till planting and conventional planting. When accomplishing the simulations, the historical report of the areas were respected until the moment to collecting the soil (2004). For pinus, three future sceneries were tested: by simulating the same management adopted until the moment to collecting the soil; by reducing the fire; and no prepare of the soil for replanting. For both no-till and conventional plantings, two future sceneries were simulated, one with maize/soybean rotation and another with maize monoculture. From the field samples, the determination were performed for total organic carbon and nitrogen, carbon and nitrogen of either microbial biomass and the particulate free light fraction. The microbial biomass represented the active compartment of carbon and nitrogen, the particulate free light fraction represented the slow compartment of the carbon and nitrogen, whereas the passive compartments were determined by the difference of those totals less the active and slow ones (passive=total-(active+slow). The Century model showed to be sensitive to the adopted management changes, and the more labile compartments were more sensitive (active and slow) than the steadiest ones (passive). In relation to C, the model simulated the C stocks very close to those observed in the field. For N, the simulated values were not so satisfactory as for*

*C, mainly for more labile compartments. The no-till planting should be given importance, relative to the conventional planting, since it shows higher potential to maintain or recover the soil **C** and N. The future sceneries show the importance of avoiding the pinus burning and the monoculture use in both no-till planting and conventional planting.*
***Index terms**: nitrogen stocks, nitrogen, Carbon stocks, modeling*

INTRODUÇÃO

Com o advento da agricultura, o cerrado brasileiro passou a ter importante papel na produção de alimentos. Seus solos são de maneira geral pobres em cátions trocáveis e apresentam boas características físicas, tais como relevo plano, perfil profundo, bem estruturados e com boa porosidade, o que lhes confere uma boa capacidade de infiltração de água. Com o uso agrícola, esses solos foram invertendo essas características, ou seja, as propriedades químicas são melhoradas e as físicas são gradativamente degradadas.

O alto grau de intemperismo desses solos (predominância de argilas de baixa atividade) os torna muito dependentes da matéria orgânica do solo para manter adequado seu funcionamento e sustentabilidade. Assim sendo, deve ser dada prioridade na busca de sistemas de produção que permitam preservar essa matéria orgânica, que tem um papel fundamental na manutenção das propriedades físicas químicas e biológicas do solo.

Nesse sentido, ao converter novamente as áreas agrícolas em florestas, com o passar das décadas, significativas quantidades de carbono podem retornar ao solo (Harrison et al., 1995).

Tem se dado muita importância na incorporação de C ao solo para mitigar o aumento de CO_2 na atmosfera, mas a importância maior está na melhoria das qualidades emergentes que se consegue com esse "seqüestro de C".

O uso de modelos matemáticos tem sido propostos para estudar o comportamento de diferentes usos e práticas de manejo em relação à dinâmica de matéria orgânica no solo. Entre os modelos mais usados, está o Century, que já tem sido usado em ecossistemas tropicais (Cerri et al., 2003; Leite et al., 2003; Leite et al., 2004a) e subtropicais (Fernandes, 2002), apresentando boa capacidade para simular os efeitos de diferentes usos e manejos.

O modelo Century foi concebido em 1987, e partir de então vem sendo amplamente testado e usado, fato que permitiu que a aplicabilidade do modelo evoluísse. A versão inicial permitiu apenas a simulação para pastagens, já as versões atuais permitem realizar simulações para as mais diversas condições, desde florestas plantadas, pastagens e culturas anuais.

O modelo Century é composto por 3 submodelos, o da produção vegetal, da água e de dinâmica de matéria orgânica do solo. Os dois primeiros alimentam o terceiro, gerando os dados necessário em relação à umidade e temperatura do solo, entradas e saídas de nutrientes pelas culturas, quantidade e qualidade de resíduos vegetais produzidos, etc...

O submodelo de matéria orgânica do solo é divido em compartimentos (ativo, lento e passivo), com base no seu tempo de reciclagem e taxas de decomposição. O ativo é representado pela biomassa microbiana e produtos derivados, com tempo de reciclagem de até 5 anos. O lento é representado pela matéria orgânica leve, derivada do material vegetal das culturas ou da aplicação orgânica ao solo, com tempo de reciclagem estimado entre 20 e 40 anos. O passivo é representado pelo material muito resistente a decomposição e protegido física e quimicamente pelo solo, podendo alcançar tempos de reciclagem entre 200 a 500 anos (Parton et al., 1987).

Modelos podem oferecer importantes contribuições para o estudo da dinâmica da matéria orgânica do solo, mas para tanto, devem ser testados e validados para as mais diferentes condições, para que possam ser utilizados com confiança. Uma vez testados, e comprovada a validade, os modelos podem ser usados para simular eventos futuros de uso e manejo do solo, fornecendo subsídios úteis na escolha dos caminhos mais apropriados para a melhoria da qualidade dos solos nos mais diferentes agroecossistemas.

Assim sendo, esse estudo teve três objetivos: (a) usar o modelo Century v4.5 para simular os efeitos dos usos e manejos no C e N do solo em diferentes compartimentes, (b) comparar os resultados observados no campo por meio de métodos laboratoriais e os obtidos nas simulações com o modelo, e (c) testar o impacto de cenários futuros até o ano de 2100.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo e amostragem

A área de estudo pertence à EMBRAPA Milho e Sorgo e está localizada no município de Sete Lagoas/MG, Brasil (latitude -19°28', longitude -44°15'e altitude de 732 m). O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho típico, com relevo suave ondulado e textura muito argilosa. O clima da região é classificado como Aw (clima de savana com inverno seco), segundo a classificação proposta por Köppen, com temperatura média anual de 20,9°C, precipitação média anual de 1320 mm e cerrado como vegetação nativa.

A amostragem de solo foi realizada em julho de 2004. Em todos os tratamentos, inclusive a mata, foram coletadas cinco amostras compostas para cada uma das quatro

profundidades estudadas. Cada amostra composta foi obtida pela mistura de dez amostras simples. Parte do material coletado, foi mantido sob refrigeração para posterior determinação do C e N da biomassa microbiana. Para as demais análises foram realizadas com terra fina seca ao ar (TFSA).

Análises físico/químicas

O carbono orgânico total (COT) foi determinado via combustão úmida (Yeomans and Bremner, 1988). Para quantificação do nitrogênio total (NT), as amostras foram submetidas à digestão sulfúrica com posterior destilação Kjedall (Tedesco et al., 1995).

Para liberar o C e N da biomassa microbiana para a solução extratora de K_2SO_4 0,5 mol/L utilizou-se o método de irradiação-extração (Islam & Weil, 1998), sendo usado um forno de microondas com freqüência de 2450 MHz e energia de 900W durante 180 segundos (Islam & Weil, 1998; Ferreira et al., 1999). O C foi quantificado via oxidação úmida (Tedesco et al., 1995), enquanto o N, após digestão sulfúrica, foi quantificado por destilação Kjedahl (Tedesco et al., 1995). Corrigida a umidade, o C microbiano (C_{MIC}) e o N microbiano (N_{MIC}) foram calculados com base na diferença das subamostras irradiadas e não irradiadas, utilizando-se um fator de conversão de fluxo (Kc) de 0,33 (Sparling & West, 1988) e 0,54 (Brookes et al., 1985) para C e N, respectivamente. O C_{MIC} e N_{MIC} foram usados para representar o compartimento de menor tempo de reciclagem no solo, ou seja, o ativo.

A separação da fração leve livre particulada (FLLP) do solo foi separada pelo principio da diferença de densidade e tamanho (Cambardella and Elliott, 1994), em que a densidade do líquido (NaI) foi de 1,8 kg/L e a peneira usada para separar o material leve da solução extratora foi de 0.25 mm de diâmetro. O material retido na peneira foi lavado, seco a 65°C, triturado e analisado via combustão seca em analisador Perkin Elmer series II 2400 CHNS/O. O C e N contidos nesse material foram usados para representar o compartimento com tempo de reciclagem intermediária, o seja, o lento.

O compartimento com tempo de reciclagem mais longo, o C e N passivo, foi determinado por diferença: passivo = totais – (ativo + lento).

Seqüência dos eventos simulados

No quadro 1 são apresentadas as seqüências de manejo usadas nas simulações pelo Century. A derrubada do Cerrado deu início ao uso agrícola dessas áreas. O cerrado foi desmatado e a madeira retirada, possibilitando o preparo da área para o plantio da braquiária, que permaneceu até 1972, ocasião em que parte dessa área foi plantada com *Pinus sp.* (PINUS) e parte foi usada para plantio de milho no sistema convencional, que posteriormente,

no ano de 1994, recebeu um experimento para avaliar os sistemas de preparo convencional (PC) e direto (PD). Esses dois sistemas só diferiram entre si na maneira de preparo do solo, em que PC recebeu duas operações com grade pesada e PD o manejo foi com herbicida dessecante (princípio ativo Gliphosate).

Para a braquiária foram simulados um evento de fogo no período seco (inverno) e 6 eventos de pastejo durante a estação de chuvosa (parte da primavera, verão e parte do outono).

O pinus foi plantado e nos primeiros anos mantido limpo com uso de grade na entre linha. A partir do sexto ano, queimadas involuntárias passarem a ocorrer em média a cada dois anos.

Quadro 1. Seqüências de culturas usadas na simulação pelo modelo Century

Tratamento	Seqüências de manejo
PC	1968 – desmatamento (retirada da madeira e posterior uso de fogo) 1969 até 1972 – pastagem de braquiária com pastejo na estação chuvosa 1973 até 1994 – plantio convencional de milho 1995 até 2004 – condução de experimento com plantio convencional de milho e soja (somente em 1993 foi soja)
PD	1968 – desmatamento (retirada da madeira e posterior uso de fogo) 1969 até 1972 – pastagem de braquiária com pastejo na estação chuvosa 1973 até 1994 – plantio convencional de milho 1995 até 2004 – condução de experimento com plantio direto de milho e soja (somente em 1993 foi soja)
PIN	1968 – desmatamento (retirada da madeira e posterior uso de fogo) 1969 até 1972 – pastagem de braquiária com pastejo na estação chuvosa 1973 – plantio do pinus (ainda se encontrava na área em 2004)

PC – Plantio convencional; PD – plantio direto: e PIN – plantação de pinus.

Simulação de cenários futuros

Foram simulados cenários de manejo até o ano de 2100. Para o PIN foram simulados cortes a cada 30 anos para três situações de manejo. Na primeira considerou-se que o manejo seria tal como foi até o ano de 2004 (PINa), na segunda considerou-se a ausência de preparo do solo nos anos iniciais (PINb) e na terceira uma menor ocorrência do fogo (passando de queimadas bianuais para duas queimadas durante um ciclo) (PINc). Para o caso do PD e PC, duas situações foram simuladas. Na primeira considerando o monocultivo de milho (PDa e PCa) e na segunda cultivos alternados de milho e soja (PDb e PCb).

Validação do modelo

Foram feitas simulações de equilíbrio (10000 anos) para a área de cerrado nativo, utilizando como dados de entrada no modelo as variáveis do local, como textura, densidade e clima (Quadro 2). Foi criado um arquivo apropriado para realizar a simulação de equilíbrio para a vegetação do tipo cerrado. Tanto para o cerrado, pinus e demais culturas, o modelo foi rodado para ajustar o submodelo de produção de planta, onde a produção primária (cerrado e pinus) ou produtividades (culturas anuais e pastagens) foram mantidas de acordo com dados de campo ou literatura, só depois o modelo foi usado para simular a dinâmica de C e N no solo. Para cada um dos tratamentos, o modelo simulou a derrubada do cerrado e a conversão desses para os tratamentos estudados, estimando os estoques de C e N para cada compartimento ao longo dos anos (1968 até 2004). A simulação para os tratamentos foi iniciada com os dados gerados pela simulação de equilíbrio. Os valores estimados pelo modelo para o mês de julho foram comparados com os obtidos no campo via métodos laboratoriais, permitindo testar a validade do modelo. A partir do erro padrão da média foi possível comparar os valores medidos dos simulados.

O funcionamento do modelo Century, bem como dos seus submodelos, suas equações e pressupostos e a maneira como os coeficientes foram determinados podem ser obtidos detalhadamente na sua publicação original (Parton et al., 1987)

Quadro 2. Principais variáveis de entrada usadas para as simulações com o modelo Century v4.5

Variáveis	***Valores***
Areia (g/g)	0,14
Silte (g/g)	0,13
Argila (g/g)	0,73
Densidade do solo (g/cm³)	0,83
pH (H_2O)	4,57
Precipitação mensal (Jan à Dez) (cm/mês)	28.90; 16.12; 13.26; 5.28; 2.61; 1.03; 1.45; 1.01; 3.29; 11.57; 22.72; 26.63
T^0C média mensal mínima (Jan à Dez) (^0C)	18.2; 18.1; 17.9; 16.1;13.7; 11.5; 11.1; 16.6; 14.8; 17.7; 17.7; 18.1
T^0C média mensal máxima (Jan à Dez) (^0C)	28.9; 29.7; 29.0; 27.5; 25.3; 24.2; 24.5; 25.6; 28.7; 28.9; 28.6; 28.2

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Simulação de equilíbrio

Para a simulação de equilíbrio foram necessárias algumas alterações no arquivo de variáveis fixas do modelo (FIX.100), para que as taxas de decomposição dos compartimentos

se ajustassem aos do cerrado em questão. Sem esse ajuste não seria possível rodar o modelo para condições tropicais, uma vez que este foi concebido e validado para situações de clima temperado. Outro arquivo que necessitou de ajustes foi o de árvore (TREE.100), onde a produção primária foi ajustada de acordo com o encontrado no cerrado. Depois destes ajustes feitos o modelo foi rodado simulando um período de 10.000 anos, possibilitando a estabilização dos compartimentos.

A partir de 6.000 anos os valores se estabilizaram e estão apresentados na Quadro 3. O COT se estabilizou em 52,75 t/ha, muito semelhante as 52,94 t/ha medidos no cerrado via análises laboratoriais. Os compartimentos de C simulados também foram semelhantes à realidade de campo. Assim sendo, pode-se dizer que o modelo está apto a rodar cenários específicos para C, uma vez que os compartimentos, bem como o COT foram semelhantes aos valores observados no cerrado.

Para NT o modelo foi menos preciso, uma vez que houve uma diferença de 3,5 e 3,3 t/ha entre os estoques simulados e os medidos, respectivamente (Quadro 4). O modelo superestimou os compartimentos lento e passivo e subestimou o ativo, mostrando que são necessários ajustes para proporcionar bons resultados. Mesmo assim, os valores não se distanciam muito dos observados, quando se considera o erro padrão da média. Desta forma, é possível que problemas venham a surgir na simulação dos cenários de manejo. Maiores ajustes nos parâmetros ainda são necessários para melhorar o modelo.

Quadro 3. Valores simulados e medidos para carbono orgânico total (COT) e compartimentos ativo, lento e passivo para o cerrado (simulação de equilíbrio), em Sete Lagoas/MG

Compartimento	Simulado	Medido
C Ativo (t/ha)	0.98	0.98 (0,07)
C Lento (t/ha)	3.84	3.89 (0,37)
C Passivo (t/ha)	47.93	48.07 (2,06)
COT (t/ha)	52.75	52.94 (2,29)

Valores entre parênteses referem-se ao erro padrão da média.

Quadro 4. Valores simulados e medidos para nitrogênio total (NT) e compartimentos ativo, lento e passivo para o cerrado (simulação de equilíbrio), em Sete Lagoas/MG

Compartimento	Simulado	Medido
N Ativo (t/ha)	0.09	0.11 (0,01)
N Lento (t/ha)	0.15	0.12 (0,02)
N Passivo (t/ha)	3.26	3.07 (0,15)
NT (t/ha)	3.50	3.30 (0,16)

Valores entre parênteses referem-se ao erro padrão da média.

Simulação da dinâmica de C e N

A partir dos valores encontrados para a simulação de equilíbrio, procedeu-se a simulação dos cenários apresentados na Quadro 2. Na Figura 1 é observada a dinâmica do COT e dos compartimentos ativo, lento e passivo a partir dos valores da simulação de equilíbrio até o final do ano de 2004. Nesse período o modelo simulou as mudanças no uso e manejo adotadas para cada tratamento.

Com a derrubada do cerrado (1969) e preparo do solo para implantação da pastagem de braquiária, os estoques para os compartimentos C ativo e C lento simulados aumentaram consideravelmente. Esse comportamento é comum (Stevenson, 1994), pois com a derrubada do cerrado, só é retirado o material vegetal de maior diâmetro, permanecendo no campo parte dos restos de galhos finos, folhas e serrapilheira depositada na superfície, que são incorporados ao perfil do solo. Porém, no ano seguinte, os estoques voltam a diminuir, devido ao efeito da decomposição desse material, que é acelerada pelo revolvimento do solo por ocasião da implantação da cultura da braquiária. Neste caso, o COT reflete o comportamento dos compartimentos mais lábeis (ativo e lento), uma vez que o C passivo não apresentou essa tendência.

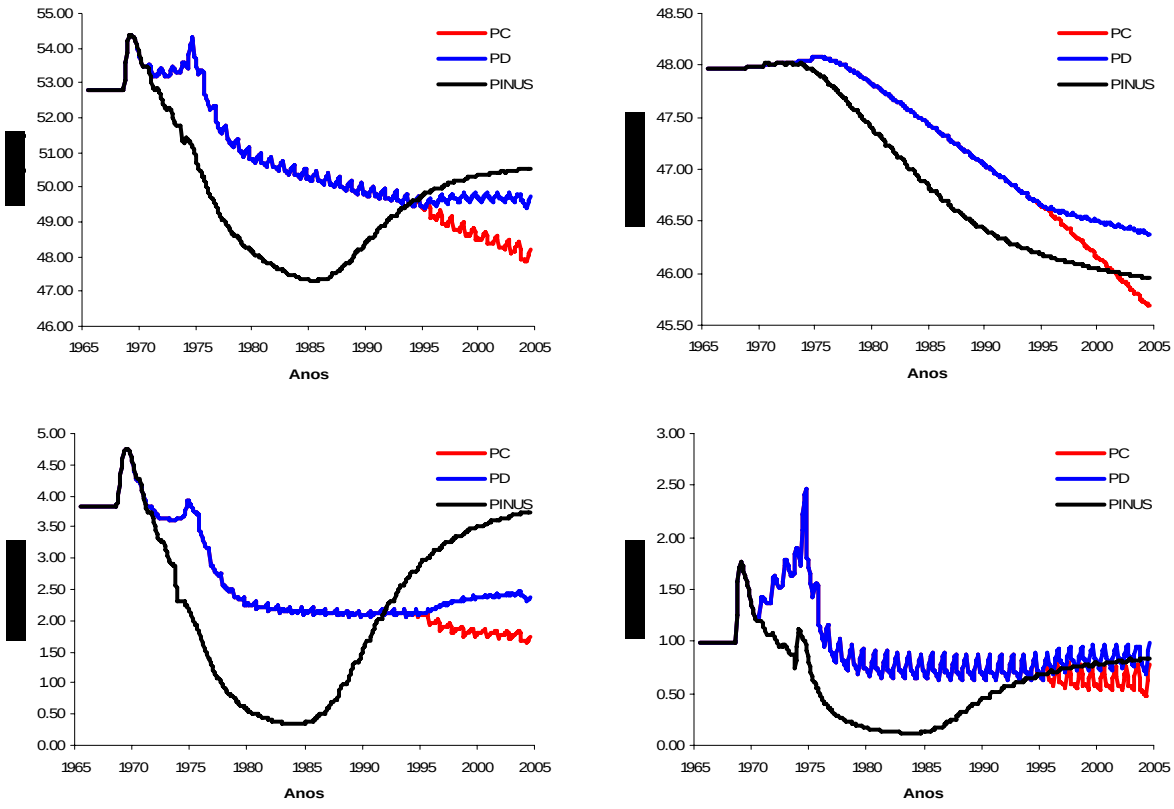

Figura 1. Variação dos estoques de carbono orgânico total (COT) e compartimentos passivo (C passivo), lento (C lento) e ativo (C ativo) estimados pelo modelo Century v4.5 para os tratamentos plantio convencional (PC) plantio direto (PD) e plantação de PINUS, em Sete Lagoas/MG.

Até 1973 todos os tratamentos foram iguais, ou seja, cultivo de braquiária para pastejo intensivo. Neste período os estoques de COT se mantiveram acima dos estoques observados para o cerrado, pois o solo não foi mais revolvido e o pastejo não foi drástico a ponto de comprometer a entrada de material vegetal. Somente o estoque de C lento foi menor que o observado no cerrado. No final deste período, com o preparo do solo para implantação das culturas anuais e Pinus, novamente houve um rápido aumento seguido de diminuição nos estoques de C para todos os compartimentos, porem menos perceptível para o C passivo.

A partir de 1973 foi iniciado o cultivo de milho nos tratamentos PC e PD (lembrando que até 1994 o cultivo convencional era adotado nestes tratamentos). Até 1994, os estoques de todos os compartimentos sofreram diminuição. O cultivo convencional leva a uma perda de C no solo, devido a desagregação da estrutura e aumento da aeração, que favorecem a oxidação do material orgânico (LOBE et al., 2001). Em outros trabalhos usando o modelo Century realizados no Brasil, esse mesmo comportamento foi observado (Leite et al., 2004a; Leite et al., 2004b).

No ano de 1994 os estoques de COT e dos compartimentos ativo, lento e passivo para os tratamentos com culturas anuais (PC e PD) foram 49,44, 0,70, 2,10 e 46,65 t/ha, respectivamente. A partir deste ano estes dois tratamentos começaram a se diferenciar quanto aos estoques de C devido à mudança imposta no manejo. Em 2004 o PD apresentou estoques maiores em todos os compartimentos em relação ao PC. Esse aumento representou 1,52 t/ha para COT, evidenciando a capacidade do PD em melhorar ou manter os estoques de C, contribuindo desta forma para a melhoria da qualidade do solo. Comportamento semelhante também foi obtido usando o mesmo modelo sob condições tropicais após 19 anos de experimento (Leite et al., 2004b), onde a diferença em favor do PD em relação ao PC foi de 4,5 t/ha.

O compartimento passivo não apresentou recuperação com o PD, mas no entanto, este foi superior (0,68 t/ha) em relação ao PC. Pode-se observar que mais de 90% de todo o C está no compartimento passivo, evidenciando o caráter argiloso deste solo, que propicia grande proteção química e coloidal ao C (Six et al., 2002). No compartimento lento e ativo os estoques de C aumentaram após a adoção do PD, mas ainda foram distantes dos medidos em CN.

O PIN apresentou melhora após 12 anos de plantio. A perda de C neste tratamento foi maior em relação as culturas anuais no início do cultivo, mas depois do 12^0 ano os estoques reagiram, superando os observados no PC. A intensa perda de C no início do desenvolvimento do PIN foi devido ao uso de grade nos primeiros anos (até o quarto ano) e também pelo fato da adição de material orgânico ao solo ter sido mínima, uma vez que essa cultura não perde as

acículas na fase jovem. Após o quinto ano, esta área foi afetada por fogo acidental (muito comum em regiões de Cerrado) a cada dois anos em média, o que também contribuiu para o declínio dos estoques de C. Após o 12^0 cultivo, o sistema radicular já é muito intenso e renovado constantemente, favorecendo o aumento dos estoques de C nos compartimentos ativo e lento, refletindo também na melhoria do COT. Somente o compartimento passivo não apresentou sinais de recuperação, no entanto, as perdas passaram a ser menores com o avanço da idade da cultura.

Na Espanha, em plantações de *Pinus radiata*, sobre uma antiga área onde se cultivou cereais e outra sobre uma antiga área de vinhedos, também foi simulado pelos modelos Century e RothC uma perda de COT para a camada de 0 a 20 cm nos primeiros anos após o plantio, apresentando melhora nos estoques a partir do quinto ano (Romanya et al., 2000). Esses autores também concluíram via simulações com esses dois modelos, que solos sob plantações de *Pinus radiata* possuem um potencial maior para seqüestro de C no solo em relação a florestas nativas da região (*Quercus ilex*).

O comportamento da dinâmica dos estoques de N foi muito semelhante aos observados para C em relação aos tratamentos (Figura 2).

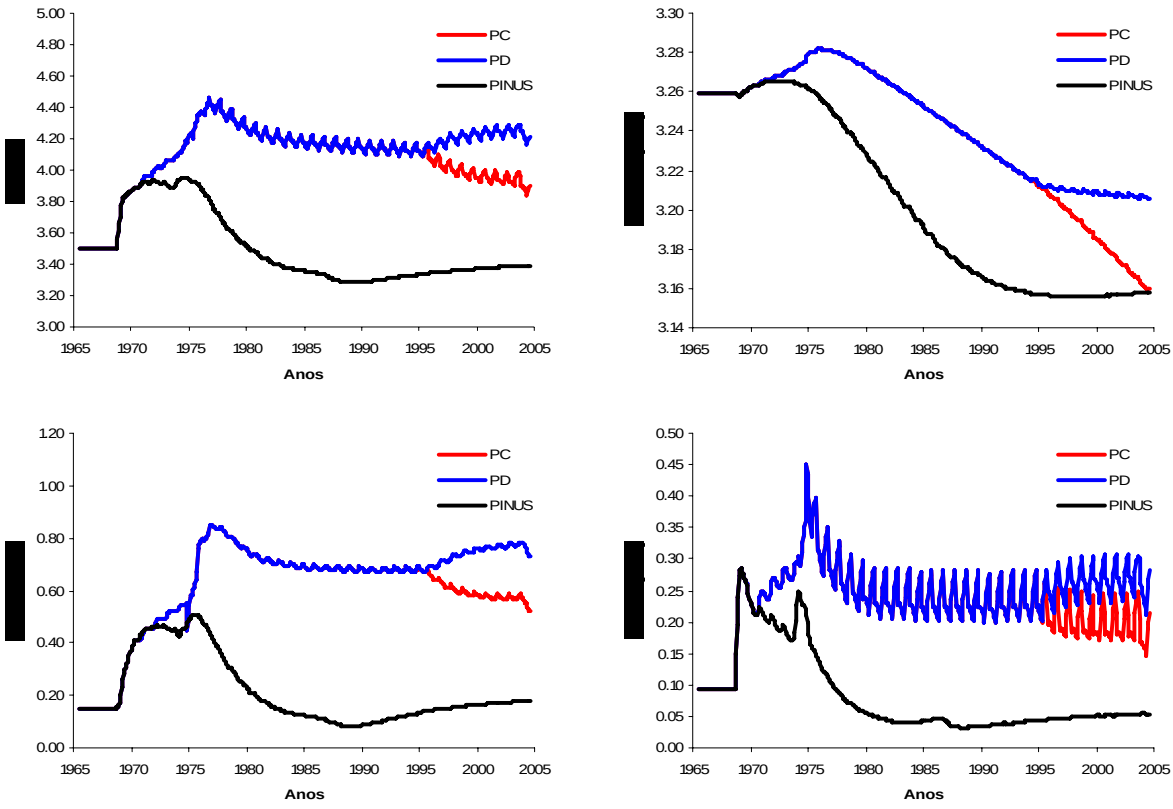

Figura 2. Variação dos estoques de nitrogênio total (NT) e compartimentos passivo (N passivo), lento (N lento) e ativo (N ativo) estimados pelo modelo Century v4.5 para os tratamentos plantio convencional (PC) plantio direto (PD) e plantação de PINUS, em Sete Lagoas/MG.

Para o PD e PC o modelo simulou valores maiores aos observados no Cerrado. A adição de C ao solo se deu unicamente via adição de restos vegetais e a de N ocorreu via adição de adubos e fixação biológica (no caso da soja), favorecendo um acúmulo maior ao longo do tempo, o que no caso do C não aconteceu,

Comparação entre valores medidos e simulados

Os valores para estoques de C medidos e os simulados pelo Century foram muito semelhantes (Quadro 5). As diferenças para os estoques de COT simulados e medidos foram de -0,17, -3,64 e 4,46% respectivamente para PC, PD e PIN, todos dentro do limite do erro padrão da média calculado para os valores medidos. Esses resultados mostram o grande potencial do modelo em simular de forma adequada os estoques de COT no solo para ambientes tropicais, corroborando com os resultados encontrados em outros trabalhos (Leite et al., 2004a; Leite et al., 2004b; Liang et al., 1996).

Quadro 5. Comparação entre os valores simulados e os obtidos no campo via métodos laboratoriais para carbono orgânico total (COT) e compartimentos ativo, lento e passivo para o plantio convencional (PC), plantio direto (PD) e Pinus (PIN), em Sete Lagoas/MG

Trat	Compartimento	Simulado	Medido
PC	C Ativo (t/ha)	0.79	0.79 (0,08)
	C Lento (t/ha)	1.73	1.54 (0,07)
	C Passivo (t/ha)	45.70	45.96 (1,10)
	COT(t/ha)	48.21	48.29 (1,16)
PD	C Ativo (t/ha)	0.98	0.79 (0,06)
	C Lento (t/ha)	2.37	2.11 (0,06)
	C Passivo (t/ha)	46.38	48.71 (2,45)
	COT(t/ha)	49.73	51.61 (2,48)
PIN	C Ativo (t/ha)	0.83	0.85 (0,04)
	C Lento (t/ha)	3.74	3.95 (0,21)
	C Passivo (t/ha)	45.95	43.56 (1,00)
	COT(t/ha)	50.52	48.36 (1,10)

Valores entre parênteses referem-se ao erro padrão da média.

Em relação aos compartimentos, o Century também simulou valores próximos dos medidos. A maior diferença entre os valores medidos e simulados não passou de -25% no compartimento ativo para o PD. Como o tamanho do compartimento ativo é muito flutuante durante o ano, essa diferença é justificável, ainda mais porque a coleta foi feita numa época de pouca umidade, fazendo com que no campo o tamanho desse compartimento seja reduzido. Para os demais tratamentos, os estoques dos compartimentos ativos foram semelhantes. Esses resultados foram mais próximos dos observados do que os obtidos em outros trabalhos

realizados no mesmo estado (Leite et al., 2004a; Leite et al., 2004b), onde esses estoques foram superestimados pelo modelo em mais de 100%.

Para o compartimento lento, o modelo simulou valores muito próximos da realidade, sendo 11, 12 e -5% diferente dos valores medidos para PC, PD e PIN, respectivamente.

No que se refere ao compartimento passivo, somente para o PIN esses valores ficaram fora (maiores) do limite do erro padrão da média, mas no entanto a diferença foi menor do que 6%. Nos trabalhos realizados por Leite (Leite et al., 2004a; Leite et al., 2004b), os valores simulados também foram muito próximos dos medidos, evidenciando a capacidade do Century em simular corretamente esse compartimento.

Comparando os resultados para N (Quadro 6), o modelo não apresentou o mesmo desempenho em relação ao C. Para NT, os estoques foram superestimados em 11, 8 e 29% para PC, PD e PIN, respectivamente. Para o PIN o valor foi muito acima do observado, sendo que para os demais tratamentos, os valores simulados não apresentaram discrepâncias muito grandes, mesmo que ainda esteja fora do limite do erro padrão da média. Para o compartimento passivo, o comportamento foi muito semelhante ao NT, uma vez que esse compartimento representa mais de 90% de todo o N.

As maiores discrepâncias para N foram nos compartimentos ativo e lento. Para o compartimento ativo, o modelo superestimou os valores em torno de 100% para as culturas anuais e para o PIN. Esses resultados reforçam a necessidade de mais ajustes no modelo para simular de forma mais adequada esse compartimento para N. Já para o compartimento lento, os estoques foram absurdamente superestimados para as culturas anuais e muito próximos para o PIN.

Quadro 6. Comparação entre os valores simulados e os obtidos no campo via métodos laboratoriais para nitrogênio total (COT) e compartimentos ativo, lento e passivo para o plantio convencional (PC), plantio direto (PD) e Pinus (PIN), em Sete Lagoas/MG

Trat	Compartimento	Simulado	Observado
PC	N Ativo (t/ha)	0.21	0.12 (0,01)
	N Lento (t/ha)	0.52	0.05 (0,01)
	N Passivo (t/ha)	3.16	3.32 (0,10)
	NT (t/ha)	3.90	3.50 (0,11)
PD	N Ativo (t/ha)	0.28	0.13 (0,01)
	N Lento (t/ha)	0.73	0.08 (0,01)
	N Passivo (t/ha)	3.21	3.69 (0,11)
	NT (t/ha)	4.22	3.90 (0,12)
PIN	N Ativo (t/ha)	0.05	0.11 (0,01)
	N Lento (t/ha)	0.18	0.15 (0,01)
	N Passivo (t/ha)	3.16	2.36 (0,07)
	NT (t/ha)	3.39	2.62 (0,06)

Valores entre parênteses referem-se ao erro padrão da média.

Simulação de cenários futuros

Nas figuras 3 e 4 são apresentadas as dinâmicas dos estoques de COT, NT e compartimentes ativo, lento e passivo para o PIN até o ano de 2100. Foram simulados 3 cenários, sendo o primeiro (PINa) a continuação do manejo dado ao PIN até o ano de 2004, simulando um corte a cada 30 anos. Nesta situação, os estoques de COT mostraram um leve aumento com o passar dos anos, e para NT, esse aumento foi mais acentuado. A cada evento de colheita da madeira, os estoques de COT e NT são afetados, apresentando um rápido aumento seguido de diminuição acentuada, que após 30 anos é recuperada. Esse comportamento é explicado pela adição de material vegetal da parte aérea que fica no campo após a colheita da madeira.

No segundo cenário simulou-se a retirada do preparo do solo nos anos iniciais (PINb). Esse cenário não mostrou grandes alterações em relação ao PINa, uma vez que o preparo somente era utilizado nos primeiros anos. Embora os compartimentos ativo e lento fossem pouco afetados, o passivo apresentou melhora em seus estoques.

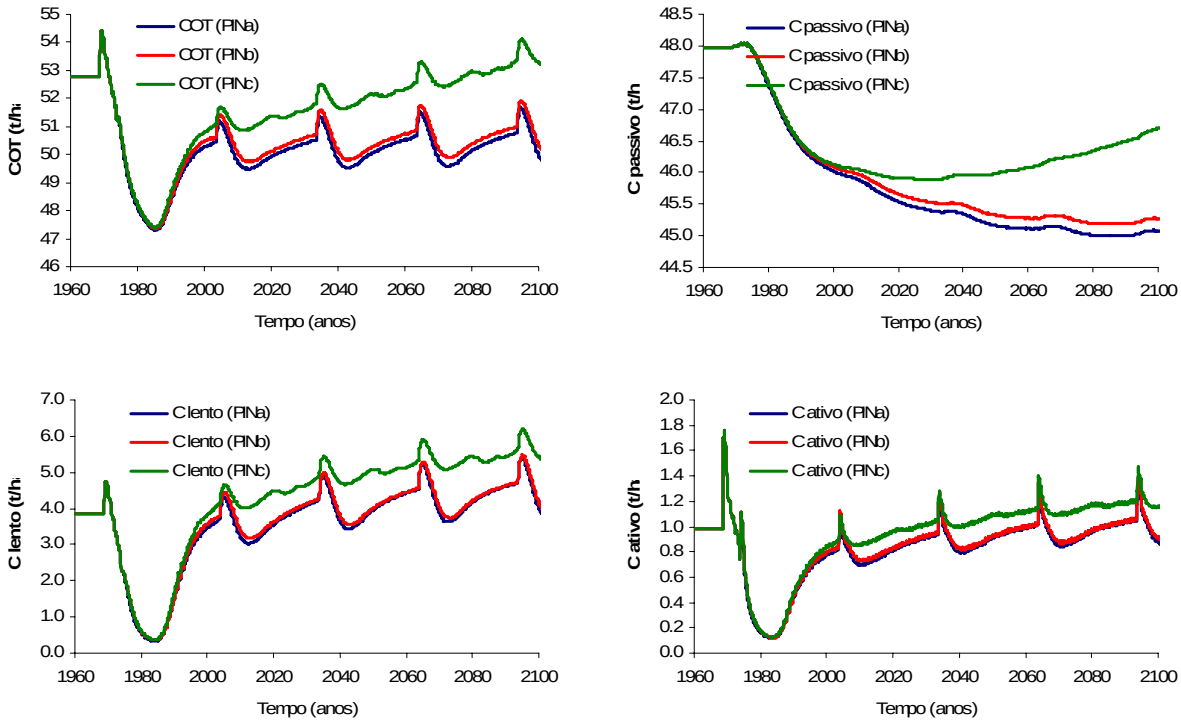

Figura 3. Variação dos estoques de carbono orgânico total (COT) e compartimentos passivo (C passivo), lento (C lento) e ativo (C ativo) estimados pelo modelo Century v4.5 para o PINUS; (a) com preparo e queimada, (b) sem preparo e com queimada, (c) sem preparo e somente duas queimadas por ciclo, em Sete Lagoas/MG.

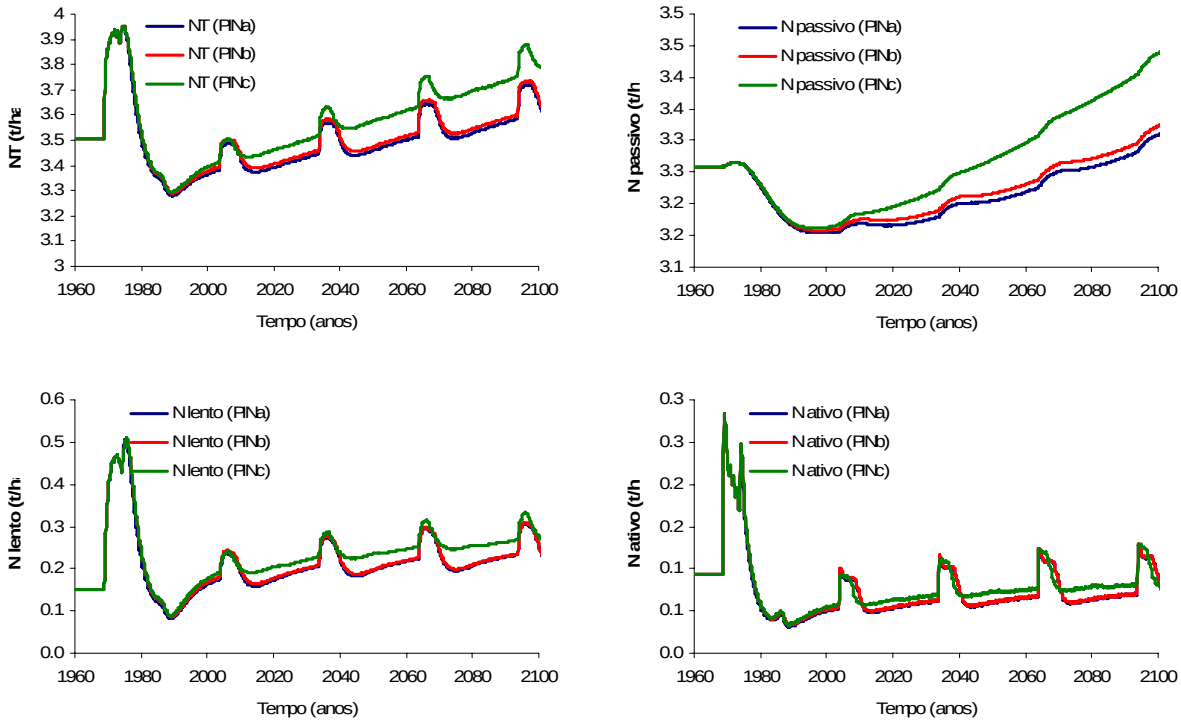

Figura 4. Variação dos estoques de nitrogênio total (NT) e compartimentos passivo (N passivo), lento (N lento) e ativo (N ativo) estimados pelo modelo Century v4.5 para o PINUS; (PINa) com preparo e queimada, (PINb) sem preparo e com queimada, (PINc) sem preparo e somente duas queimadas por ciclo, em Sete Lagoas/MG.

No terceiro cenário simulou-se a redução do número de eventos de fogo (PINc), que antes aconteciam bianualmente e passam a ocorrer duas vezes durante cada ciclo de 30 anos. Esse cenário foi o que apresentou a melhor resposta para melhoria dos estoques de C e N no solo. Os estoques de COT e C lento passaram a ser maiores aos encontrados no cerrado. Para o C lento, os estoques ainda não superaram o cerrado, mas apresentaram grandes melhoras. O C passivo mostra que a única forma de aumentar seus estoques é evitando queimadas. Em relação a N, somente o N ativo ainda não supera os estoques observados no cerrado.

Já para PC e PD, os cenários futuros foram simulando o uso de monocultivo de milho (PDa e PCa) e cultivos alternados de milho e soja (PDb e PCb) (Figuras 5 e 6). O uso de monocultivo é mais impactante do que o uso de cultivos alternado de milho e soja. No caso do COT, para o PDb, pode-se observar que os estoques se igualam aos do cerrado, muito diferente do que para PDa, PCa e PCb, onde não se percebe melhora nos estoques, pelo contrário, cada vez menores. Em relação ao C passivo, somente PDa apresentou potencial para melhorar os estoques até o ano de 2100. Muito semelhante ao C, foram os comportamentos da dinâmica dos estoques de N. Tanto para NT e compartimentos, o melhor cenário criado foi usando alternância de culturas em sistema de plantio direto (PDa),

evidenciando a necessidade de evitar o revolvimento do solo e o monocultivo como alternativas para melhoria dos estoques de N no solo.

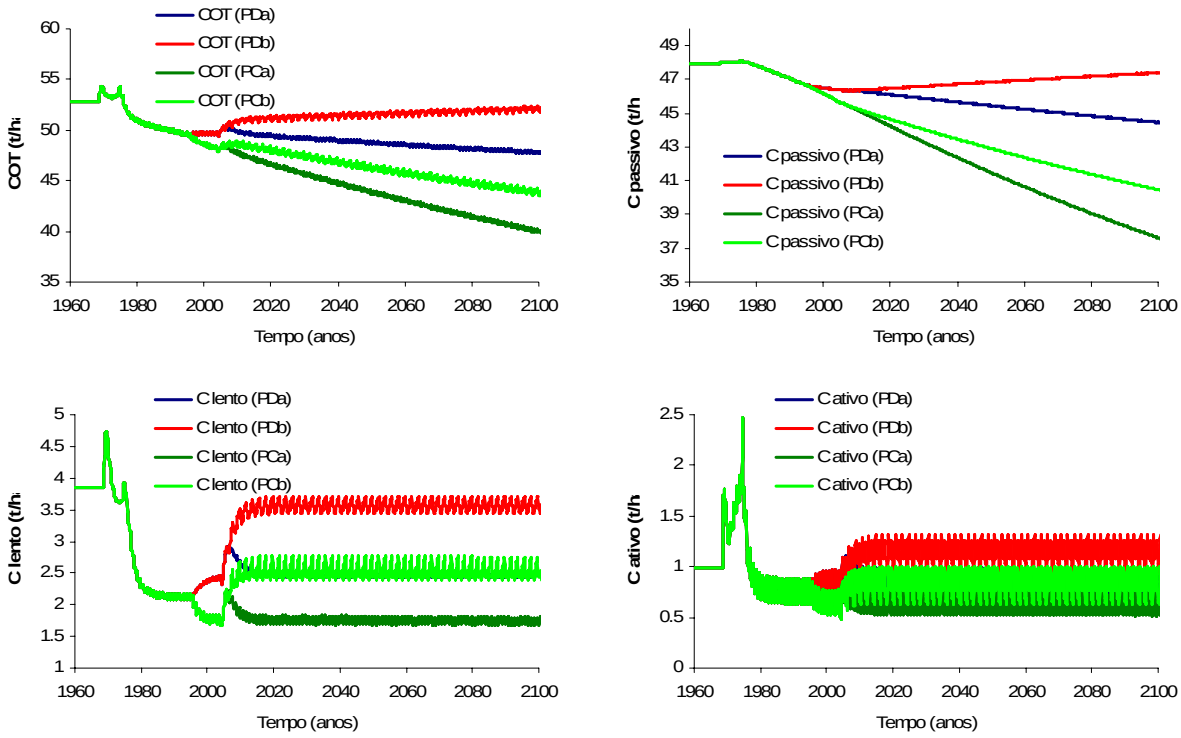

Figura 5. Variação dos estoques de carbono orgânico total (COT) e compartimentos passivo (C passivo), lento (C lento) e ativo (C ativo) estimados pelo modelo Century v4.5 para os tratamentos plantio convencional (PC) plantio direto (PD); (a) milho sem rotação, (b) rotação milho/soja, em Sete Lagoas/MG.

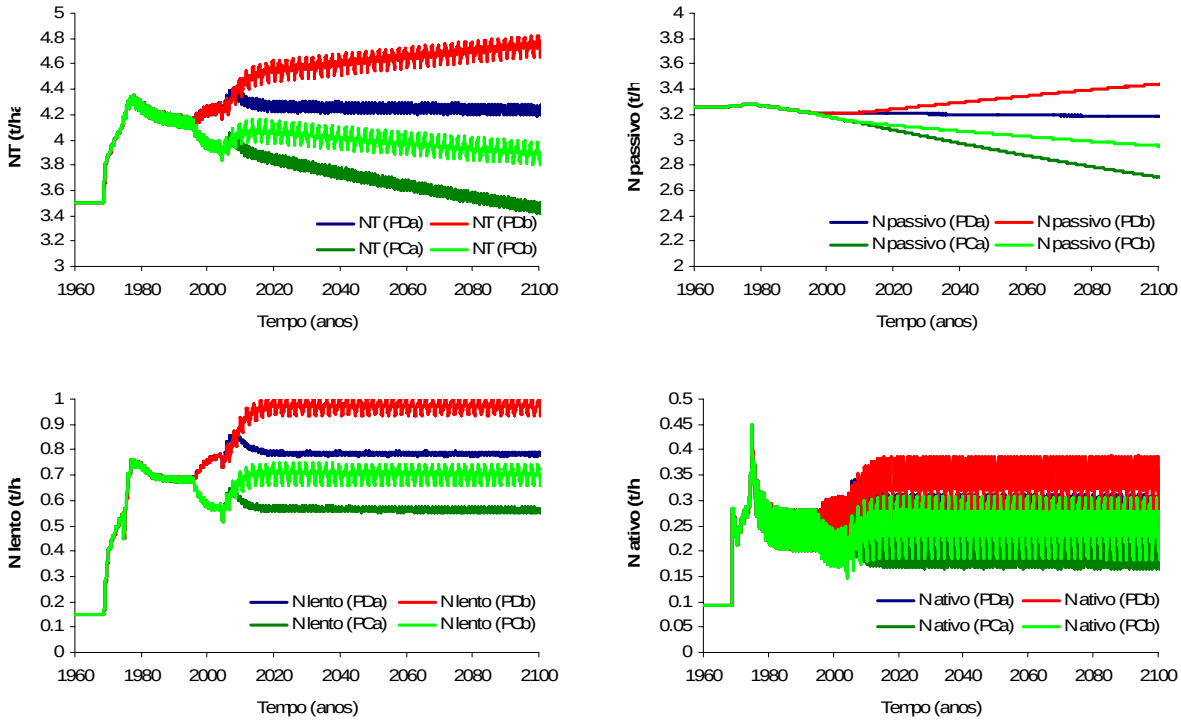

Figura 6. Variação dos estoques de nitrogênio total (NT) e compartimentos passivo (N passivo), lento (N lento) e ativo (N ativo) estimados pelo modelo Century v4.5 para os tratamentos plantio convencional (PC) plantio direto (PD); (a) milho sem rotação, (b) rotação milho/soja, em Sete Lagoas/MG.

CONCLUSÕES

O modelo Century é sensível às mudanças de manejo adotadas, sendo os compartimentos mais lábeis, mais sensíveis (ativo e lento) do que o mais estável (passivo).

Os estoques simulados pelo Century refletiram os medidos, ou seja, o modelo tem validade, no entanto, para N, os compartimentos não apresentam um ajuste tão satisfatório como para C, necessitando ainda de melhorias no modelo.

Deve ser dada importância ao plantio direto em relação ao preparo convencional, uma vez que esse apresenta maior potencial para manter ou recuperar o C e N do solo.

Os cenários futuros mostram a importância de se evitar as queimadas e o uso de cultivos alternados de milho e soja em relação ao monocultivo de milho.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA/CNPMS, pela concessão da área de estudo; ao CNPq, à CAPES, à FAPEMIG, e ao Departamento de Solos/UFV, pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS CITADAS

BROOKES, P.C., LANDMAN, A., PRUDEN, G. & JENKINSON, D.S. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure soil microbial biomass nitrogen in soil. Soil Biology Biochemistry, 17: 837-842, 1985.

CAMBARDELLA, C.A., and E.T. ELLIOTT. 1994. Carbon and nitrogen dinamics of soil organic matter fractions from cultivated grassland soil. soil Science Society America Journal 58:123-130.

CERRI, C.E.P., K. COLEMAN, D.S. JENKINSON, M. BERNOUX, R. VICTORIA, and C.C. CERRI. 2003. Modeling soil carbon from forest and pasture ecosystems of Amazon, Brazil. Soil Sci. Soc. Am. J. 67:1879-1887.

Fernandes, F.F. 2002. Uso do modelo Century para o estudo da dinâmica de carbono orgânico de solos do Rio Grande do Sul. Tese (DS), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

HARRISON, K.G., W.M. POST, and D.D. RICHTER. 1995. Soil carbon turnover in a recovering termperate forest. Global Biogeochemical cycles 9:449-454.

Islam, K.R., and R.R. Weil. 1998. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. Biology and Fertility Soils 27:408-416.

Leite, L.F.C., E.d.S. Mendonça, P.L.O.d.A. Machado, E.I.F. Filho, and J.C.L. Neves. 2003. Simulating trends in soil organic carbon of an Acrisol under no-tillage and disc-plow systems using the Century model. Geoderma 120:679-686.

LEITE, L.F.C., E.M. MENDONÇA, P.L.O.d.A. MACHADO, J.C.L. NEVES, and E.I. FERNANDES FILHO. 2004a. Simulação pelo modelo Century da dinâmica da matéria orgânica de um argissolo sob adubação mineral e orgânica. Revista Brasileira de Ciência do Solo 28:347-358.

Leite, L.F.C., E.d.S. Mendonça, P.L.O.d.A. Machado, E.I.F. Filho, and J.C.L. Neves. 2004b. Simulating trends in soil organic carbon of an Acrisol under no-tillage and disc-plow systems using the Century model. Geoderma 120:283-295.

LIANG, B.C., E.G. GREGORICH, and A.F. MACKENZIE. 1996. Modeling of organic and inorganic amendments on organic matter in Quebec soil. Soil Science 161:109-114.

LOBE, I., W. AMELUNG, and C.C. DU PREEZ. 2001. Losses of carbon and nitrogen with prolonged arable cropping from sandy soils of the South African Highveld. European Journal of Soil Science 52:93-101.

PARTON, W.J., D.S. SCHIMEL, C.V. COLE, and D.S. OJIMA. 1987. Analisys of factors controlling soil organic matter levels in great plais grasslands. Soil Sci. Soc. Am. J. 51:1173-1179.

ROMANYA, J., J. CORTINA, P. FALLOON, K. COLEMAN, and P. SMITH. 2000. Modelling change in soil organic matter after planting fast-growing *Pinus radiata* on Mediterranean agricultural soils. European Journal of Soil Science 51:627-641.

SIX, J., R.T. CONANT, E.A. PAUL, and K. PAUSTIAN. 2002. Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. Plant and Soil 241:155-176.

SPARLING, G.P., and A.W. WEST. 1988. A direct extration method to estimate soil microbial C: Calibration in situ using microbial and ^{14}C labelled cells. Soil Biology & Biochemistry 20:337-343.

Stevenson, F.J. 1994. Humus chemistry: genesis, composition, reactions. Second edition ed. John Wiley & Sons.

TEDESCO, M.J., BOHNEM, H., GIANELLO, C., BISSANI, C.A. & VOLKWEISS, S.J., Análise de solo, plantas, e outros materiais. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995. 174p pp.

Yeomans, J.C., and L.M. Bremner. 1988. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. Communication in Soil Science Plant Analisys 19:1467-1476.

V. SIMULAÇÃO DOS EFEITOS DO USO E MANEJO NOS COMPARTIMENTOS DA MATÉRIA ORGÂNICA DE DOIS SOLOS DA ZONA DA MATA MINEIRA

Beno Wendling[1], Ivo Jucksch[2], Eduardo de Sá Mendonça[2], Júlio César Lima Neves[2], Carlos Eugênio Martins[3]

RESUMO

A simulação da matéria orgânica do solo em áreas de longo histórico de uso, fornece uma importante ferramenta para testar cenários futuros, possibilitando adotar manejos menos impactantes ao meio ambiente. Os objetivos deste trabalho foram: (a) simular com o modelo century os impactos na matéria orgânica do solo em função da adoção de diferentes manejos em culturas com finalidade forrageira, em dois solos distintos e; (b) comparar o estoques simulados com os reais, medidos no campo. Os tratamentos avaliados foram: na área de latossolo – pastagem de braquiária com adubação (PBc) sem adubação (PBs); na área de cambissolo – milho para silagem (MS), pastagem de Coast Cross (CC) e lavoura de cana-de-açúcar (CA). A partir das amostras de campo, procedeu-se em laboratório a determinação dos totais de carbono orgânico e nitrogênio bem como o carbono e nitrogênio da biomassa microbiana e da fração leve livre particulada. A biomassa microbiana representou o compartimento ativo de carbono e nitrogênio, a fração leve livre particulada representou o compartimento lento de carbono e nitrogênio e os compartimentos passivos foram determinados pela diferença dos totais menos o ativo e o lento (passivo=totais-(ativo+lento). Os estoques simulados de C e N, bem como nos seus compartimentos, foram sensíveis às alterações de manejo. Os compartimentos, ativo e lento, responderam de forma mais imediata a essas alterações, possibilitando seu uso como indicadores prematuros da qualidade do solo. Práticas de manejo que revolvem muito o solo levaram a diminuição dos estoques de C e N no solo, ao contrário do uso de adubação, que favoreceu o acúmulo destes estoques. O modelo Century apresentou grande potencial para simular a dinâmica dos estoques totais de C e N para solos tropicais, comprovado pela similaridade entre os valores simulados e medidos no campo.

Termos de indexação: modelo century, carbono, nitrogênio, solos tropicais

[1] Bolsista CNPq, Universidade Federal de Viçosa/DPS, CEP 36570-000 Viçosa, E-mail: benowendling@yahoo.com.br
[2] Professores do DPS/UFV
[3] Pesquisador EMBRAPA/CNPGL

SUMMARY: *SIMULATING THE EFFECTS OF THE USE AND MANAGEMENT IN THE ORGANIC MATTER COMPARTMENTS OF TWO SOILS IN ZONA DA MATA –* MG

The simulation of the soil organic matter in long time used areas provides an important tool to testing future sceneries, therefore turning possible to adopt less impacting managements to the environment. The objectives of this study were: (a) to simulate the impacts on the soil organic matter as a function of the different management adoptions in crops with forage purpose, in two different soils; and (b) to compare the simulated stocks to the real ones measured in field. The following treatments were evaluated: in the latosol area – brachiaria pasture with fertilization (PBc) and brachiaria pasture without fertilization (PBs); in the cambisol area – maize for silage (MS), Coast Cross pasture (CC) and sugarcane cropping (CA). From the field samples, laboratorial determination were accomplished for both total organic carbon and nitrogen, as well as the carbon and nitrogen of either microbial biomass and particulate free light fraction. The microbial biomass represented the active compartment of carbon and nitrogen, the particulate free light fraction represented the slow compartment of carbon and nitrogen, whereas the passive compartments were determined by the difference of the totals less the active and the slow ones (passive=totals-(active+slow). The simulated stocks of C and N as well as their compartments were sensitive to the changes in management. Both active and slow compartments most immediately responded to those alterations, therefore making possible their use as premature indicators for quality of the soil. The management practices that intensively revolve the soil lead to the decrease in stocks of C and N in the soil, as contrarily to the use of fertilization, that favored the accumulation of those stocks. The Century model showed great potential to simulate the dynamics of the total stocks of C and N for tropical soils, which was confirmed proved by similarity between the values simulated and measured in the field.
Index terms: *century model, carbon, nitrogen, tropical soils*

INTRODUÇÃO

A matéria orgânica do solo (MOS) tem sido ligada diretamente a sua qualidade. Muitos estudos têm mostrado que na maioria dos ambientes, a MOS melhora a estrutura e a agregação do solo, aumenta a infiltração de água, previne o selamento superficial, reduz a erosão e aumenta a produtividade agrícola (Reeves, 1997). Nesse sentido, é muito importante

optar por sistemas de manejo que possuem potencial de seqüestro de CO_2 da atmosfera, contribuindo paralelamente para a mitigação de mudanças climáticas (Watson et al., 2000).

A partir do acúmulo de informações sobre a dinâmica da matéria orgânica (Shaffer & Hansen, 2001), modelos conceituais que descrevem processos de C e N no solo foram evoluindo (Molina & Smith, 1998). Numa comparação entre nove modelos até então bastante usados, dois modelos, Century e RothC, apresentaram os melhores resultados (Smith et al., 1997). A partir de então, esses dois modelos passaram a ser usados com mais freqüência.

Apesar de o modelo Century ser desenvolvido para simular a dinâmica da matéria orgânica em pastagens de regiões temperadas, seu uso em regiões de clima tropical e sob diferentes sistemas de manejo, tem apresentados resultados satisfatórios (Vallis et al., 1996; Silveira et al., 2000; Cerri et al., 2003; Leite et al., 2004a; Leite et al., 2004b).

O modelo Century é composto por 3 submodelos, o da produção vegetal, da água e de dinâmica de matéria orgânica do solo. Os dois primeiros alimentam o terceiro, gerando os dados necessário em relação à umidade e temperatura do solo, entradas e saídas de nutrientes pelas culturas, quantidade e qualidade de resíduos vegetais produzidos, etc...(Parton et al., 1987). O submodelo de matéria orgânica do solo é divido em compartimentos (ativo, lento e passivo), com base no seu tempo de reciclagem e taxas de decomposição. O ativo é representado pela biomassa microbiana e produtos derivados, com tempo de reciclagem até 5 anos. O lento é representado pela matéria orgânica leve, derivada do material vegetal das culturas ou da aplicação orgânica ao solo, com tempo de reciclagem estimado entre 20 e 40 anos. E por último o passivo, representado pelo material muito resistente a decomposição e protegido física e quimicamente pelo solo, podendo alcançar tempos de reciclagem entre 200 a 500 anos.

Modelos podem oferecer importantes contribuições para o estudo da dinâmica da matéria orgânica do solo, mas para tanto, devem ser testados e validados para as mais diferentes condições, para que possam ser utilizados com confiança. Uma vez testados, e comprovada a validade, os modelos podem ser usados para também para simular eventos futuros de uso e manejo do solo, fornecendo subsídios úteis na escolha dos caminhos mais apropriados para a melhoria da qualidade dos solos nos mais diferentes agroecossistemas.

Os objetivos deste trabalho foram: a) simular com o modelo Century os impactos na matéria orgânica do solo em função da adoção de diferentes manejos em culturas com finalidade forrageira, em dois solos distintos; b) validar o modelo Century para esses manejos e solos comparando os valores simulados com os medidos no campo.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização da área de estudo e amostragem

As áreas de estudo pertencem à EMBRAPA Gado de Leite e estão localizadas no município de Coronel Pacheco/MG (latitude -21°14', longitude -43°15' e altitude de 435 m). O clima da região é classificado como Aw, segundo a classificação proposta por Köppen, com temperatura média anual de 21°C, precipitação média anual de 1581 mm e floresta atlântica como vegetação nativa.

No local predominam dois tipos de solos, latossolos nas encostas e partes altas e Cambissolos de origem aluvial nos leitos dos rios. Foram usadas áreas de diferentes usos e manejos nos dois tipos de solo. As amostragens foram realizadas em junho de 2004, sendo que as amostras foram obtidas em duas profundidades, 0 a 10 e 10 a 20 cm. Como o modelo Century trabalha somente para a camada de 0 a 20 cm, trabalhou-se com a soma dos valores obtidos nas duas profundidades, formando um único valor. Cada amostra composta foi abtida a partir de 10 amostras simples. Como se tratou de áreas de campo, cada área foi dividida em quatro quadrantes imaginários, onde as amostragens foram realizadas, em que, cada um desses quadrantes passou a ser considerado como repetição para fins estatísticos.

Tratamentos e seqüência dos eventos simulados

Para cada tratamento nos distintos solos, foram simulados cenários anteriores ao momento da coleta e posteriores até o ano de 2050. Para as estimativas posteriores, simulou-se a continuidade do manejo existente no momento da coleta para análise, como pode ser visto no Quadro 1. Para cada tipo de solo, uma mata na mesma condição foi usada como condição de equilíbrio. A descrição mais detalhada de cada tratamento será apresentada abaixo.

Tanto as matas para o cambissolo, como para o latossolo, são matas secundárias, ou seja, restabelecidas após desmatamento.

A área de pastagem adubada sob latossolo (PBc) foi desmatada em 1950, quando foi implantado capim angola (*Panicum numidianum*), que não recebeu adubação. Durante o período de 1989 até 2003 foi cultivada com braquiária (*Brachiaria brizantha*), sendo que recebeu calagem (3 t/ha) e adubação fosfatada (100 kg/ha de P_2O_5) na implantação e anualmente mais 40, 20 e 20 kg/ha de P_2O_5, N e K_2O, respectivamente. A partir de 1994 passou a receber doses de N (50kg/ha), P_2O_5 (30 kg/ha) e K_2O (200 kg/ha). Entre 1998 até 2003 passou a receber 100 kg/ha da fórmula 20-05-20. Em 2003, no momento da implantação da braquiária, não recebeu adubação, porem após o estabelecimento, recebeu 250 kg/ha de 20-

05-20 em dezembro de 2003. Outra área é com pastagem de braquiária sem adubação (PBs), que encontra-se na mesma cota. Esta área, no entanto, não foi cultivada com capim elefante como a anterior, sendo que as demais etapas são idênticas, com exceção da adubação, que não existiu.

Quadro 1. Tipo de solos das áreas, tratamentos e histórico resumido

Tipo de solo	Trat (nome)	Cenários simulados pelo modelo
Latossolo	Pastagem de braquiária adubada (PBc)	- 1950 – desmatamento - 1950 até 1988 – capim angola - 1989 até 2002 – capim elefante - 2003 até 2050 – pastagem de braquiária
	Pastagem de braquiária não adubada (PBs)	- 1950 – desmatamento - 1950 até 1985 – capim angola - 1986 até 2050 – pastagem de braquiária
Cambissolo	Milho silagem (MS)	- 1935 – desmatamento - 1935 até 1973 – cultivo de espécies olerículas - 1974 até 1985 – capim angola - 1986 até 2050 – milho silagem
	Coast Cross (CC)	- 1935 – desmatamento - 1935 até 1979 – capim angola - 1980 até 1982 – aveia pastejo - 1983 até 1991 – milho grão verão - 1992 até 2050 – coast cross
	Cana-de-açúcar (CA)	- 1935 - desmatamento - 1935 até 1989 – capim angola - 1990 até 2050 – cultivo de cana

No Cambissolo, as áreas foram desmatadas em 1935, onde a atual área com milho (*Zea mays*), silagem (MS) foi cultivada com espécies olerículas até 1973, capim angola sem adubação até 1985 e em seguida milho para silagem com duas colheitas anuais, adubados conforme recomendação. A área de Coast Cross (*Cynodon dactylon L.*), (CC), até 1979 foi usada com capim angola sem manejo de adubação e pastejo leve. De 1980 até 1982 a área foi usada para pastagem de aveia (*Avena strigosa*) consorciada com azevém (*Lolium multiflorum*), sob pastejo irrigado no inverno. Essa pastagem recebeu 80kg/ha de P_2O_5 no plantio e 100kg/ha de N e 100kg/ha de k_2O em cobertura. De 1983 até 1991 cultivado com milho no verão para grão. A partir de 1992 foi instalado um experimento com Coast Cross com 200 kg/ha de P_2O_5 mais 200 kg/ha de N e K_2O em cobertura até 2002, ano em que a adubação mudou para 1000 kg/ha de (20-05-20) mais 50 kg/ha de N em cobertura no verão. Calcário (3 t/ha) foi colocado na implantação do Coast Cross e mais 1000 kg/ha a cada dois anos. A área de cana-de-açúcar (*Saccarum offinarum L.*) (CA) foi cultivada com capim angola sem adubação e culturas olerículas até 1989. A cana-de-açúcar recebeu adubação somente até

o quinto ano, 300 kg/ha de 8-30-16 e produziu em torno de 70 t/ha nos primeiros quatro anos e depois essa produção foi diminuindo até 40 t/ha em função da falta de manejo adequado.

Análises físico/químicas

O carbono orgânico total (COT) foi determinado via combustão úmida (Yeomans & Bremner, 1988). Para a quantificação do nitrogênio total (NT), as amostras foram submetidas à digestão sulfúrica com posterior destilação Kjedahl (Tedesco et al., 1995).

Para liberar o C e N da biomassa microbiana para a solução extratora de K_2SO_4 0,5 mol/L utilizou-se o método de irradiação-extração (Islam & Weil, 1998), usando um forno de microondas com freqüência de 2450 MHz e energia de 900W durante 180 segundos (Islam & Weil, 1998; Ferreira et al., 1999). O C foi quantificado via oxidação úmida, enquanto o N foi quantificado por destilação Kjedahl, após digestão sulfúrica (Tedesco et al., 1995). Corrigida a umidade, o C microbiano (C_{MIC}) e N microbiano (N_{MIC}) foram calculados baseando-se na diferença das subamostras irradiadas e não irradiadas, utilizando-se um fator de conversão de fluxo (Kc) de 0,33 (Sparling & West, 1988) e 0,54 (Brookes et al., 1985) para C e N, respectivamente. O C_{MIC} e N_{MIC} foram usados para representar o compartimento de menor tempo de reciclagem no solo, ou seja, o ativo.

A fração leve livre particulada (FLLP) do solo foi separada, baseando-se no principio da diferença de densidade e tamanho (Cambardella & Elliott, 1994), em que a densidade do líquido (NaI) foi de 1,8 kg/L e a peneira usada para separar o material leve da solução extratora foi de 0.25 mm de diâmetro. O material retido na peneira foi lavado, seco a 65°C, triturado e analisado com um analisador Perkin Elmer series II 2400 CHNS/O. O C e N contidos nesse material foi usado para representar o compartimento com tempo de reciclagem intermediária, o seja, o lento.

O compartimento com tempo de reciclagem mais longo, o passivo, foi determinado por diferença: Passivo (C e N) = totais (COT e NT) – (ativo (C e N) + lento (C e N).

A transformação dos teores para estoques foi feita através da multiplicação dos teores pela densidade do solo.

Validação do modelo Century v4.5

Foram feitas simulações de equilíbrio (10000 anos) para a área de mata secundária, utilizando como dados de entrada no modelo as variáveis do local, como textura, densidade e clima (Quadro 2). Foi criado um arquivo para realizar a simulação de equilíbrio para a vegetação do tipo mata atlântica. Para todas as áreas, o modelo foi rodado para ajustar o submodelo de produção de planta, onde a produção primária ou produtividades das culturas

foram mantidas de acordo com dados de campo ou literatura, para depois rodar o modelo e gerar os valores de matéria orgânica do solo. Esse procedimento chama-se de simulação invertida, pois não se pode esperar bons resultados para o submodelo de matéria orgânica do solo se o submodelo de produção de planta está gerando valores irreais, uma vez que o segundo alimenta o primeiro.

Para cada um dos tratamentos, o modelo simulou a derrubada da mata atlântica e a conversão desta para os tratamentos estudados, estimando os estoques de C para cada compartimento ao longo dos anos (desmatamento até 2050). A simulação para os tratamentos foi iniciada com os dados gerados pela simulação de equilíbrio. Os valores simulados pelo Century para o mês de setembro foram comparados com os medidos, permitindo a validaç

O funcionamento do modelo Century, bem como dos seus submodelos, suas equações e pressupostos e a maneira como os coeficientes foram determinados podem ser obtidos com maiores detalhes em outros trabalhos (Parton et al., 1987; Parton et al., 1988; Leite & Mendonça, 2003).

Quadro 2. Principais variáveis de entrada usadas para as simulações com o modelo Century

Variáveis	Latossolo	Cambissolo
Areia (g/g)	0,35	0,41
Silte (g/g)	0,08	0,08
Argila (g/g)	0,57	0,51
Densidade do solo (g/cm³)	1,12	1,25
pH (H_2O)	4,25	4,25
Precipitação mensal (Jan à Dez) (cm/mês)	31,06; 19,48; 19,09; 8,20; 4,70; 2,67; 2,12; 2,17; 6,93; 12,09; 20,73; 28,90	
T^0C média mensal mínima (Jan à Dez) (^0C)	18,8; 19,1; 18,3; 16,1; 13,4; 10,9; 10,2; 11,5; 13,5; 16,1; 17,7; 18,5	
T^0C média mensal máxima (Jan à Dez) (^0C)	30,2; 30,8; 30,0; 28,1; 26,6; 25,6; 25,2; 26,6; 26,9; 27,9; 29,7; 27,8	

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Simulações de equilíbrio

Para a simulação de equilíbrio foram necessárias algumas alterações no arquivo de variáveis fixas do modelo (FIX.100), para que as taxas de decomposição dos compartimentos se ajustassem aos da mata em questão. Sem esse ajuste não seria possível rodar o modelo para condições tropicais, uma vez que este foi concebido e validado para situações de clima temperado. No arquivo de árvore (TREE.100), considerou-se produção primária de 6,0 t/ha/ano, produção esta, semelhante à encontrada para florestas tropicais (Silveira et al.,

2000). Depois destes ajustes feitos o modelo foi rodado simulando um período de 10000 anos, possibilitando a estabilização dos compartimentos.

No final dos 10000 anos, os compartimentos já se apresentaram estabilizados, conforme valores apresentados na Quadro 3. Para COT e seus compartimentos, os valores simulados foram muito próximos dos medidos, tanto para a mata sob Latossolo como sob Cambissolo. Para NT, os valores simulados foram semelhantes aos medidos, no entanto, para o compartimento lento, o modelo subestimou os valores medidos.

Com esses resultados, pode-se esperar que o modelo seja capaz de simular de maneira satisfatória os estoques de COT e seus compartimentos. Para N, mesmo com pequemos desvios nos compartimentos, pode-se esperar bons resultados rodando o modelo para cenários de campo.

Quadro 3. Comparação entre os Estoques de C e N nos diferentes compartimentos observados no campo e estimados pelo modelo century por meio de simulação de equilíbrio de 10000 anos, em Coronel Pacheco/MG

Compartimentos[/1]	Estoques (t/ha)		Compartimentos[/2]	Estoques (t/ha)	
	Observado	Estimado		Observado	Estimado
Mata latossolo					
COT	49,52 (2,77)	49,14	NT	4,48 (0,19)	4,36
C ativo	1,31 (0,10)	1,38	N ativo	0,14 (0,02)	0,11
C lento	3,84 (0,29)	3,87	N lento	0,36 (0,07)	0,20
C passivo	43,35 (2,45)	43,89	N passivo	3,98 (0,15)	4,04
Mata Cambissolo					
COT	60,64 (1,53)	60,33	NT	4,89 (0,16)	4,97
C ativo	1,92 (0,13)	1,87	N ativo	0,15 (0,02)	0,16
C lento	5,29 (0,54)	5,24	N lento	0,63 (0,02)	0,33
C passivo	53,43 (1,72)	53,23	N passivo	4,11 (0,16)	4,48

[/1] Carbono orgânico total (COT) e compartimentos ativo (C ativo), lento (C lento) e passivo (C passivo); [/2] Nitrogênio total (NT) e compartimentos ativo (N ativo), lento (N lento) e passivo (N passivo)

Simulação dos cenários de campo na área de latossolo

Partindo dos valores obtidos pelas simulações de equilíbrio para a mata sobre o Latossolo, podemos ver o comportamento do COT e NT e respectivos compartimentos (ativo, lento e passivo) nas Figuras 1 e 2. Por ocasião do desmatamento (ano de 1950), os estoques de COT e NT e respectivos compartimentos (ativo e lento) aumentaram consideravelmente, no entanto, poucos anos foram suficientes para que esses estoques retornassem a valores similares aos originais. Trata-se de um comportamento esperado (Stevenson, 1994), pois mesmo com a queimada após o desmatamento, muito material vegetal oriundo da parte aérea da vegetação nativa ainda permanece na área, o qual é incorporado, aumentando assim, principalmente o compartimento ativo e lento, e por conseqüência, os estoques totais.

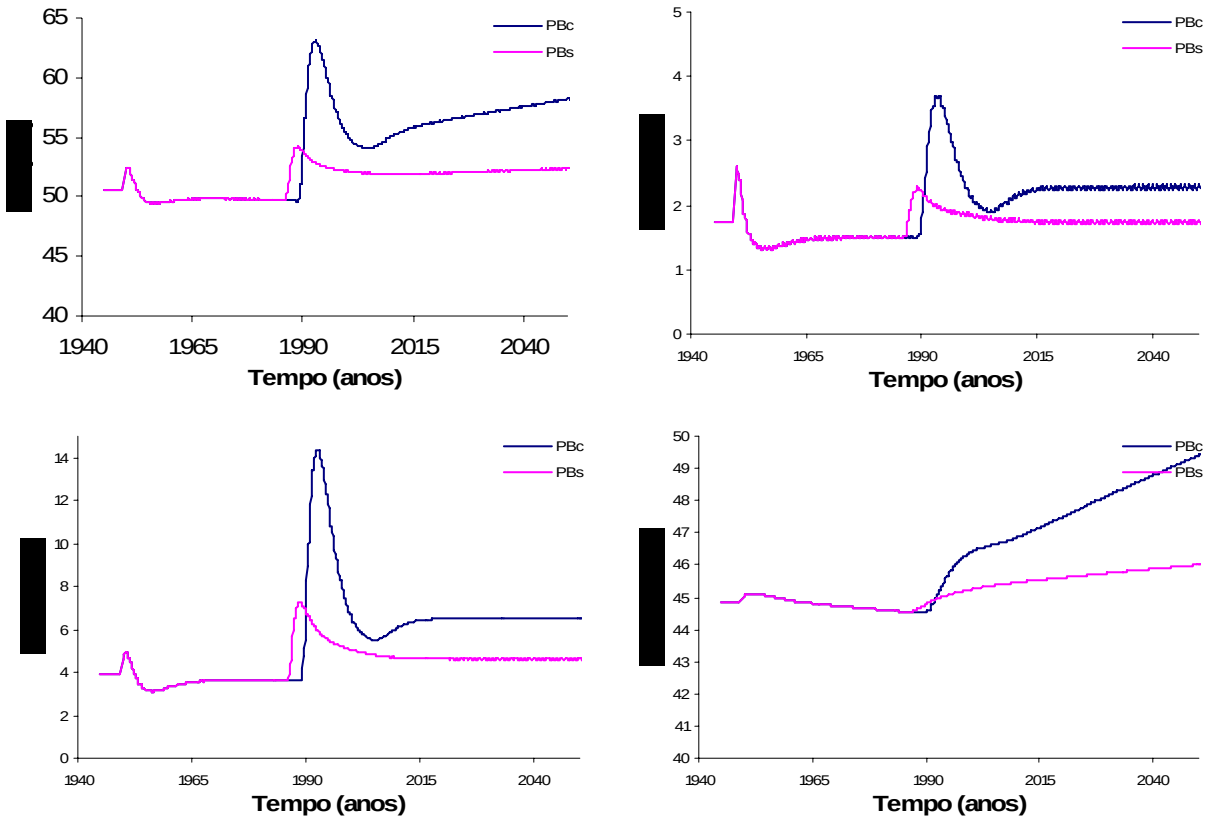

Figura 1. Estoques de carbono orgânico total (COT), compartimentos ativo (C ativo), lento (C lento) e passivo (c passivo) na área de Latossolo para pastagem de braquiária com adubação (PBc) e sem adubação (PBs), estimados pelo modelo Century, para Coronel Pacheco/MG. (Dados de origem variam mensalmente)

No ano de 1985 (PBs) e 1988 (PBc), na ocasião da subsituição do capim angola pela braquiária, os estoques totais de COT, NT e compartimentos apresentaram elevação significativa, apresentando redução nos anos posteriores, com exceção para o C passivo. Esse efeito é proporcionado pela incorporação via aração e gradagem dos resíduos vegetais sobre a superfície, provenientes de longos anos de acúmulo pelo capim angola, mas que não se mantém, devido a decomposição desse material. Com a aração e gradagem, esse material tem sua decomposição acelerada, e em poucos anos, os compartimentos mais lábeis retornam aos estoques iniciais. Esse comportamento é semelhante ao que acontece por ocasião do desmatamento, e também foi observado após substituição de pastagens nativas por cultivos anuais na Rússia (Mikhailova et al., 2000).

Os estoques de COT e compartimentos ativo, lento e passivo foram maiores no tratamento com adubação (PBc) em relação ao sem adubação (PBs) (Figura 1). Em termos quantitativos, o efeito positivo da adubação para o ano de 2050 foi de 5,90, 0,54, 1,89 e 3,44 t/ha para o COT e compartimentos ativo, lento e passivo, respectivamente. Esse ganho de C foi proporcionado pela maior produção de biomassa vegetal na área adubada, ou seja, um maior aporte de C. Isto mostra a importância que deve ser dada a adubação em planos de

manejo em fertilidade do solo. Para NT e compartimentos ativo, lento e passivo, o mesmo comportamento foi observado (Figura 2). O aumento de cultivos de trigo num determinado tempo causou o mesmo efeito, ou seja, aumento nos estoques de C e N no solo, e esse aumento foi atribuído a uma maior produção de biomassa (Franzluebbers et al., 1994). O uso de rotações que proporcionam um maior aporte de material vegetal, aliados a uma menor taxa de revolvimento, também proporcionam aumento nos estoques de COT no solo (Amado et al., 2001; Debarba, 2002).

A substituição da mata secundária por pastagens não causou redução nos estoques de C e N no solo (Figura 1 e 2). As pastagens perenes dispensam operações de revolvimento do solo, mantendo assim, o C e N mais protegidos física e coloidalmente do ataque microbiano (Stevenson, 1994; Sá et al., 2002).

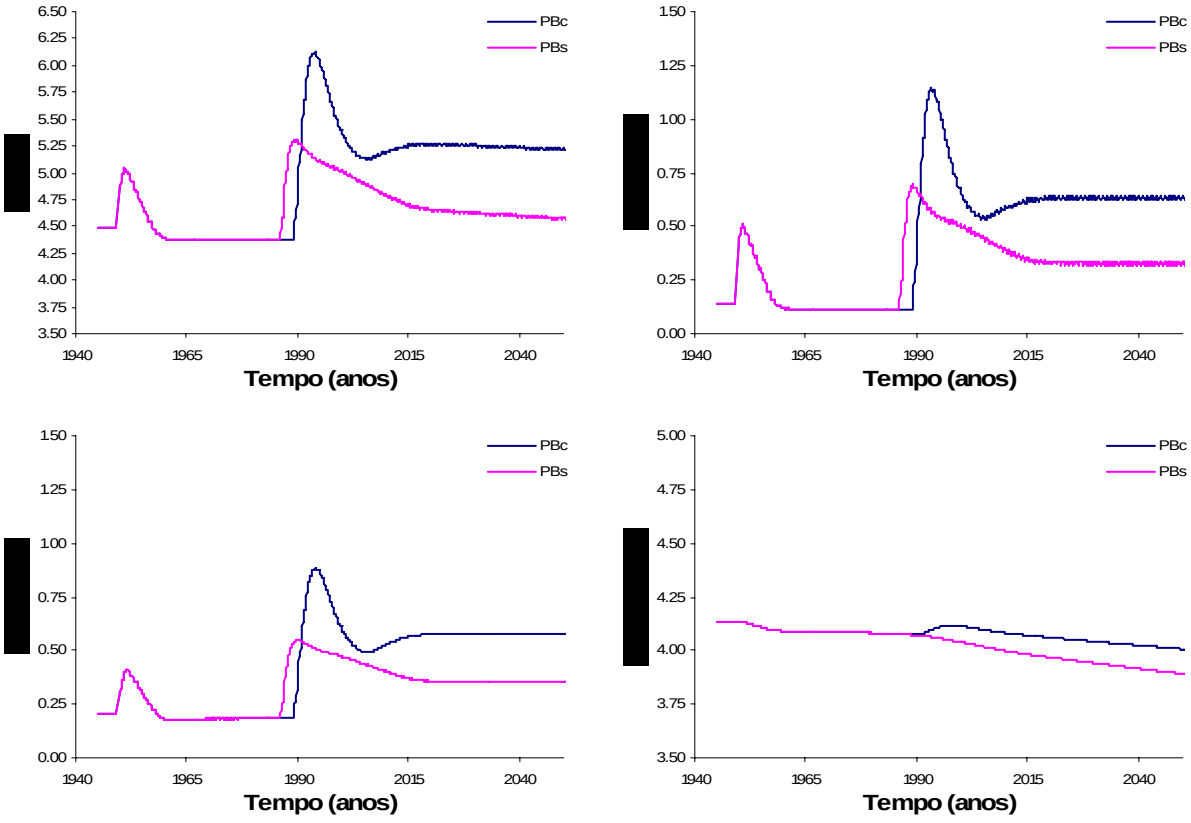

Figura 2. Estoques de Nitrogênio total (NT), compartimentos ativo (N ativo), lento (N lento) e passivo (N passivo) na área de Latossolo para pastagem de braquiária com adubação (PBc) e sem adubação (PBs), estimados pelo modelo Century, para Coronel Pacheco/MG. (Dados de origem variam mensalmente)

Simulação dos cenários de campo na área de Cambissolo

As Figuras 3 e 4 apresentam as dinâmicas dos estoques simulados de COT, NT e respectivos compartimentos para as áreas de Cambissolo (solo aluvial). Por se tratar de uma

área de solo aluvial, onde a retenção de água é maior, o local foi favorável a estoques de COT e NT iniciais maiores em relação à área de latossolo.

Nas simulações realizadas pelo modelo century, os tratamentos com coast cross (CC) e cana-de-açúcar (CA) não sofreram grandes alterações em seus estoques de COT e NT, bem como para os compartimentos passivos. Após a derrubada da mata secundária, o manejo nessas áreas foi pouco impactante, ou seja, quase sem revolvimento de solo, com exceção para CC, onde se cultivou aveia e milho por alguns anos (de 1980 a 1991). Esse período com culturas anuais, provocou uma leve diminuição nos estoques de COT e NT no solo, mas que com a introdução do coast cross, os estoques tiveram recuperação e se mantiveram estáveis até 2050.

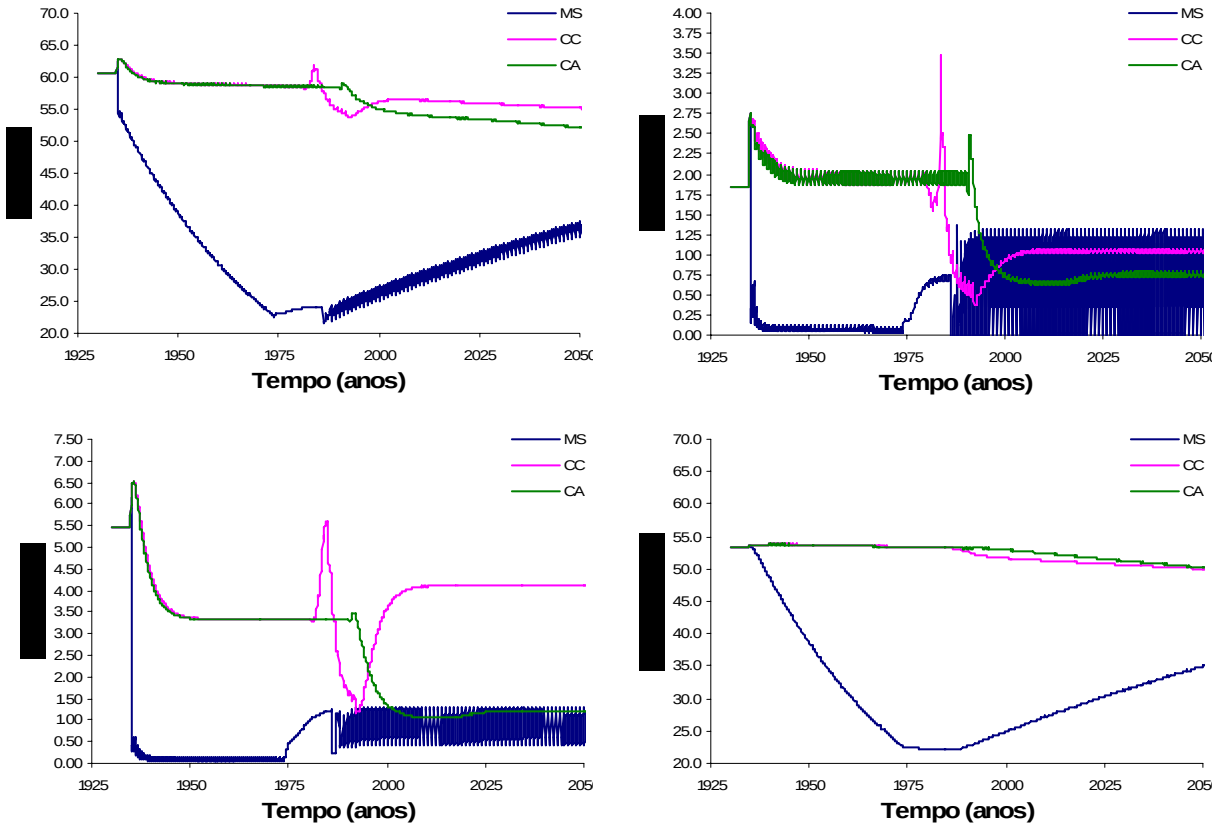

Figura 3. Estoques de carbono orgânico total (COT), compartimentos ativo (C ativo), lento (C lento) e passivo (C passivo) na área de Cabissolo para milho silagem (MS), Coast Cross (CC) e cana-de-açúcar (CA), estimados pelo modelo Century, para Coronel Pacheco/MG. (Dados de origem variam mensalmente)

A introdução da cana-de-açúcar (CA) em 1980, resultou em pequena diminuição nos estoques simulados pelo Century. Em simulações realizadas também pelo modelo century no estado de São Paulo, o cultivo da cana-de-açúcar causou redução nos estoques de COT de 28% já nos primeiros 12 anos após a implantação e 42% após simulação de 50 anos (Silveira et al., 2000). No trabalho atual, a redução foi menor, no entanto, certamente seria maior se o modelo century, em seu submodelo de produção de planta considerasse uma menor

produtividade ao longo dos anos. Essa perda de produtividade foi constatada no campo, e causada pela falta de reposição de nutrientes e pela perda do vigor, uma vez que não é replantada conforme a recomendação (em média a cada cinco anos). Como estratégias para evitar a perda e ainda melhorar os estoques de C e N em áreas de cana-de-açúcar seria reduzir ou eliminar as queimadas e usar adubação nitrogenada, conforme simulações realizadas na Austrália (Vallis et al., 1996). Com o uso do fogo, ambos, C e N são perdidos para a atmosfera. A adubação nitrogenada aumenta a quantidade e qualidade do material vegetal que entra no sistema, permitindo assim, aumentar os estoques destes elementos no solo.

A área atualmente usada para milho silagem (MS) foi a que mais sofreu redução nos estoques de COT e NT (e respectivos compartimentos) simulados pelo modelo century. Segundo o modelo, não é o cultivo do milho silagem que foi o responsável por essa perda nos estoques, e sim, o intenso cultivo de olerículas cultivadas nessa área até o ano de 1973. O cultivo de olerículas exige um intenso revolvimento do solo mantendo-o descoberto por longos períodos, e quase toda a produção é exportada da área. Esses fatos justificam essa perda nos estoques totais e nos compartimentos de C e N. O intenso revolvimento acelera a oxidação do material vegetal produzido pelas raízes (Stevenson, 1994) e deixando os compostos de C e N de maior recalcitrância ou intra-agregados mais expostos a atividade microbiana (Six et al., 2002). Aliado ao problema causado pela maior oxidação dos compostos presentes no solo, a quantidade adicionada é mínima. Sendo a entrada mínima, não há manutenção ou elevação destes estoques de C e N, que são diretamente dependentes da entrada de material no sistema (Amado et al., 2001; Debarba, 2002).

Os compartimentos ativo e lento foram os mais afetados pelas mudanças de culturas (Figuras 3 e 4). Para CC e CA os estoques simulados aumentaram nos primeiros anos, permaneceram constantes até as intervenções de mudança de culturas, aveia e milho para CC e cana de açúcar para CA. Após essas intervenções, os estoques de C e N ativo e lento diminuíram em CC, mas com a introdução do coast cross os estoques apresentaram pequena recuperação, devido ao aumento de produção de biomassa.

Em relação aos estoques de C e N no compartimento passivo, em CC e CA os valores simulados sofreram uma leve diminuição em relação aos iniciais, indicando que esse compartimento é menos afetado pelo uso e manejo, principalmente quando este for pouco impactante e produzir boa quantidade de biomassa. O mesmo não pode ser observado para MS, onde o manejo foi muito impactante por ocasião de longos anos de cultivo de olerículas, apresentando redução nos estoques simulados de C e N passivos maiores que 50%. Esses estoques apresentam recuperação por ocasião do início da cultura do milho para silagem em 1986. O cultivo de milho para silagem é muito impactante, uma vez que toda parte aérea é

removida do local, mas no presente estudo, os estoques de C e N foram recuperados, talvez pelo fato de que no início dessa atividade os estoques no solo estavam abaixo do limite de equilíbrio, permitindo a recuperação. O milho também é uma cultura que produz grande quantidade de biomassa radicular, a qual contribui para essa melhoria.

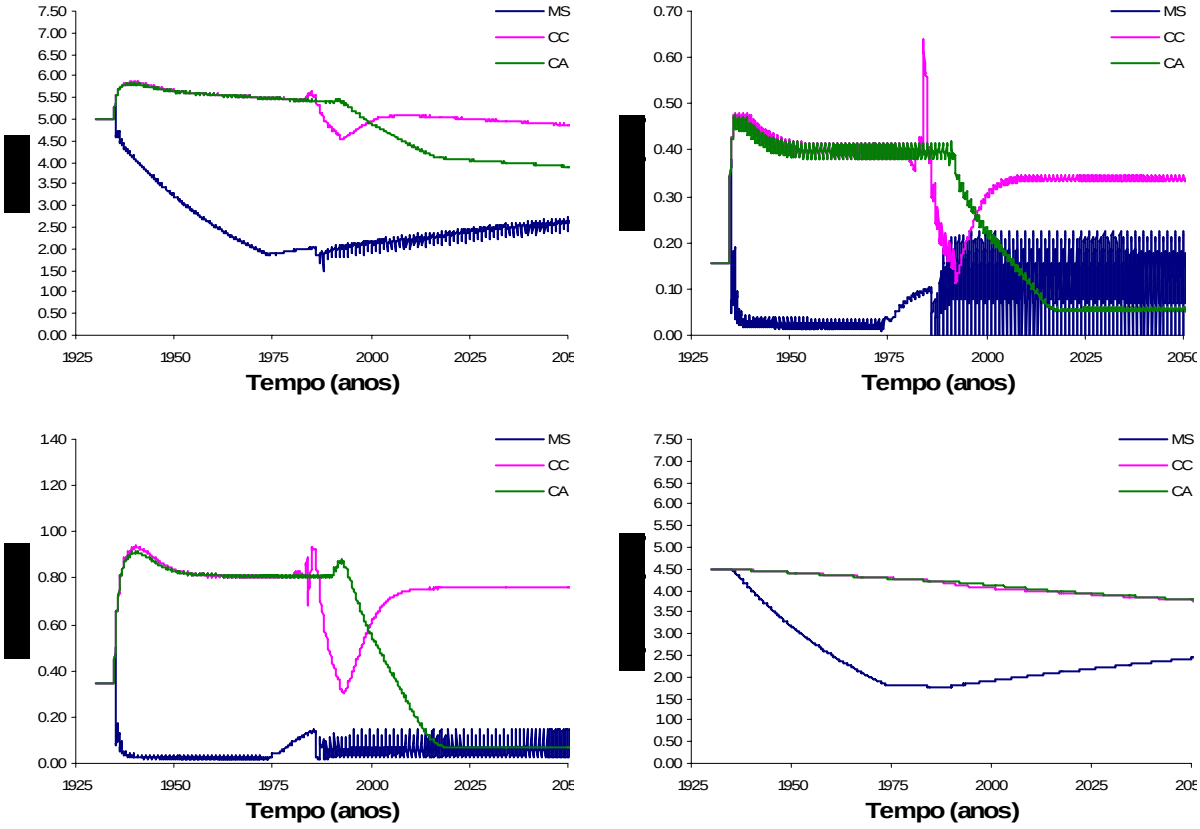

Figura 4. Estoques de Nitrogênio total (NT), compartimentos ativo (N ativo), lento (N lento) e passivo (N passivo) na área de Cabissolo para milho silagem (MS), Coast Cross (CC) e cana-de-açúcar (CA), estimados pelo modelo Century, para Coronel Pacheco/MG. (Dados de origem variam mensalmente)

Comparação dos estoques simulados e medidos

Os estoques de COT simulados foram muito próximos aos estoques medidos (Quadro 4). Para os tratamentos PBc, PBs, MS e CC, as diferenças foram muito pequenas, menores que 3%, e dentro do limite que o erro padrão da média permite. Já para CA, o modelo subestimou em cerca de 13% os estoques simulados em relação aos medidos. Mas mesmo assim, não se trata de uma diferença muito grande, uma vez que a variabilidade do COT no solo é alta. Esses resultados vem reforçar a capacidade do modelo Century em simular adequadamente os estoques de COT em solos tropicais, corroborando com resultados de outros trabalhos, também realizados em solos de regiões tropicais (Liang et al., 1996; Leite et al., 2004a; Leite et al., 2004b).

Quadro 4. Comparação entre os estoques simulados pelo modelo century e os obtidos no campo via métodos laboratoriais para carbono orgânico total (COT) e compartimentos ativo (C ativo), lento (C lento) e passivo (C passivo) em Coronel Pacheco/MG

Solo/trat[/1]	Compartimento	Simulado	Observado
Latossolo			
PBc	COT(t/ha)	54,03	55,50 (3,51)[/2]
	C Ativo (t/ha)	1,89	1,21 (0,14)
	C Lento (t/ha)	5,52	1,83 (0,12)
	C Passivo (t/ha)	46,62	52,47 (3,29)
PBs	COT(t/ha)	51,94	51,20 (0,45)
	C Ativo (t/ha)	1,77	1,10 (0,04)
	C Lento (t/ha)	4,81	2,11 (0,26)
	C Passivo (t/ha)	45,36	47,99 (0,30)
Cambissolo			
MS	COT(t/ha)	27,39	27,46 (1,04)
	C Ativo (t/ha)	0,35	0,32 (0,02)
	C Lento (t/ha)	1,11	1,43 (0,08)
	C Passivo (t/ha)	25,93	25,71 (0,98)
CC	COT(t/ha)	56,48	56,57 (4,79)
	C Ativo (t/ha)	1,00	0,99 (0,13)
	C Lento (t/ha)	4,00	2,44 (0,14)
	C Passivo (t/ha)	51,48	53,15 (4,91)
CA	COT(t/ha)	54,56	45,66 (0,90)
	C Ativo (t/ha)	0,64	0,78 (0,06)
	C Lento (t/ha)	1,13	1,51 (0,20)
	C Passivo (t/ha)	52,78	43,36 (1,06)

[/1] PBc – pastagem de braquiária com adubação, PBs – pastagem de braquiária sem adubação, MS – milho para silagem, CC – pastagem de coast cross, e CA – lavoura de cana-de-açúcar.
[/2] Valores entre parênteses referem-se ao erro padrão da média.

Para o compartimento ativo (Quadro 4), os estoques simulados também foram muito próximos dos observados, porem um pouco superiores, com exceção para CA, onde foram um pouco inferiores. Para esse compartimento, que varia constantemente no solo em função de mudanças na umidade, na temperatura e no estágio de desenvolvimento das culturas, deve-se ter cautela ao comparar estoques simulados e medidos. As Figuras 1 e 3 permitem ter a visão dessa variação dentro de determinado período. As diferenças entre os valores medidos e simulados foram muito semelhantes aos encontrados em outros trabalhos (Motavalli et al., 1994; Leite et al., 2004a; Leite et al., 2004b), no entanto, no presente trabalho, os valores estimados foram subestimados pelo modelo Century.

Na área de latossolo, nos tratamentos PBc e PBs, os estoques simulados pelo modelo para o compartimento lento (Quadro 4), foram superiores em mais de 100 % em relação aos medidos. Essa grande diferença é devido ao modelo Century considerar um tempo de ciclagem muito longo para esse compartimento (20 a 50 anos), o que para condições tropicais, pode não representar a realidade. Contudo, a fração leve livre particulada (FLLP), usada neste trabalho, não inclui materiais menores de 0,25 mm e outros compostos, que por ventura fazem

parte desse compartimento, conforme salientado por outros autores (Motavalli et al., 1994). Em MS, onde o revolvimento do solo foi intenso, e em CA, onde foi usado fogo, os estoques simulados para o C lento, foram inferiores aos medidos. Isto mostra a sensibilidade do modelo aos eventos de manejo adotados, uma vez que são práticas que favorecem a decomposição do material fresco, principalmente o fogo, onde o material vegetal é transformado em CO_2.

O compartimento passivo (Quadro 4), apresentou os maiores estoques, sempre representando uma parcela maior do que 86 % do COT. Em solos de clima temperado esse cenário é diferente, onde, na maioria das vezes, esse compartimento representa de 30 a 50% do COT. Essa grande proporção de C no compartimento passivo é devido a decomposição microbiana acelerada dos materiais dos compartimentos ativo e lento, devido a umidade e altas temperaturas (Stevenson, 1994), bem como pelo caráter argiloso do presente solo, onde predominam argilas do tipo caulinita e óxidos de ferro, que oferecem resistência a decomposição (Stevenson, 1994; Six et al., 2002), mantendo os estoques deste compartimento elevados.

Em relação ao NT e N passivo, os estoques simulados pelo modelo century foram semelhantes aos medidos (Quadro 5), com diferenças inferiores à 20%. Porém, para os compartimentos N ativo e N lento, as diferenças entre os valores simulados e medidos foram grandes (maiores que 50%).

Estes resultados indicam que, o modelo tem potencial para simular os estoques de NT e o compartimento N passivo, justamente onde os estoques são maiores, e onde os estoques são pequenos (N ativo e N lento), ajustes no modelo devem ser efetuados, para fins de obter melhores resultados. A maioria dos trabalhos referentes ao modelo Century trazem resultados referentes a C e poucos referentes à dinâmica de N no solo. No entanto, o bom desempenho para NT, foi constatado em trabalho realizado também no estado de Minas Gerais, para condição de clima semelhante (Leite et al., 2004b; Leite et al., 2004a).

Quadro 5. Comparação entre os estoques simulados pelo modelo Century e os obtidos no campo via métodos laboratoriais para nitrogênio total (NT) e compartimentos ativo (N ativo), lento (N lento) e passivo (N passivo), em Coronel Pacheco/MG

Solo/trat[/1]	Compartimento	Simulado	Observado
Latossolo			
PBc	NT (t/ha)	5,13	5,19 (0,24)[/2]
	N Ativo (t/ha)	0,54	0,12 (0,01)
	N Lento (t/ha)	0,50	0,18 (0,02)
	N Passivo (t/ha)	4,10	4,89 (0,22)
PBs	NT (t/ha)	4,90	4,20 (0,11)
	N Ativo (t/ha)	0,44	0,12 (0,01)
	N Lento (t/ha)	0,44	0,14 (0,04)
	N Passivo (t/ha)	4,02	3,94 (0,08)
Cabissolo			
MS	NT (t/ha)	2,14	2,86 (0,08)
	N Ativo (t/ha)	0,08	0,05 (0,01)
	N Lento (t/ha)	0,10	0,62 (0,01)
	N Passivo (t/ha)	1,96	2,74 (0,07)
CC	NT (t/ha)	5,06	5,30 (0,31)
	N Ativo (t/ha)	0,32	0,11 (0,01)
	N Lento (t/ha)	0,71	0,22 (0,04)
	N Passivo (t/ha)	4,03	4,97 (0,29)
CA	NT (t/ha)	4,67	3,90 (0,08)
	N Ativo (t/ha)	0,17	0,12 (0,01)
	N Lento (t/ha)	0,41	0,11 (0,02)
	N Passivo (t/ha)	4,09	3,68 (0,11)

[/1] PBc – pastagem de braquiária com adubação, PBs – pastagem de braquiária sem adubação, MS – milho para silagem, CC – pastagem de coast cross, e CA – lavoura de cana-de-açúcar. [/2] Valores entre parênteses referem-se ao erro padrão da média.

CONCLUSÕES

Os estoques simulados de C e N, bem como nos seus compartimentos, foram sensíveis às alterações de manejo. Os compartimentos, ativo e lento, responderam de forma mais imediata a essas alterações, possibilitando seu uso como indicadores prematuros da qualidade do solo.

Para o ano de 2050, para a área de latossolo, os estoques simulados pelo modelo Century mostram a importância da adubação para a melhoria dos estoques totais e compartimentos de C e N. Na área de cambissolo, o modelo mostrou-se sensível ao intenso revolvimento do solo, mostrando o impacto negativo dessa prática nos estoques totais e compartimentos de C e N, simulados.

O modelo Century apresentou grande potencial para simular a dinâmica dos estoques totais de C e N para solos tropicais, comprovado pela semelhança entre os valores simulados e medidos no campo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à EMBRAPA/CNPGL pela concessão das áreas de estudo, como também à CAPES, FAPEMIG, CNPq e ao DPS/UFV, pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS CITADAS

AMADO, T.J.C., BAYER, C., ELTZ, F.L.F. & BRUM, A.C.R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 25: 189-197, 2001.

BROOKES, P.C., LANDMAN, A., PRUDEN, G. & JENKINSON, D.S. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure soil microbial biomass nitrogen in soil. Soil Biology Biochemistry, 17: 837-842, 1985.

CAMBARDELLA, C.A. & ELLIOTT, E.T. Carbon and nitrogen dinamics of soil organic matter fractions from cultivated grassland soil. soil Science Society America Journal, 58: 123-130, 1994.

CERRI, C.E.P., COLEMAN, K., JENKINSON, D.S., BERNOUX, M., VICTORIA, R. & CERRI, C.C. Modeling soil carbon from forest and pasture ecosystems of Amazon, Brazil. Soil Sci. Soc. Am. J., 67: 1879-1887, 2003.

DEBARBA, L., Simulação pelo modelo century do impacto da agricultura sobre o estoque de Carbono orgânico em solos do Planalto Riograndense. Doctor Science Thesis, UFRGS, Porto Alegre, 2002. 172 pp.

FERREIRA, A.S., CAMARGO, F.A.O. & VIDOR, C. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 23: 991-996, 1999.

FRANZLUEBBERS, A.J., HONS, F.M. & ZUBERER, D.A. Long-term changes en soil carbon and nitrogen pools in wheat management systems. Soil Sci. Soc. Am. J., 58: 1639-1645, 1994.

ISLAM, K.R. & WEIL, R.R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. Biology and Fertility Soils, 27: 408-416, 1998.

LEITE, L.F.C., MENDONÇA, E.D.S., MACHADO, P.L.O.D.A., FILHO, E.I.F. & NEVES, J.C.L. Simulating trends in soil organic carbon of an Acrisol under no-tillage and disc-plow systems using the Century model. Geoderma, 120: 283-295, 2004a.

LEITE, L.F.C., MENDONÇA, E.M., MACHADO, P.L.O.D.A., NEVES, J.C.L. & FERNANDES FILHO, E.I. Simulação pelo modelo Century da dinâmica da matéria orgânica de um argissolo sob adubação mineral e orgânica. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 28(2): 347-358, 2004b.

LEITE, L.F.C. & MENDONÇA, E.S. Modelo century de dinâmica da matéria orgânica do solo: Equações e pressupostos. Ciência Rural, 33: 679-686, 2003.

LIANG, B.C., GREGORICH, E.G. & MACKENZIE, A.F. Modeling of organic and inorganic amendments on organic matter in Quebec soil. Soil Science, 161: 109-114, 1996.

MIKHAILOVA, E.A., BRYANT, R.B., DEGLORIA, S.D., POST, C.J. & VASSENEV, I.I. Modeling soil organic matter dynamics after conversion of native grassland to long-term continuous fallow using the CENTURY model. Ecological Modelling, 132: 247-257, 2000.

MOLINA, J.A.E. & SMITH, P. Modeling carbon and nitrogen processes in soil. Advances in Agronomy, 62: 253-298, 1998.

MOTAVALLI, P.P., PALM, P.C.A., PARTON, W.J., ELLIOT, E.T. & FREYS, S.D. Comparasion of laboratory and modeling simulations methods for estimating soil carbon pools in tropical forest soils. Soil Biology & Biochemistry, 26: 935-944, 1994.

PARTON, W.J., SCHIMEL, D.S., COLE, C.V. & OJIMA, D.S. Analisys of factors controlling soil organic matter levels in great plais grasslands. Soil Sci. Soc. Am. J., 51: 1173-1179, 1987.

PARTON, W.J., STEWART, J.W.B. & COLE, C.V. Dinamics of C, N, P and S in grasslland soils: a model. Biogechem., 5: 109-131, 1988.

REEVES, D.W. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. Soil & Tillage Research, 43: 131-167, 1997.

SÁ, J.C.M., CERRI, C.C., DICK, W.A., LAL, R., VENZKE FILHO, S.P., PICCOLO, M.C. & FEIGL, B.E. Soil microbial biomass and organic components affected by no-tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. Soil Biology and Biochemistry, 2002.

SHAFFER, M.J. & HANSEN, S., 2001. Introduction to simulation of carbon and nitrogen dynamics in soils. In: M.J. SHAAFFER&S. HANSEN (Editors), Modeling carbon and nitrogen dynamics for soil management. Lewis Publishers, Boca Raton, pp. p11-26.

SILVEIRA, A.M., VICTORIA, R.L., BALLESTER, M.V., CAMARGO, P.B., MARTINELLI, L.A. & PICCOLO, M.D.C. Simulação dos efeitos das mudanças do uso da terra na dinâmica de carbono no solo na bacia do rio Piracicaba. Pesq. agropec. bras., 35: 389-399, 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, 241: 155-176, 2002.

SMITH, P., SMITH, J.U., POWLSON, D.S., MCGILL, W.B., ARAH, J.R.M., CHERTOV, O.G., COLEMAN, K., FRANKO, U., FROLKING, S., JENKINSON, D.S., JENSEN, L.S., KELLY, R.H., KLEIN-GUNNEWIEK, H., KOMAROV, A.S., LI, C., MOLINA, J.A.E., MUELLER, T., PARTON, W.J., THORNLEY, J.H.M. & WHITMORE, A.P. A comparison of the performance of nine soil organic matter models using datasets from seven long-term experiments. Geoderma, 81: 153-225, 1997.

SPARLING, G.P. & WEST, A.W. A direct extration method to estimate soil microbial C: Calibration in situ using microbial and ^{14}C labelled cells. Soil Biology & Biochemistry, 20: 337-343, 1988.

STEVENSON, F.J., Humus chemistry: genesis, composition, reactions. John Wiley & Sons, 1994. 496 pp.

TEDESCO, M.J., BOHNEM, H., GIANELLO, C., BISSANI, C.A. & VOLKWEISS, S.J., Análise de solo, plantas, e outros materiais. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995. 174p pp.

VALLIS, I., PARTON, W.J., KEATING, B.A. & WOOD, A.W. Simulation of the effects of trash and N fertilizer management on soil organic matter levels and yields of sugarcane. Soil & Tillage Research, 38: 115-132, 1996.

WATSON, R.T., NOBLE, I.R., BOLIN, B., RAVINDRANATH, N.H., VERARDO, D.J. & DOKKEN, D.J., Land use, land use change and forestry: a special report of the IPCC. Cambridge. Universy Press, Cambridge, 2000. 377 pp.

YEOMANS, J.C. & BREMNER, L.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. Communication in Soil Science Plant Analisys, 19: 1467-1476, 1988.

CONCLUSÕES GERAIS

Os resultados apresentados nos cinco artigos científicos que compõem a presente tese permitem uma melhor compreensão acerca da dinâmica da matéria orgânica em diferentes sistemas de produção em solos tropicais, bem como acerca do uso do modelo Century para simular os efeitos destes sistemas.

Em todos os sistemas estudados (agrossilvipastoril, florestal, culturais anuais e pastagens), o efeito do continuo preparo ou uso do fogo, afetou negativamente a matéria orgânica do solo, indicando que essas práticas deverão ser evitadas, sempre que possível. Nesse sentido, sistemas livres dessas práticas, como o plantio direto, deverão ser usados para melhoria da qualidade orgânica do solo.

O uso de compartimentalização é uma ferramenta importante no estudo da matéria orgânica do solo, uma vez que, cada compartimento responde de maneira diferenciada ao manejo adotado. Neste sentido, verifica-se que os compartimentos mais lábeis, ou seja, aqueles de ciclagem mais rápida, respondem mais rapidamente as alterações de manejo, podendo ser usados como indicadores da qualidade do solo.

Tradicionalmente é usado o C lábil extraído com $KMnO_4$ para calcular o índice de manejo de C (IMC). Mas neste trabalho propôs-se também o uso de frações de C extraídas com baixas concentrações de H_2SO_4 ou o C da fração leve livre particulada do solo para esse cálculo, mostrando-se como alternativas viáveis ao tradicional.

O modelo Century simulou, tanto para estoques totais de C e respectivos compartimentos, valores muito próximos aos medidos no campo, mostrando ser esta uma ferramenta de grande utilidade para o estudo de C no solo. Em relação ao N, o modelo simulou valores muito próximos para estoques totais, mas para os compartimentos, os estoques simulados ficaram mais distantes, evidenciando que ainda é necessário trabalhar no sentido de melhorar o modelo para esse elemento.

Assim, chega-se a conclusão que o modelo pode ser usado para condições de solos tropicais, inclusive para fazer simulações futuras, através da criação de cenários. Desta forma, pode-se saber antes da implantação de determinado uso ou manejo, se vão acontecer melhorias na qualidade biológica do solo.

Mesmo que os resultados sobre o modelo Century terem sido considerados satisfatórios, este ainda deverá ser melhorado, principalmente para que possa ser utilizado em sistemas mistos, como no caso de consórcios ou agrossilvipastorís.

ANEXOS

Anexo 1. Esquema dos arquivos utilizados pelo Century v4.5 (event.100) para as simulações de equilíbrio para a área de Sete Lagoas e as duas áreas de Coronel Pacheco/MG

Sete Lagoas (Latossolo)

```
1          Starting year
10001      Last year
site.100   Site file name
0          Labeling type
-1         Labeling year
-1.00      Microcosm
-1         CO2 Systems
-1         pH shift
-1         Soil warming
0          N input scalar option
0          OMAD scalar option
2          Initial system
           Initial crop
CN[1]      Initial tree

Year Month Option
1          Block # equilibrium
10000      Last year
1          Repeats # years
1          Output starting year
7          Output month
1200       Output interval
M          Weather choice
  1    1 TREE
CN
  1    4 TLST
  1    8 TFST
-999 -999 X
2          Block #  tree removal
10001      Last year
1          Repeats # years
10001      Output starting year
12         Output month
1          Output interval
M          Weather choice
  1    1 TREE
CN
  1    4 TLST
  1    5 TFST
  1    7 TREM
CC
  1    7 TLST
  1    8 FIRE
H
  1    8 TREM
BURN
-999 -999 X
```

Coronel Pacheco (Latossolo)

```
1          Starting year
10001      Last year
site.100   Site file name
0          Labeling type
-1         Labeling year
-1.00      Microcosm
-1         CO2 Systems
-1         pH shift
-1         Soil warming
0          N input scalar option
0          OMAD scalar option
2          Initial system
           Initial crop
FAL[2]     Initial tree

Year Month Option
1          Block #   equilibrium 10000
Last year
1          Repeats # years
1          Output starting year
9          Output month
1200       Output interval
M          Weather choice
  1    1 TREE
FAL
  1    4 TLST
  1    8 TFST
-999 -999 X
2          Block #   tree removal
10001      Last year
1          Repeats # years
10001      Output starting year
1          Output month
1          Output interval
M          Weather choice
  1    1 TREE
FAL
  1    4 TLST
  1    5 TFST
  1    7 TREM
CC
  1    7 TLST
  1    8 FIRE
H
  1    8 TREM
BURN
-999 -999 X
```

Coronel Pacheco (Cambissolo)

```
1          Starting year
10001      Last year
site.100   Site file name
0          Labeling type
-1         Labeling year
-1.00      Microcosm
-1         CO2 Systems
-1         pH shift
-1         Soil warming
0          N input scalar option
0          OMAD scalar option
2          Initial system
           Initial crop
FAC[3]     Initial tree

Year Month Option
1          Block #   equilibrium
10000      Last year
1          Repeats # years
1          Output starting year
9          Output month
1200       Output interval
M          Weather choice
  1    1 TREE
FAC
  1    4 TLST
  1    8 TFST
-999 -999 X
2          Block #   tree removal
10001      Last year
1          Repeats # years
10001      Output starting year
1          Output month
1          Output interval
M          Weather choice
  1    1 TREE
FAC
  1    4 TLST
  1    5 TFST
  1    7 TREM
CC
  1    7 TLST
  1    8 FIRE
H
  1    8 TREM
BURN
-999 -999 X
```

[1] Cerrado
[2] Floresta atlântica sob latossolo (secundária)
[3] Floresta atlântica sob Cambissolo (secundária)

Anexo 2. Esquema dos arquivos utilizados pelo Century v4.5 (event.100) para as simulações dos tratamentos para a área de Sete Lagoas/MG

```
Área de Pinus (PIN)
1969        Starting year
2004        Last year
SITE.100    Site file name
0           Labeling type
-1          Labeling year
-1.00       Microcosm
-1          CO2 Systems
-1          pH effect
-1          Soil warming
0           N input scalar option
0           OMAD scalar option
2           Initial system
PB          Initial crop
PIN         Initial tree

Year Month Option
1           Block #   (braquiária)
1972        Last year
1           Repeats # years
1969        Output starting year
1           Output month
1           Output interval
M           Weather choice
  1   1 CROP
PB
  1   1 GRAZ
GH
  1   2 GRAZ
GH
  1   3 GRAZ
GH
  1   5 SENM
  1   6 LAST
  1   7 FIRE
H
  1   9 PLTM
  1  11 GRAZ
GH
  1  12 GRAZ
GH
-999 -999 X
2           Block #   (fim braquiária)
1973        Last year
1           Repeats # years
1973        Output starting year
1           Output month
1           Output interval
M           Weather choice
  1   1 CROP
PB
  1   1 GRAZ
GH
  1   2 GRAZ
GH
  1   3 GRAZ
GH
…
  1   5 SENM
  1   6 TLST
  1   6 LAST
  1   8 FIRE
H
  1   8 TFST
  1   8 FIRE
H
  1  10 CULT
AP
  1  12 CULT
AG
-999 -999 X
3           Block #   (pinus)
2004        Last year
30          Repeats # years
1974        Output starting year
1           Output month
1           Output interval
M           Weather choice
  1   1 TREE
PIN
  1   5 TLST
  1   7 TFST
  1   8 CULT
AP
  2   1 TREE
PIN
  2   5 TLST
  2   7 TFST
  2   8 CULT
AP
  3   1 TREE
PIN
  3   5 TLST
  3   7 TFST
  3   8 CULT
AP
  4   1 TREE
PIN
  4   5 TLST
  4   7 TFST
  4   8 CULT
AP
  5   1 TREE
PIN
  5   6 TLST
  5   7 TFST
  5   7 FIRE
M
  6   1 TREE
PIN
  6   6 TLST
  6   7 TFST
  7   1 TREE
PIN
…
  7   6 TLST
  7   7 TFST
  7   6 TLST
  7   7 TFST
  7   7 FIRE
M
  8   1 TREE
PIN
  8   6 TLST
  8   7 TFST
  9   1 TREE
PIN
  9   6 TLST
  9   7 TFST
  9   7 FIRE
M
  10   1 TREE
PIN
  10   6 TLST
  10   7 TFST
  11   1 TREE
PIN
  11   6 TLST
  11   7 TFST
  11   7 FIRE
M
  12   1 TREE
PIN
  12   6 TLST
  12   7 TFST
  13   1 TREE
PIN
  14   6 TLST
  14   7 TFST
  14   7 FIRE
H
  15   1 TREE
PIN
  15   6 TLST
  15   7 TFST
  16   1 TREE
PIN
  16   6 TLST
  16   7 TFST
  16   7 FIRE
M
  17   1 TREE
PIN
  17   6 TLST
  17   7 TFST
  18   1 TREE
PIN
  18   6 TLST
  18   7 TFST
  18   7 FIRE
H
…continua até ano 30
```

Anexo 3. Esquema dos arquivos utilizados pelo Century v4.5 (event.100) para as simulações dos tratamentos para a área de Sete Lagoas/MG

Área de plantio convencional (PC)

```
1969        Starting year
2004        Last year
SITE.100    Site file name
0           Labeling type
-1          Labeling year
-1.00       Microcosm
-1          CO2 Systems
-1          pH effect
-1          Soil warming
0           N input scalar option
0           OMAD scalar option
1           Initial system
PB          Initial crop
            Initial tree

Year Month Option
1           Block #   (braquiária)
1973        Last year
1           Repeats # years
1969        Output starting year
1           Output month
1           Output interval
M           Weather choice
  1   1 CROP
PCA
  1   1 GRAZ
GH
  1   2 GRAZ
GH
  1   3 GRAZ
GH
  1   5 SENM
  1   6 LAST
  1   7 FIRE
H
  1   9 FRST
  1  11 GRAZ
GH
  1  12 GRAZ
GH
-999 -999 X
2           Block #   Milho
1994        Last year
1           Repeats # years
1974        Output starting year
1           Output month
1           Output interval
M           Weather choice
  1   1 FERT
N5
  1   4 SENM
  1   4 HARV
G
  1   4 LAST
  1   10 CULT
AP
1   11 FERT
A175
  1   11 CROP
MG
  1   11 PLTM
  1   12 FRST
-999 -999 X
3           Block #   Experimento(8
primeiros anos de milho)
2002        Last year
1           Repeats # years
1995        Output starting year
1           Output month
1           Output interval
M           Weather choice
  1   1 FERT
N5
  1   4 SENM
  1   4 HARV
G
  1   4 LAST
  1   9 CULT
AP
  1   10 CULT
AP
  1   11 FERT
A200
  1   11 CROP
MG
  1   11 PLTM
  1   12 FRST
-999 -999 X
4           Block #   (soja)
2003        Last year
1           Repeats # years
2003        Output starting year
1           Output month
1           Output interval
M           Weather choice
  1   3 SENM
  1   3 HARV
G
  1   3 LAST
  1   9 CULT
AP
  1   10 CULT
AP
  1   11 FERT
A175
  1   11 CROP
SJ
  1   11 PLTM
  1   12 FRST
-999 -999 X
5           Block #   (milho)
2004        Last year
1           Repeats # years
2004        Output starting year
1           Output month
1           Output interval
M           Weather choice
  1   1 FERT
N5
  1   4 SENM
  1   4 HARV
G
  1   4 LAST
  1   9 CULT
AP
  1   10 CULT
AP
  1   11 FERT
A200
  1   11 CROP
MG
  1   11 PLTM
  1   12 FRST
-999 -999  X
```

Anexo 4. Esquema dos arquivos utilizados pelo Century v4.5 (event.100) para as simulações dos tratamentos para a área de Sete Lagoas/MG

Área de plantio direto (PD)

```
1969        Starting year
2004        Last year
SITE.100    Site file name
0           Labeling type
-1          Labeling year
-1.00       Microcosm
-1          CO2 Systems
-1          pH effect
-1          Soil warming
0           N input scalar option
0           OMAD scalar option
1           Initial system
PB          Initial crop
            Initial tree

Year Month Option
1           Block #   (Braquiária)
1973        Last year
1           Repeats # years
1969        Output starting year
1           Output month
1           Output interval
M           Weather choice
  1   1 CROP
PB
  1   1 GRAZ
GH
  1   2 GRAZ
GH
  1   3 GRAZ
GH
  1   5 SENM
  1   6 LAST
  1   7 FIRE
H
  1   9 FRST
  1  11 GRAZ
GH
  1  12 GRAZ
GH
-999 -999 X
2           Block #   (Milho)
1994        Last year
1           Repeats # years
1974        Output starting year
1           Output month
1           Output interval
M           Weather choice
  1   1 FERT
N5
  1   4 SENM
  1   4 HARV
G
  1   4 LAST
  1  10 CULT
AP
  1  11 FERT
A175
  1  11 CROP
MG
  1  11 PLTM
  1  12 FRST
-999 -999 X
3           Block #   (Milho Exp.)
2002        Last year
1           Repeats # years
1995        Output starting year
1           Output month
1           Output interval
M           Weather choice
  1   1 FERT
N5
  1   4 SENM
  1   4 HARV
G
  1   4 LAST
  1  10 CULT
H
  1  11 FERT
A200
  1  11 CROP
MG
  1  11 PLTM
  1  12 FRST
-999 -999 X
4           Block #   (Soja Exp.)
2003        Last year
1           Repeats # years
2003        Output starting year
1           Output month
1           Output interval
M           Weather choice
  1   3 SENM
  1   3 HARV
G
  1   3 LAST
  1  10 CULT
H
  1  11 FERT
A175
  1  11 CROP
SJ
  1  11 PLTM
  1  12 FRST
-999 -999 X
5           Block #   (Milho exp.)
2004        Last year
1           Repeats # years
2004        Output starting year
1           Output month
1           Output interval
M           Weather choice
  1   1 FERT
N5
  1   4 SENM
  1   4 HARV
G
  1   4 LAST
  1  10 CULT
H
  1  11 FERT
A200
  1  11 CROP
MG
  1  11 PLTM
  1  12 FRST
-999 -999 X
```

Anexo 5. Esquema dos arquivos utilizados pelo Century v4.5 (event.100) para as simulações dos tratamentos de Coronel Pacheco/MG (área de latossolo)

Área de pastagem adubada (PBc)

```
1950        Starting year
2050        Last year
SITE.100    Site file name
0           Labeling type
-1          Labeling year
-1.00       Microcosm
-1          CO2 Systems
-1          pH effect
-1          Soil warming
0           N input scalar option
0           OMAD scalar option
1           Initial system
PCA         Initial crop
            Initial tree

Year Month Option
1           Block #   (Capim Angola)
1988        Last year
1           Repeats # years
1950        Output starting year
1           Output month
1           Output interval
M           Weather choice
  1    1 CROP
PCA
  1    5 SENM
  1    6 LAST
  1    9 FRST
-999 -999 X
2           Block #   (Capim elefante)
1989        Last year
1           Repeats # years
1989        Output starting year
1           Output month
1           Output interval
M           Weather choice
  1    1 CROP
CEF
  1    1 GRAZ
BE1
  1    2 GRAZ
BE1
  1    3 GRAZ
BE1
  1    5 SENM
  1    6 LAST
  1    9 FERT
BE1
  1    9 FRST
  1    10 FERT
BE2
  1   11 GRAZ
BE1
  1   12 GRAZ
BE1
-999 -999 X
3           Block #   (Capim elefante)
1993        Last year
1           Repeats # years
1990        Output starting year
1           Output month
1           Output interval
M           Weather choice
  1    1 CROP
CEF
  1    1 GRAZ
BE1
  1    2 GRAZ
BE1
  1    3 GRAZ
BE1
  1    5 SENM
  1    6 LAST
  1    9 FRST
  1    10 FERT
BE2
  1   11 GRAZ
BE1
  1   12 GRAZ
BE1
-999 -999 X
4           Block #   (Capim elefante)
1997        Last year
1           Repeats # years
1994        Output starting year
1           Output month
1           Output interval
M           Weather choice
  1    1 CROP
CEF
  1    1 GRAZ
BE1
  1    2 GRAZ
BE1
  1    3 GRAZ
BE1
  1    5 SENM
  1    6 LAST
  1    9 FRST
  1    10 FERT
BE3
  1   11 GRAZ
BE1
  1   12 GRAZ
BE1
-999 -999 X
5           Block #   (Capim elefante)
2003        Last year
1           Repeats # years
1998        Output starting year
1           Output month
1           Output interval
M           Weather choice
1    1 CROP
CEF
  1    1 GRAZ
BE1
  1    2 GRAZ
BE1
  1    3 GRAZ
BE1
  1    5 SENM
  1    6 LAST
  1    9 FRST
  1    10 FERT
BE4
  1   11 GRAZ
BE1
  1   12 GRAZ
BE1
-999 -999 X
6           Block #   (braquiária)
2050        Last year
1           Repeats # years
2003        Output starting year
1           Output month
1           Output interval
M           Weather choice
  1    1 CROP
PB
  1    1 GRAZ
BE1
  1    2 GRAZ
BE1
  1    3 GRAZ
BE1
  1    5 SENM
  1    6 LAST
  1    9 FRST
  1    10 FERT
BE5
  1   11 GRAZ
BE1
  1   12 GRAZ
BE1
-999 -999 X
```

Anexo 6. Esquema dos arquivos utilizados pelo Century v4.5 (event.100) para as simulações dos tratamentos de Coronel Pacheco/MG (área de latossolo)

```
Área de pastagem não adubada (PBs)
1950        Starting year                    1   2 GRAZ
2050        Last year                    BE
SITE.100    Site file name                   1   3 GRAZ
0           Labeling type                BE
-1          Labeling year                    1   5 SENM
-1.00       Microcosm                        1   6 LAST
-1          CO2 Systems                      1   9 FRST
-1          pH effect                        1  11 GRAZ
-1          Soil warming                 BE
0           N input scalar option            1  12 GRAZ
0           OMAD scalar option           BE
1           Initial system               -999 -999 X
PCA         Initial crop
            Initial tree

Year Month Option
1           Block #   (Capim Angola)
1985          Last year
1           Repeats # years
1950        Output starting year
1           Output month
1           Output interval
M           Weather choice
  1   1 CROP
PCA
  1   5 SENM
  1   6 LAST
  1   9 FRST
-999 -999 X
2           Block #   (Braquiária)
2004        Last year
1           Repeats # years
1986        Output starting year
1           Output month
1           Output interval
M           Weather choice
  1   1 CROP
PB
  1   1 GRAZ
BE
  1   2 GRAZ
BE
  1   3 GRAZ
BE
  1   5 SENM
  1   6 LAST
  1   9 FRST
  1  11 GRAZ
BE
  1  12 GRAZ
BE
-999 -999 X
2           Block #   (Braquiária)
2050        Last year
1           Repeats # years
2005        Output starting year
1           Output month
1           Output interval
M           Weather choice
  1   1 CROP
PB
  1   1 GRAZ
BE
```

Anexo 7. Esquema dos arquivos utilizados pelo Century v4.5 (event.100) para as simulações dos tratamentos de Coronel Pacheco/MG (área de Cambissolo)

```
Área de milho silagem (MS)
1935          Starting year
2050          Last year
SITE.100      Site file name
0             Labeling type
-1            Labeling year
-1.00         Microcosm
-1            CO2 Systems
-1            pH effect
-1            Soil warming
0             N input scalar option
0             OMAD scalar option
1             Initial system
CO            Initial crop
              Initial tree

Year Month Option
1             Block #   (Olerículas)
1973          Last year
1             Repeats # years
1935          Output starting year
8             Output month
12            Output interval
M             Weather choice
  1    1 CROP
CO
  1    1 CULT
BE
  1    1 FERT
BE
  1    2 CULT
BE
  1    2 PLTM
  1    3 FERT
BE1
  1    3 CULT
BE
  1    5 HARV
BE
  1    5 LAST
  1    8 CULT
BE
  1    8 FERT
BE
  1    9 CULT
BE
  1    9 PLTM
  1   10 CULT
BE
  1   10 FERT
BE1
  1   12 HARV
BE
  1   12 LAST
-999 -999 X
2             Block #   (Capim angola)
1985          Last year
1             Repeats # years
1974          Output starting year
8             Output month
12            Output interval
M             Weather choice
  1    1 CROP
PCA
  1    1 GRAZ
BE1
  1    2 GRAZ
BE1
  1    3 GRAZ
BE1
  1    5 SENM
  1    6 LAST
  1    9 FRST
  1   11 GRAZ
BE1
  1   12 GRAZ
BE1
-999 -999 X
3             Block #   (Milho Silagem)
2050          Last year
1             Repeats # years
1986          Output starting year
8             Output month
12            Output interval
M             Weather choice
  1    1 CROP
MSI
  1    1 HARV
SIL
  1    1 CULT
BE2
  1    1 FERT
BE
  1    2 CULT
BE2
  1    2 FRST
  1    3 FERT
BE1
  1    5 HARV
SIL
  1    6 LAST
  1    8 CULT
BE2
  1    9 FERT
BE
  1   10 CULT
BE2
  1   10 FRST
  1   11 FERT
BE1
-999 -999 X
```

Anexo 8. Esquema dos arquivos utilizados pelo Century v4.5 (event.100) para as simulações dos tratamentos de Coronel Pacheco/MG (área de Cambissolo)

```
Área de Coast Cross (CC)
1935        Starting year
2050        Last year
SITE.100    Site file name
0           Labeling type
-1          Labeling year
-1.00       Microcosm
-1          CO2 Systems
-1          pH effect
-1          Soil warming
0           N input scalar option
0           OMAD scalar option
1           Initial system
PCA         Initial crop
            Initial tree

Year Month Option
1           Block #   (Capim Angola)
1979        Last year
1           Repeats # years
1935        Output starting year
1           Output month
1           Output interval
M           Weather choice
  1   1 CROP
PCA
  1   1 GRAZ
AI
  1   2 GRAZ
AI
  1   3 GRAZ
AI
  1   5 SENM
  1   6 LAST
  1   8 FIRE
H
  1   9 FRST
  1  11 GRAZ
AI
  1  12 GRAZ
AI
-999 -999 X
2           Block #   (Aveia)
1982        Last year
1           Repeats # years
1980        Output starting year
1           Output month
1           Output interval
M           Weather choice
  1   1 CROP
AV
  1   1 GRAZ
AI
  1   2 GRAZ
AI
  1   3 GRAZ
AI
  1   3 LAST
  1   7 CULT
AP
  1   8 CULT
AP
  1   8 PLTM
  1   8 FERT
NP1
  1   9 FRST
  1  10 GRAZ
AI
  1  11 FERT
N10
  1  11 GRAZ
AI
  1  12 GRAZ
AI
-999 -999 X
3           Block #   (Milho Grão)
1991        Last year
1           Repeats # years
1983        Output starting year
1           Output month
1           Output interval
M           Weather choice
  1   1 FERT
N5
  1   4 SENM
  1   4 HARV
G
  1   4 LAST
  1  10 CULT
AP
  1  11 CULT
AP
  1  11 FERT
A90
  1  11 CROP
MG
  1  11 PLTM
  1  12 FRST
-999 -999 X
4           Block #   (Cost Cross)
1992        Last year
1           Repeats # years
1992        Output starting year
1           Output month
1           Output interval
M           Weather choice
  1   1 CROP
PCA
  1   1 CULT
AP
  1   2 CULT
AP
  1   2 FERT
ST
  1   2 PLTM
  1   4 FRST
  1   5 SENM
  1   6 LAST
  1   9 FRST
  1   9 FERT
ST
  1  11 GRAZ
AI
  1  11 FERT
N5
  1  12 GRAZ
AI
  1  12 FERT
N5
-999 -999 X
5           Block #   (Cost Cross)
2050        Last year
1           Repeats # years
1993        Output starting year
1           Output month
1           Output interval
M           Weather choice
  1   1 CROP
PCA
  1   1 GRAZ
AI
  1   1 FERT
N5
  1   2 GRAZ
AI
  1   2 FERT
N5
  1   3 GRAZ
AI
  1   3 FERT
N5
  1   4 GRAZ
AI
  1   5 SENM
  1   6 LAST
  1   9 FRST
  1   9 FERT
ST
  1  11 GRAZ
AI
  1  11 FERT
N5
  1  12 GRAZ
AI
  1  12 FERT
N5
-999 -999 X
```

Anexo 9. Esquema dos arquivos utilizados pelo Century v4.5 (event.100) para as simulações dos tratamentos de Coronel Pacheco/MG (área de Cambissolo)

Área de Cana-se-açúcar (CA)

```
1935        Starting year
2050        Last year
SITE.100    Site file name
0           Labeling type
-1          Labeling year
-1.00       Microcosm
-1          CO2 Systems
-1          pH effect
-1          Soil warming
0           N input scalar option
0           OMAD scalar option
1           Initial system
PCA         Initial crop
            Initial tree

Year Month Option
1           Block #   (Capim Angola)
1989        Last year
1           Repeats # years
1935        Output starting year
1           Output month
1           Output interval
M           Weather choice
  1    1 CROP
PCA
  1    1 GRAZ
AI
  1    2 GRAZ
AI
  1    3 GRAZ
AI
  1    5 SENM
  1    6 LAST
  1    8 FIRE
H
  1    9 FRST
  1   11 GRAZ
AI
  1   12 GRAZ
AI
-999 -999 X
2           Block #   (Cana ano 1)
1990        Last year
1           Repeats # years
1990        Output starting year
1           Output month
1           Output interval
M           Weather choice
  1    1 CROP
CANA
  1    7 HARV
CC
  1    7 LAST
  1    7 FIRE
H
  1    7 CULT
AP
  1    7 CULT
AP
  1    8 PLTM
  1    8 FERT
NP1
  1    9 FRST
-999 -999 X
3           Block #   (Cana até ano 5)
1995        Last year
1           Repeats # years
1991        Output starting year
1           Output month
1           Output interval
M           Weather choice
  1    1 CROP
CAN1
  1    7 HARV
CC
  1    7 LAST
  1    7 FIRE
H
  1    8 FERT
NP1
  1    9 FRST
-999 -999 X
4           Block #   (Cana após ano 5)
2050        Last year
1           Repeats # years
1996        Output starting year
1           Output month
1           Output interval
M           Weather choice
  1    1 CROP
CAN2
  1    7 HARV
CC
  1    7 LAST
  1    7 FIRE
H
  1    9 FRST
-999 -999 X
```

Anexo 10. Valores usados no arquivo de parâmetros do local pelo Century v4.5 (site.100) para a área de Sete Lagoas/MG

*** Climate parameters
31.06000 'PRECIP(1)'
19.48000 'PRECIP(2)'
19.09000 'PRECIP(3)'
8.200000 'PRECIP(4)'
4.700000 'PRECIP(5)'
2.670000 'PRECIP(6)'
2.120000 'PRECIP(7)'
2.170000 'PRECIP(8)'
6.930000 'PRECIP(9)'
12.09000 'PRECIP(10)'
20.73000 'PRECIP(11)'
28.90000 'PRECIP(12)'
18.8000 'TMN2M(1)'
19.1000 'TMN2M(2)'
18.3000 'TMN2M(3)'
16.1000 'TMN2M(4)'
13.4000 'TMN2M(5)'
10.9000 'TMN2M(6)'
10.2000 'TMN2M(7)'
11.5000 'TMN2M(8)'
13.50000 'TMN2M(9)'
16.100000 'TMN2M(10)'
17.7000 'TMN2M(11)'
18.50000 'TMN2M(12)'
30.2000 'TMX2M(1)'
30.8000 'TMX2M(2)'
30.0000 'TMX2M(3)'
28.1000 'TMX2M(4)'
26.6000 'TMX2M(5)'
25.6000 'TMX2M(6)'
25.2000 'TMX2M(7)'
26.6000 'TMX2M(8)'
26.9000 'TMX2M(9)'
27.9000 'TMX2M(10)'
29.7000 'TMX2M(11)'
27.8000 'TMX2M(12)'
*** Site and control parameters
0.00000 'IVAUTO'
1.00000 'NELEM'
20.450000 'SITLAT'
45.510000 'SITLNG'
0.410000 'SAND'
0.08000 'SILT'
0.51000 'CLAY'
0.00000 'ROCK'
1.25000 'BULKD'
9.00000 'NLAYER'
9.00000 'NLAYPG'
1.00000 'DRAIN'
0.10000 'BASEF'
0.10000 'STORMF'
8.00000 'PRECRO'
0.15000 'FRACRO'
4.00000 'SWFLAG'
0.10000 'AWILT(1)'
0.10000 'AWILT(2)'
0.10000 'AWILT(3)'
0.10000 'AWILT(4)'
0.10000 'AWILT(5)'
0.10000 'AWILT(6)'
0.10000 'AWILT(7)'
0.10000 'AWILT(8)'
0.10000 'AWILT(9)'
0.10000 'AWILT(10)'
0.230000 'AFIEL(1)'
0.230000 'AFIEL(2)'
0.230000 'AFIEL(3)'
0.230000 'AFIEL(4)'
0.230000 'AFIEL(5)'
0.230000 'AFIEL(6)'
0.230000 'AFIEL(7)'
0.230000 'AFIEL(8)'
0.230000 'AFIEL(9)'
0.23000 'AFIEL(10)'
4.25000 'PH'
0.90000 'PSLSRB'
200.000 'SORPMX'
*** External nutrient input parameters
0.30000 'EPNFA(1)'
0.0000 'EPNFA(2)'
-0.9200 'EPNFS(1)'
0.00100 'EPNFS(2)'
*** Organic matter initial values
49.52000 'SOM1CI(1,1)'
12.50000 'RCES1(1,1)'
0.00000 'RCES1(1,2)'
0.00000 'RCES1(1,3)'
8.87000 'RCES1(2,1)'
0.00000 'RCES1(2,2)'
0.00000 'RCES1(2,3)'
15.2900 'RCES2(1)'
0.00000 'RCES2(2)'
0.00000 'RCES2(3)'
12.1900 'RCES3(1)'
0.00000 'RCES3(2)'
0.00000 'RCES3(3)'
107.00000 'CLITTR(1,1)'
0.00000 'CLITTR(1,2)'
107.00000 'CLITTR(2,1)'
0.00000 'CLITTR(2,2)'
75.00000 'RCELIT(1,1)'
0.00000 'RCELIT(1,2)'
0.00000 'RCELIT(1,3)'
75.00000 'RCELIT(2,1)'
0.00000 'RCELIT(2,2)'
0.00000 'RCELIT(2,3)'
2500.00000 'AGLCIS(1)'
0.00000 'AGLCIS(2)'
100.00000 'AGLIVE(1)'
0.00000 'AGLIVE(2)'
0.00000 'AGLIVE(3)'
500.00000 'BGLCIS(1)'
0.00000 'BGLCIS(2)'
10.00000 'BGLIVE(1)'
0.00000 'BGLIVE(2)'
0.00000 'BGLIVE(3)'
17.00000 'STDCIS(1)'
0.00000 'STDCIS(2)'
0.29000 'STDEDE(1)'
0.00000 'STDEDE(2)'
0.00000 'STDEDE(3)'
*** Forest organic matter initial parameters
0.00000 'RLVCIS(1)'
0.00000 'RLVCIS(2)'
0.00000 'RLEAVE(1)'
0.00000 'RLEAVE(2)'
0.00000 'RLEAVE(3)'
0.00000 'FBRCIS(1)'
0.00000 'FBRCHE(3)'
0.50000 'RLWODE(1)'
*** Mineral initial parameters
0.25000 'MINERL(1,1)'
0.00000 'MINERL(2,1)'
0.00000 'MINERL(3,1)'
0.00000 'MINERL(4,1)'
0.00000 'MINERL(5,1)'
0.00000 'MINERL(6,1)'
0.00000 'MINERL(7,1)'
0.00000 'MINERL(8,1)'
0.00000 'MINERL(9,1)'
0.00000 'MINERL(10,1)'
0.50000 'MINERL(1,2)'
0.50000 'MINERL(1,3)'
0.00000 'MINERL(2,3)'
0.00000 'MINERL(3,3)'
0.00000 'MINERL(4,3)'
0.00000 'MINERL(5,3)'
0.00000 'MINERL(6,3)'
0.00000 'MINERL(7,3)'
0.00000 'MINERL(8,3)'
0.00000 'MINERL(9,3)'
0.00000 'MINERL(10,3)'
0.00000 'PARENT(1)'
0.00000 'PARENT(2)'
0.00000 'PARENT(3)'
0.00000 'SECNDY(1)'
0.00000 'SECNDY(2)'
0.00000 'SECNDY(3)'
0.00000 'OCCLUD'
*** Water initial parameters
0.00000 'RWCF(1)'
0.00000 'RWCF(2)'
0.00000 'RWCF(3)'
0.00000 'RWCF(4)'
0.00000 'RWCF(5)'
0.00000 'RWCF(6)'
0.00000 'RWCF(7)'
0.00000 'RWCF(8)'
0.00000 'RWCF(9)'
0.00000 'RWCF(10)'
0.00000 'SNLQ'
0.00000 'SNOW'

Obs: As variáveis que foram suprimidas tem valor zero (0.0000)

Anexo 11. Valores usados no arquivo de parâmetros do local pelo Century v4.5 (site.100) para a área Coronel Pacheco/MG (Latossolo)

```
*** Climate parameters
31.06000        'PRECIP(1)'
19.48000        'PRECIP(2)'
19.09000        'PRECIP(3)'
8.200000        'PRECIP(4)'
4.700000        'PRECIP(5)'
2.670000        'PRECIP(6)'
2.120000        'PRECIP(7)'
2.170000        'PRECIP(8)'
6.930000        'PRECIP(9)'
12.09000        'PRECIP(10)'
20.73000        'PRECIP(11)'
28.90000        'PRECIP(12)'
18.8000         'TMN2M(1)'
19.1000         'TMN2M(2)'
18.3000         'TMN2M(3)'
16.1000         'TMN2M(4)'
13.4000         'TMN2M(5)'
10.9000         'TMN2M(6)'
10.2000         'TMN2M(7)'
11.5000         'TMN2M(8)'
13.50000        'TMN2M(9)'
16.100000       'TMN2M(10)'
17.7000         'TMN2M(11)'
18.50000        'TMN2M(12)'
30.2000         'TMX2M(1)'
30.8000         'TMX2M(2)'
30.0000         'TMX2M(3)'
28.1000         'TMX2M(4)'
26.6000         'TMX2M(5)'
25.6000         'TMX2M(6)'
25.2000         'TMX2M(7)'
26.6000         'TMX2M(8)'
26.9000         'TMX2M(9)'
27.9000         'TMX2M(10)'
29.7000         'TMX2M(11)'
27.8000         'TMX2M(12)'
*** Site and control parameters
0.00000         'IVAUTO'
1.00000         'NELEM'
0.0000000       'SITLAT'
0.0000000       'SITLNG'
0.350000        'SAND'
0.08000         'SILT'
0.57000         'CLAY'
0.00000         'ROCK'
1.12000         'BULKD'
9.00000         'NLAYER'
9.00000         'NLAYPG'
1.00000         'DRAIN'
0.10000         'BASEF'
0.10000         'STORMF'
8.00000         'PRECRO'
0.15000         'FRACRO'
4.00000         'SWFLAG'
0.10000         'AWILT(1)'
0.10000         'AWILT(2)'
0.10000         'AWILT(3)'
0.10000         'AWILT(4)'
0.10000         'AWILT(5)'
0.10000         'AWILT(6)'
0.10000         'AWILT(7)'
0.10000         'AWILT(8)'
0.10000         'AWILT(9)'
0.10000         'AWILT(10)'
0.230000        'AFIEL(1)'
0.230000        'AFIEL(2)'
0.230000        'AFIEL(3)'
0.230000        'AFIEL(4)'
0.230000        'AFIEL(5)'
0.230000        'AFIEL(6)'
0.230000        'AFIEL(7)'
0.230000        'AFIEL(8)'
0.230000        'AFIEL(9)'
0.23000         'AFIEL(10)'
4.25000         'PH'
0.90000         'PSLSRB'
200.000         'SORPMX'
*** External nutrient input parameters
0.21000         'EPNFA(1)'
0.0000          'EPNFA(2)'
30.0000         'EPNFS(1)'
0.00230         'EPNFS(2)'
*** Organic matter initial values
49.52000        'SOM1CI(1,1)'
0.00000         'SOM1CI(1,2)'
0.0000          'SOM1CI(2,1)'
0.00000         'SOM1CI(2,2)'
0.00            'SOM2CI(1)'
0.00000         'SOM2CI(2)'
0.00000         'SOM3CI(1)'
0.00000         'SOM3CI(2)'
12.50000        'RCES1(1,1)'
0.00000         'RCES1(1,2)'
0.00000         'RCES1(1,3)'
8.87000         'RCES1(2,1)'
0.00000         'RCES1(2,2)'
0.00000         'RCES1(2,3)'
15.2900         'RCES2(1)'
0.00000         'RCES2(2)'
0.00000         'RCES2(3)'
12.1900         'RCES3(1)'
0.00000         'RCES3(2)'
0.00000         'RCES3(3)'
107.00000       'CLITTR(1,1)'
0.00000         'CLITTR(1,2)'
107.00000       'CLITTR(2,1)'
0.00000         'CLITTR(2,2)'
75.00000        'RCELIT(1,1)'
0.00000         'RCELIT(1,2)'
0.00000         'RCELIT(1,3)'
75.00000        'RCELIT(2,1)'
0.00000         'RCELIT(2,2)'
0.00000         'RCELIT(2,3)'
2500.00000      'AGLCIS(1)'
0.00000         'AGLCIS(2)'
100.00000       'AGLIVE(1)'
0.00000         'AGLIVE(2)'
0.00000         'AGLIVE(3)'
500.00000       'BGLCIS(1)'
0.00000         'BGLCIS(2)'
10.00000        'BGLIVE(1)'
0.00000         'BGLIVE(2)'
0.00000         'BGLIVE(3)'
17.00000        'STDCIS(1)'
0.00000         'STDCIS(2)'
0.29000         'STDEDE(1)'
0.00000         'STDEDE(2)'
*** Forest organic matter initial parameters
0.50000         'RLWODE(1)'
0.00000         'RLWODE(2)'
0.00000         'RLWODE(3)'
0.00000         'FRTCIS(1)'
0.00000         'FRTCIS(2)'
0.00000         'FROOTE(1)'
0.00000         'FROOTE(2)'
0.00000         'FROOTE(3)'
0.00000         'CRTCIS(1)'
0.00000         'CRTCIS(2)'
0.00000         'CROOTE(1)'
0.00000         'CROOTE(2)'
0.00000         'CROOTE(3)'
0.00000         'WD1CIS(1)'
0.00000         'WD1CIS(2)'
0.00000         'WD2CIS(1)'
0.00000         'WD2CIS(2)'
0.00000         'WD3CIS(1)'
0.00000         'WD3CIS(2)'
*** Mineral initial parameters
0.25000         'MINERL(1,1)'
0.50000         'MINERL(1,2)'
0.000           'MINERL(2,2)'
0.000           'MINERL(3,2)'
0.000           'MINERL(4,2)'
0.0000          'MINERL(5,2)'
0.00000         'MINERL(6,2)'
0.00000         'MINERL(7,2)'
0.00000         'MINERL(8,2)'
0.00000         'MINERL(9,2)'
0.00000         'MINERL(10,2)'
0.50000         'MINERL(1,3)'
*** Water initial parameters
0.00000         'RWCF(1)'
0.00000         'RWCF(2)'
0.00000         'RWCF(3)'
0.00000         'RWCF(4)'
0.00000         'RWCF(5)'
0.00000         'RWCF(6)'
0.00000         'RWCF(7)'
0.00000         'RWCF(8)'
0.00000         'RWCF(9)'
0.00000         'RWCF(10)'
0.00000         'SNLQ'
0.00000         'SNOW'
```

Obs: As variáveis que foram suprimidas tem valor zero (0.0000)

Anexo 12. Valores usados no arquivo de parâmetros do local pelo Century v4.5 (site.100) para a área Coronel Pacheco/MG (Cambissolo)

*** Climate parameters
31.06000 'PRECIP(1)'
19.48000 'PRECIP(2)'
19.09000 'PRECIP(3)'
8.200000 'PRECIP(4)'
4.700000 'PRECIP(5)'
2.670000 'PRECIP(6)'
2.120000 'PRECIP(7)'
2.170000 'PRECIP(8)'
6.930000 'PRECIP(9)'
12.09000 'PRECIP(10)'
20.73000 'PRECIP(11)'
28.90000 'PRECIP(12)'
0.000 'PRCSTD(1)'
0.000 'PRCSTD(2)'
0.00 'PRCSTD(3)'
0.000 'PRCSTD(4)'
0.000 'PRCSTD(5)'
0.000 'PRCSTD(6)'
0.000 'PRCSTD(7)'
0.000 'PRCSTD(8)'
0.000 'PRCSTD(9)'
0.000 'PRCSTD(10)'
0.000 'PRCSTD(11)'
0.000 'PRCSTD(12)'
0.00000 'PRCSKW(1)'
0.00000 'PRCSKW(2)'
0.00000 'PRCSKW(3)'
0.00000 'PRCSKW(4)'
0.00000 'PRCSKW(5)'
0.00000 'PRCSKW(6)'
0.00000 'PRCSKW(7)'
0.00000 'PRCSKW(8)'
0.00000 'PRCSKW(9)'
0.00000 'PRCSKW(10)'
0.00000 'PRCSKW(11)'
0.00000 'PRCSKW(12)'
18.8000 'TMN2M(1)'
19.1000 'TMN2M(2)'
18.3000 'TMN2M(3)'
16.1000 'TMN2M(4)'
13.4000 'TMN2M(5)'
10.9000 'TMN2M(6)'
10.2000 'TMN2M(7)'
11.5000 'TMN2M(8)'
13.50000 'TMN2M(9)'
16.100000 'TMN2M(10)'
17.7000 'TMN2M(11)'
18.50000 'TMN2M(12)'
30.2000 'TMX2M(1)'
30.8000 'TMX2M(2)'
30.0000 'TMX2M(3)'
28.1000 'TMX2M(4)'
26.6000 'TMX2M(5)'
25.6000 'TMX2M(6)'
25.2000 'TMX2M(7)'
26.6000 'TMX2M(8)'
26.9000 'TMX2M(9)'
27.9000 'TMX2M(10)'
29.7000 'TMX2M(11)'
27.8000 'TMX2M(12)'
*** Site and control parameters
0.00000 'IVAUTO'
1.00000 'NELEM'
20.450000 'SITLAT'
45.510000 'SITLNG'
0.410000 'SAND'
0.08000 'SILT'
0.51000 'CLAY'
0.00000 'ROCK'
1.25000 'BULKD'
9.00000 'NLAYER'
9.00000 'NLAYPG'
1.00000 'DRAIN'
0.10000 'BASEF'
0.10000 'STORMF'
8.00000 'PRECRO'
0.15000 'FRACRO'
4.00000 'SWFLAG'
0.10000 'AWILT(1)'
0.10000 'AWILT(2)'
0.10000 'AWILT(3)'
0.10000 'AWILT(4)'
0.10000 'AWILT(5)'
0.10000 'AWILT(6)'
0.10000 'AWILT(7)'
0.10000 'AWILT(8)'
0.10000 'AWILT(9)'
0.10000 'AWILT(10)'
0.230000 'AFIEL(1)'
0.230000 'AFIEL(2)'
0.230000 'AFIEL(3)'
0.230000 'AFIEL(4)'
0.230000 'AFIEL(5)'
0.230000 'AFIEL(6)'
0.230000 'AFIEL(7)'
0.230000 'AFIEL(8)'
0.230000 'AFIEL(9)'
0.23000 'AFIEL(10)'
4.25000 'PH'
0.90000 'PSLSRB'
200.000 'SORPMX'
*** External nutrient input parameters
0.30000 'EPNFA(1)'
0.0000 'EPNFA(2)'
-0.9200 'EPNFS(1)'
0.00100 'EPNFS(2)'
0.00000 'SATMOS(1)'
0.00000 'SATMOS(2)'
0.00000 'SIRRI'
*** Organic matter initial values
49.52000 'SOM1CI(1,1)'
0.00000 'SOM1CI(1,2)'
0.000000 'SOM1CI(2,1)'
0.00000 'SOM1CI(2,2)'
0.00000 'SOM2CI(1)'
0.00000 'SOM2CI(2)'
0.00000 'SOM3CI(1)'
0.00000 'SOM3CI(2)'
12.50000 'RCES1(1,1)'
0.00000 'RCES1(1,2)'
0.00000 'RCES1(1,3)'
8.87000 'RCES1(2,1)'
0.00000 'RCES1(2,2)'
0.00000 'RCES1(2,3)'
15.2900 'RCES2(1)'
0.00000 'RCES2(2)'
0.00000 'RCES2(3)'
12.1900 'RCES3(1)'
0.00000 'RCES3(3)'
107.00000 'CLITTR(1,1)'
0.00000 'CLITTR(1,2)'
107.00000 'CLITTR(2,1)'
0.00000 'CLITTR(2,2)'
75.00000 'RCELIT(1,1)'
0.00000 'RCELIT(1,2)'
0.00000 'RCELIT(1,3)'
75.00000 'RCELIT(2,1)'
0.00000 'RCELIT(2,2)'
0.00000 'RCELIT(2,3)'
2500.00000 'AGLCIS(1)'
0.00000 'AGLCIS(2)'
100.00000 'AGLIVE(1)'
0.00000 'AGLIVE(2)'
0.00000 'AGLIVE(3)'
500.00000 'BGLCIS(1)'
0.00000 'BGLCIS(2)'
10.00000 'BGLIVE(1)'
0.00000 'BGLIVE(2)'
0.00000 'BGLIVE(3)'
17.00000 'STDCIS(1)'
0.00000 'STDCIS(2)'
0.29000 'STDEDE(1)'
0.00000 'STDEDE(2)'
0.00000 'STDEDE(3)'
*** Forest organic matter initial parameters
0.00000 'RLVCIS(1)'
0.00000 'RLVCIS(2)'
0.00000 'RLEAVE(1)'
0.00000 'RLEAVE(2)'
0.00000 'RLEAVE(3)'
0.00000 'FBRCIS(1)'
0.00000 'FBRCIS(2)'
0.00000 'FBRCHE(1)'
0.00000 'FBRCHE(2)'
0.00000 'FBRCHE(3)'
0.00000 'RLWCIS(1)'
0.00000 'RLWCIS(2)'
0.50000 'RLWODE(1)'
*** Mineral initial parameters
0.25000 'MINERL(1,1)'
0.00000 'MINERL(2,1)'
0.00000 'MINERL(3,1)'
0.00000 'MINERL(4,1)'
0.00000 'MINERL(5,1)'
0.00000 'MINERL(6,1)'
0.00000 'MINERL(7,1)'
0.00000 'MINERL(8,1)'
0.00000 'MINERL(9,1)'
0.00000 'MINERL(10,1)'
0.50000 'MINERL(1,2)'
0.50000 'MINERL(1,3)'
*** Water initial parameters
0.00000 'RWCF(1)'
0.00000 'RWCF(2)'
0.00000 'RWCF(3)'

Obs: As variáveis que foram suprimidas tem valor zero (0.0000)

Anexo 13. Valores alterados nos arquivos dos parâmetros fixos do modelo Century v4.5 (FIX.100) para a área de Sete Lagoas/MG e para as áreas de Latossolo e Cambissolo de Coronel Pacheco/MG (somente os valores alterados em relação aos originais)

Sete Lagoas (Latossolo)		Coronel Pacheco (Latossolo)		Coronel Pacheco (Cambissolo)	
0.0338	PS2S3(1)	0.0300	PS2S3(1)	0.0300	PS2S3(1)
1.15	DEC5	1.20	DEC5	0.82	DEC5
0.00558	DEC4	0.00560	DEC4	0.00430	DEC4
30.3	DEC3(2)	23.3	DEC3(2)	19.0	DEC3(2)
35.0	VARAT3(2,1)	20.0	VARAT3(2,1)	24.0	VARAT3(2,1)
22.0	VARAT2(2,1)	6.00	VARAT2(2,1)	2.00	VARAT2(2,1)
3.0	VARAT1(2,1)	3.0	VARAT1(2,1)	3.0	VARAT1(2,1)

Anexo 14. Valores usados nos arquivos de cultura (CROP.100) como padrão nas simulações como o modelo Century v4.5.

SJ Soja

1.000	'PRDX(1)'
27.0	'PPDF(1)'
40.0	'PPDF(2)'
1.0	'PPDF(3)'
2.5	'PPDF(4)'
0.0	'BIOFLG'
1800.0	'BIOK5'
0.5	'PLTMRF'
150.0	'FULCAN'
2.000	'FRTCINDX'
0.5	'FRTC(1)'
0.1	'FRTC(2)'
3.0	'FRTC(3)'
0.2	'FRTC(4)'
0.1	'FRTC(5)'
0.40000	'CFRTCN(1)'
0.25000	'CFRTCN(2)'
0.50000	'CFRTCW(1)'
0.10000	'CFRTCW(2)'
800.0	'BIOMAX'
7.55	'PRAMN(1,1)'
150.0	'PRAMN(2,1)'
190.0	'PRAMN(3,1)'
30.0	'PRAMN(1,2)'
150.0	'PRAMN(2,2)'
150.0	'PRAMN(3,2)'
10.0	'PRAMX(1,1)'
230.0	'PRAMX(2,1)'
230.0	'PRAMX(3,1)'
40.0	'PRAMX(1,2)'
230.0	'PRAMX(2,2)'
230.0	'PRAMX(3,2)'
24.0	'PRBMN(1,1)'
390.0	'PRBMN(2,1)'
340.0	'PRBMN(3,1)'
0.0	'PRBMN(1,2)'
0.0	'PRBMN(2,2)'
0.0	'PRBMN(3,2)'
28.0	'PRBMX(1,1)'
420.0	'PRBMX(2,1)'
420.0	'PRBMX(3,1)'
0.0	'PRBMX(1,2)'
0.0	'PRBMX(2,2)'
0.0	'PRBMX(3,2)'
0.12	'FLIGNI(1,1)'
0.0	'FLIGNI(2,1)'
0.06	'FLIGNI(1,2)'
0.0	'FLIGNI(2,2)'
0.310000	'HIMAX'
0.0	'HIWSF'
2.0	'HIMON(1)'
1.0	'HIMON(2)'
0.67	'EFRGRN(1)'
0.6	'EFRGRN(2)'
0.6	'EFRGRN(3)'
0.04	'VLOSSP'
0.0	'FSDETH(1)'
0.0	'FSDETH(2)'
0.0	'FSDETH(3)'
500.0	'FSDETH(4)'
0.1	'FALLRT'
0.05	'RDR'
2.0	'RTDTMP'
0.0	'CRPRTF(1)'
0.0	'CRPRTF(2)'
0.0	'CRPRTF(3)'
0.0950	'SNFXMX(1)'
-27.0	'DEL13C'
1.3	'CO2IPR(1)'
0.77	'CO2ITR(1)'
1.0	'CO2ICE(1,1,1)'
1.0	'CO2ICE(1,1,2)'
1.0	'CO2ICE(1,1,3)'
1.3	'CO2ICE(1,2,1)'
1.0	'CO2ICE(1,2,2)'
1.0	'CO2ICE(1,2,3)'
1.0	'CO2IRS(1)'
0.00000	'KMRSP(1)'
0.00000	'CKMRSPMX(1)'
0.00000	'CKMRSPMX(2)'
0.25000	'NO3PREF(1)'
4.00000	'CLAYPG'
10.0000	'TMPGERM'
900.000	'DDHARV'
7.00000	'TMPKILL'

MG Milho grão

0.6000[1]	'PRDX(1)'
30.0	'PPDF(1)'
45.0	'PPDF(2)'
1.0	'PPDF(3) '
2.5	'PPDF(4)'
0.0	'BIOFLG'
1800.0	'BIOK5'
0.5	'PLTMRF'
150.0	'FULCAN'
2.000	'FRTCINDX'
0.6	'FRTC(1)'
0.1	'FRTC(2)'
3.0	'FRTC(3)'
0.2	'FRTC(4)'
0.1	'FRTC(5)'
0.40000	'CFRTCN(1)'
0.25000	'CFRTCN(2)'
0.50000	'CFRTCW(1)'
0.10000	'CFRTCW(2)'
700.0	'BIOMAX'
10.0	'PRAMN(1,1)'
150.0	'PRAMN(2,1)'
190.0	'PRAMN(3,1)'
62.5	'PRAMN(1,2)'
150.0	'PRAMN(2,2)'
150.0	'PRAMN(3,2)'
20.0	'PRAMX(1,1)'
230.0	'PRAMX(2,1)'
230.0	'PRAMX(3,1)'
125.0	'PRAMX(1,2)'
230.0	'PRAMX(2,2)'
230.0	'PRAMX(3,2)'
45.0	'PRBMN(1,1)'
390.0	'PRBMN(2,1)'
340.0	'PRBMN(3,1)'
0.0	'PRBMN(1,2)'
0.0	'PRBMN(2,2)'
0.0	'PRBMN(3,2)'
60.0	'PRBMX(1,1)'
420.0	'PRBMX(2,1)'
420.0	'PRBMX(3,1)'
0.0	'PRBMX(1,2)'
0.0	'PRBMX(2,2)'
0.0	'PRBMX(3,2)'
0.12	'FLIGNI(1,1)'
0.0	'FLIGNI(2,1)'
0.06	'FLIGNI(1,2)'
0.0	'FLIGNI(2,2)'
0.50000	'HIMAX'
0.00	'HIWSF'
2.0	'HIMON(1)'
1.0	'HIMON(2)'
0.75	'EFRGRN(1)'
0.6	'EFRGRN(2)'
0.6	'EFRGRN(3)'
0.04	'VLOSSP'
0.0	'FSDETH(1)'
0.0	'FSDETH(2)'
0.0	'FSDETH(3)'
500.0	'FSDETH(4)'
0.1	'FALLRT'
0.05	'RDR'
2.0	'RTDTMP'
0.0	'CRPRTF(1)'
0.0	'CRPRTF(2)'
0.0	'CRPRTF(3)'
0.015	'SNFXMX(1)'
-15.0	'DEL13C'
1.0	'CO2IPR(1)'
0.77	'CO2ITR(1)'
1.0	'CO2ICE(1,1,1)'
1.0	'CO2ICE(1,1,2)'
1.0	'CO2ICE(1,1,3)'
1.0	'CO2ICE(1,2,1)'
1.0	'CO2ICE(1,2,2)'
1.0	'CO2ICE(1,2,3)'
1.0	'CO2IRS(1)'
0.00000	'KMRSP(1)'
0.00000	'CKMRSPMX(1)'
0.00000	'CKMRSPMX(2)'
0.25000	'NO3PREF(1)'
4.00000	'CLAYPG'
10.0000	'TMPGERM'
900.000	'DDHARV'
7.00000	'TMPKILL'

PB Pastagem braquiária

0.300000	'PRDX(1)'
30.00000	'PPDF(1)'
45.00000	'PPDF(2)'
1.00000	'PPDF(3)'
2.50000	'PPDF(4)'
1.00000	'BIOFLG'
60.00000	'BIOK5'
1.00000	'PLTMRF'
100.00000	'FULCAN'
2.00000	'FRTCINDX'
0.50000	'FRTC(1)'
0.10000	'FRTC(2)'
3.00000	'FRTC(3)'
0.20000	'FRTC(4)'

[1] PRDX(1) variou conforme a necessidade de produção do local e épocas dentro de mesmos locais

0.10000 'FRTC(5)'
0.40000 'CFRTCN(1)'
0.25000 'CFRTCN(2)'
0.50000 'CFRTCW(1)'
0.10000 'CFRTCW(2)'
400.0000 'BIOMAX'
10.00000 'PRAMN(1,1)'
390.0000 'PRAMN(2,1)'
340.0000 'PRAMN(3,1)'
40.00000 'PRAMN(1,2)'
390.0000 'PRAMN(2,2)'
340.0000 'PRAMN(3,2)'
20.00000 'PRAMX(1,1)'
440.0000 'PRAMX(2,1)'
440.0000 'PRAMX(3,1)'
120.0000 'PRAMX(1,2)'
440.0000 'PRAMX(2,2)'
440.0000 'PRAMX(3,2)'
60.00000 'PRBMN(1,1)'
390.0000 'PRBMN(2,1)'
340.0000 'PRBMN(3,1)'
0.00000 'PRBMN(1,2)'
0.00000 'PRBMN(2,2)'
0.00000 'PRBMN(3,2)'
80.00000 'PRBMX(1,1)'
420.00000 'PRBMX(2,1)'
420.00000 'PRBMX(3,1)'
0.00000 'PRBMX(1,2)'
0.00000 'PRBMX(2,2)'
0.00000 'PRBMX(3,2)'
0.12000 'FLIGNI(1,1)'
0.00000 'FLIGNI(2,1)'
0.06000 'FLIGNI(1,2)'
0.00000 'FLIGNI(2,2)'
0.50000 'HIMAX'
0.00000 'HIWSF'
0.00000 'HIMON(1)'
0.00000 'HIMON(2)'
0.0000 'EFRGRN(1)'
0.0000 'EFRGRN(2)'
0.0000 'EFRGRN(3)'
0.04000 'VLOSSP'
0.00000 'FSDETH(1)'
0.00000 'FSDETH(2)'
0.00000 'FSDETH(3)'
500.00000 'FSDETH(4)'
0.10000 'FALLRT'
0.10000 'RDR'
2.00000 'RTDTMP'
0.40000 'CRPRTF(1)'
0.00000 'CRPRTF(2)'
0.00000 'CRPRTF(3)'
0.05000 'SNFXMX(1)'
27.00000 'DEL13C'
1.20000 'CO2IPR(1)'
0.80000 'CO2ITR(1)'
1.20000 'CO2ICE(1,1,1)'
1.00000 'CO2ICE(1,1,2)'
1.00000 'CO2ICE(1,1,3)'
1.20000 'CO2ICE(1,2,1)'
1.00000 'CO2ICE(1,2,2)'
1.00000 'CO2ICE(1,2,3)'
1.00000 'CO2IRS(1)'
0.00000 'KMRSP(1)'
0.00000 'CKMRSPMX(1)'
0.00000 'CKMRSPMX(2)'
0.25000 'NO3PREF(1)'
4.00000 'CLAYPG'
10.0000 'TMPGERM'
900.000 'DDHARV'
7.00000 'TMPKILL'

CO Cultivo de Olericulas

0.250000 'PRDX(1)'
30.00000 'PPDF(1)'
45.00000 'PPDF(2)'
1.00000 'PPDF(3)'
2.50000 'PPDF(4)'
0.00000 'BIOFLG'
1800.000 'BIOK5'
0.400000 'PLTMRF'
150.0000 'FULCAN'
2.00000 'FRTCINDX'
0.50000 'FRTC(1)'
0.10000 'FRTC(2)'
3.00000 'FRTC(3)'
0.20000 'FRTC(4)'
0.10000 'FRTC(5)'
0.40000 'CFRTCN(1)'
0.25000 'CFRTCN(2)'
0.50000 'CFRTCW(1)'
0.10000 'CFRTCW(2)'
400.00000 'BIOMAX'
10.00000 'PRAMN(1,1)'
150.00000 'PRAMN(2,1)'
0.00000 'PRAMN(3,1)'
40.00000 'PRAMN(1,2)'
150.00000 'PRAMN(2,2)'
0.00000 'PRAMN(3,2)'
20.00000 'PRAMX(1,1)'
230.00000 'PRAMX(2,1)'
0.00000 'PRAMX(3,1)'
60.00000 'PRAMX(1,2)'
230.00000 'PRAMX(2,2)'
0.00000 'PRAMX(3,2)'
34.00000 'PRBMN(1,1)'
390.00000 'PRBMN(2,1)'
0.00000 'PRBMN(3,1)'
0.00000 'PRBMN(1,2)'
0.00000 'PRBMN(2,2)'
0.00000 'PRBMN(3,2)'
60.00000 'PRBMX(1,1)'
420.00000 'PRBMX(2,1)'
0.00000 'PRBMX(3,1)'
0.00000 'PRBMX(1,2)'
0.00000 'PRBMX(2,2)'
0.00000 'PRBMX(3,2)'
0.12000 'FLIGNI(1,1)'
0.00000 'FLIGNI(2,1)'
0.06000 'FLIGNI(1,2)'
0.00000 'FLIGNI(2,2)'
0.40000 'HIMAX'
0.00000 'HIWSF'
2.00000 'HIMON(1)'
1.00000 'HIMON(2)'
0.750000 'EFRGRN(1)'
0.60000 'EFRGRN(2)'
0.6000 'EFRGRN(3)'
0.04000 'VLOSSP'
0.0000 'FSDETH(1)'
0.000 'FSDETH(2)'
0.0000 'FSDETH(3)'
500.00000 'FSDETH(4)'
0.10000 'FALLRT'
0.05000 'RDR'
2.00000 'RTDTMP'
0.0000 'CRPRTF(1)'
0.00000 'CRPRTF(2)'
0.00000 'CRPRTF(3)'
0.00000 'SNFXMX(1)'
-15.00000 'DEL13C'
1.20000 'CO2IPR(1)'
0.80000 'CO2ITR(1)'
0.770000 'CO2ICE(1,1,1)'
1.00000 'CO2ICE(1,1,2)'
1.00000 'CO2ICE(1,1,3)'
1.0000 'CO2ICE(1,2,1)'
1.00000 'CO2ICE(1,2,2)'
1.00000 'CO2ICE(1,2,3)'
1.00000 'CO2IRS'
0.00000 'KMRSP(1)'
0.00000 'CKMRSPMX(1)'
0.00000 'CKMRSPMX(2)'
0.25000 'NO3PREF(1)'
4.00000 'CLAYPG'
10.0000 'TMPGERM'
900.000 'DDHARV'
7.00000 'TMPKILL'

MSI milho Silagem

1.700000 'PRDX(1)'
30.00000 'PPDF(1)'
45.00000 'PPDF(2)'
1.00000 'PPDF(3)'
2.50000 'PPDF(4)'
1.00000 'BIOFLG'
60.00000 'BIOK5'
1.00000 'PLTMRF'
100.00000 'FULCAN'
2.00000 'FRTCINDX'
0.50000 'FRTC(1)'
0.10000 'FRTC(2)'
3.00000 'FRTC(3)'
0.20000 'FRTC(4)'
0.10000 'FRTC(5)'
0.40000 'CFRTCN(1)'
0.25000 'CFRTCN(2)'
0.50000 'CFRTCW(1)'
0.10000 'CFRTCW(2)'
400.00000 'BIOMAX'
10.00000 'PRAMN(1,1)'
390.00000 'PRAMN(2,1)'
340.00000 'PRAMN(3,1)'
40.00000 'PRAMN(1,2)'
390.00000 'PRAMN(2,2)'
340.00000 'PRAMN(3,2)'
20.00000 'PRAMX(1,1)'
440.00000 'PRAMX(2,1)'
440.00000 'PRAMX(3,1)'
120.00000 'PRAMX(1,2)'
440.00000 'PRAMX(2,2)'
440.00000 'PRAMX(3,2)'
60.00000 'PRBMN(1,1)'
390.00000 'PRBMN(2,1)'
340.00000 'PRBMN(3,1)'

0.00000 'PRBMN(1,2)'
0.00000 'PRBMN(2,2)'
0.00000 'PRBMN(3,2)'
80.00000 'PRBMX(1,1)'
420.00000 'PRBMX(2,1)'
420.00000 'PRBMX(3,1)'
0.00000 'PRBMX(1,2)'
0.00000 'PRBMX(2,2)'
0.00000 'PRBMX(3,2)'
0.12000 'FLIGNI(1,1)'
0.00000 'FLIGNI(2,1)'
0.06000 'FLIGNI(1,2)'
0.00000 'FLIGNI(2,2)'
0.50000 'HIMAX'
0.00000 'HIWSF'
0.00000 'HIMON(1)'
0.00000 'HIMON(2)'
0.0000 'EFRGRN(1)'
0.0000 'EFRGRN(2)'
0.0000 'EFRGRN(3)'
0.04000 'VLOSSP'
0.00000 'FSDETH(1)'
0.00000 'FSDETH(2)'
0.00000 'FSDETH(3)'
500.00000 'FSDETH(4)'
0.10000 'FALLRT'
0.10000 'RDR'
2.00000 'RTDTMP'
0.40000 'CRPRTF(1)'
0.00000 'CRPRTF(2)'
0.00000 'CRPRTF(3)'
0.05000 'SNFXMX(1)'
27.00000 'DEL13C'
1.20000 'CO2IPR(1)'
0.80000 'CO2ITR(1)'
1.20000 'CO2ICE(1,1,1)'
1.00000 'CO2ICE(1,1,2)'
1.00000 'CO2ICE(1,1,3)'
1.20000 'CO2ICE(1,2,1)'
1.00000 'CO2ICE(1,2,2)'
1.00000 'CO2ICE(1,2,3)'
1.00000 'CO2IRS(1)'
0.00000 'KMRSP(1)'
0.00000 'CKMRSPMX(1)'
0.00000 'CKMRSPMX(2)'
0.25000 'NO3PREF(1)'
4.00000 'CLAYPG'
10.0000 'TMPGERM'
900.000 'DDHARV'
7.00000 'TMPKILL'

PCA Pastagem Capim Angola
0.300000 'PRDX(1)'
30.00000 'PPDF(1)'
45.00000 'PPDF(2)'
1.00000 'PPDF(3)'
2.50000 'PPDF(4)'
1.00000 'BIOFLG'
60.00000 'BIOK5'
1.00000 'PLTMRF'
100.00000 'FULCAN'
2.00000 'FRTCINDX'
0.50000 'FRTC(1)'
0.10000 'FRTC(2)'
3.00000 'FRTC(3)'
0.20000 'FRTC(4)'
0.10000 'FRTC(5)'
0.40000 'CFRTCN(1)'
0.25000 'CFRTCN(2)'
0.50000 'CFRTCW(1)'
0.10000 'CFRTCW(2)'
400.00000 'BIOMAX'
10.00000 'PRAMN(1,1)'
390.00000 'PRAMN(2,1)'
340.00000 'PRAMN(3,1)'
40.00000 'PRAMN(1,2)'
390.00000 'PRAMN(2,2)'
340.00000 'PRAMN(3,2)'
20.00000 'PRAMX(1,1)'
440.00000 'PRAMX(2,1)'
440.00000 'PRAMX(3,1)'
120.00000 'PRAMX(1,2)'
440.00000 'PRAMX(2,2)'
440.00000 'PRAMX(3,2)'
60.00000 'PRBMN(1,1)'
390.00000 'PRBMN(2,1)'
340.00000 'PRBMN(3,1)'
0.00000 'PRBMN(1,2)'
0.00000 'PRBMN(2,2)'
0.00000 'PRBMN(3,2)'
80.00000 'PRBMX(1,1)'
420.00000 'PRBMX(2,1)'
420.00000 'PRBMX(3,1)'
0.00000 'PRBMX(1,2)'
0.00000 'PRBMX(2,2)'
0.00000 'PRBMX(3,2)'
0.12000 'FLIGNI(1,1)'
0.00000 'FLIGNI(2,1)'
0.06000 'FLIGNI(1,2)'
0.00000 'FLIGNI(2,2)'
0.50000 'HIMAX'
0.00000 'HIWSF'
0.00000 'HIMON(1)'
0.00000 'HIMON(2)'
0.0000 'EFRGRN(1)'
0.0000 'EFRGRN(2)'
0.0000 'EFRGRN(3)'
0.04000 'VLOSSP'
0.00000 'FSDETH(1)'
0.00000 'FSDETH(2)'
0.00000 'FSDETH(3)'
500.00000 'FSDETH(4)'
0.10000 'FALLRT'
0.10000 'RDR'
2.00000 'RTDTMP'
0.40000 'CRPRTF(1)'
0.00000 'CRPRTF(2)'
0.00000 'CRPRTF(3)'
0.05000 'SNFXMX(1)'
27.00000 'DEL13C'
1.20000 'CO2IPR(1)'
0.80000 'CO2ITR(1)'
1.20000 'CO2ICE(1,1,1)'
1.00000 'CO2ICE(1,1,2)'
1.00000 'CO2ICE(1,1,3)'
1.20000 'CO2ICE(1,2,1)'
1.00000 'CO2ICE(1,2,2)'
1.00000 'CO2ICE(1,2,3)'
1.00000 'CO2IRS(1)'
0.00000 'KMRSP(1)'
0.00000 'CKMRSPMX(1)'
0.00000 'CKMRSPMX(2)'
0.25000 'NO3PREF(1)'
4.00000 'CLAYPG'
10.0000 'TMPGERM'
900.000 'DDHARV'
7.00000 'TMPKILL'

AV AVEIA
1.20 'PRDX(1)'
18.0 'PPDF(1)'
35.0 'PPDF(2)'
0.7 'PPDF(3)'
5.0 'PPDF(4)'
0.0 'BIOFLG'
1800.0 'BIOK5'
0.4 'PLTMRF'
150.0 'FULCAN'
2.00000 'FRTCINDX'
0.50000 'FRTC(1)'
0.10000 'FRTC(2)'
3.00000 'FRTC(3)'
0.20000 'FRTC(4)'
0.10000 'FRTC(5)'
0.40000 'CFRTCN(1)'
0.25000 'CFRTCN(2)'
0.50000 'CFRTCW(1)'
0.10000 'CFRTCW(2)'
600.0 'BIOMAX'
20.0 'PRAMN(1,1)'
100.0 'PRAMN(2,1)'
100.0 'PRAMN(3,1)'
40.0 'PRAMN(1,2)'
160.0 'PRAMN(2,2)'
200.0 'PRAMN(3,2)'
30.0 'PRAMX(1,1)'
200.0 'PRAMX(2,1)'
230.0 'PRAMX(3,1)'
60.00 'PRAMX(1,2)'
260.0 'PRAMX(2,2)'
270.0 'PRAMX(3,2)'
45.0 'PRBMN(1,1)'
390.0 'PRBMN(2,1)'
340.0 'PRBMN(3,1)'
0.0 'PRBMN(1,2)'
0.0 'PRBMN(2,2)'
0.0 'PRBMN(3,2)'
60.0 'PRBMX(1,1)'
420.0 'PRBMX(2,1)'
420.0 'PRBMX(3,1)'
0.0 'PRBMX(1,2)'
0.0 'PRBMX(2,2)'
0.0 'PRBMX(3,2)'
0.15 'FLIGNI(1,1)'
0.0 'FLIGNI(2,1)'
0.06 'FLIGNI(1,2)'
0.0 'FLIGNI(2,2)'
0.45 'HIMAX'
0.5 'HIWSF'
1.0 'HIMON(1)'
1.0 'HIMON(2)'
0.6 'EFRGRN(1)'
0.6 'EFRGRN(2)'
0.6 'EFRGRN(3)'
0.04 'VLOSSP'
0.0 'FSDETH(1)'
0.0 'FSDETH(2)'
0.0 'FSDETH(3)'
200.0 'FSDETH(4)'
0.12 'FALLRT'
0.05 'RDR'
2.0 'RTDTMP'
0.0 'CRPRTF(1)'
0.0 'CRPRTF(2)'
0.0 'CRPRTF(3)'
0.0 'SNFXMX(1)'
-27.0 'DEL13C'

0.0 'CO2IPR(1)'
0.0 'CO2ITR(1)'
0.0 'CO2ICE(1,1,1)'
0.0 'CO2ICE(1,1,2)'
0.0 'CO2ICE(1,1,3)'
0.0 'CO2ICE(1,2,1)'
0.0 'CO2ICE(1,2,2)'
0.0 'CO2ICE(1,2,3)'
0.0 'CO2IRS(1)'
0.00000 'KMRSP(1)'
0.00000 'CKMRSPMX(1)'
0.00000 'CKMRSPMX(2)'
0.25000 'NO3PREF(1)'
4.00000 'CLAYPG'
10.0000 'TMPGERM'
900.000 'DDHARV'
7.00000 'TMPKILL'

CANA Cana-de-acúcar
0.480 'PRDX(1)'
30.0 'PPDF(1)'
40.0 'PPDF(2)'
1.0 'PPDF(3)'
3.0 'PPDF(4)'
0.0 'BIOFLG'
1800.0 'BIOK5'
1.0 'PLTMRF'
150.0 'FULCAN'
1.00000 'FRTCINDX'
0.42 'FRTC(1)'
0.18 'FRTC(2)'
4.0 'FRTC(3)'
0.20000 'FRTC(4)'
0.10000 'FRTC(5)'
0.30000 'CFRTCN(1)' 0.4
0.20000 'CFRTCN(2)' 0.25
0.350000 'CFRTCW(1)' 0.5
0.10000 'CFRTCW(2)'
100.0 'BIOMAX'
40.0 'PRAMN(1,1)'
100.0 'PRAMN(2,1)'
100.0 'PRAMN(3,1)'
100.0 'PRAMN(1,2)'
160.0 'PRAMN(2,2)'
200.0 'PRAMN(3,2)'
80.0 'PRAMX(1,1)'
200.0 'PRAMX(2,1)'
230.0 'PRAMX(3,1)'
200.0 'PRAMX(1,2)'
260.0 'PRAMX(2,2)'
270.0 'PRAMX(3,2)'
45.0 'PRBMN(1,1)'
390.0 'PRBMN(2,1)'
340.0 'PRBMN(3,1)'
0.0 'PRBMN(1,2)'
0.0 'PRBMN(2,2)'
0.0 'PRBMN(3,2)'
60.0 'PRBMX(1,1)'
420.0 'PRBMX(2,1)'
420.0 'PRBMX(3,1)'
0.0 'PRBMX(1,2)'
0.0 'PRBMX(2,2)'
0.0 'PRBMX(3,2)'
0.07 'FLIGNI(1,1)'
0.0 'FLIGNI(2,1)'
0.10 'FLIGNI(1,2)'
0.0 'FLIGNI(2,2)'
0.001 'HIMAX'
0.3 'HIWSF'
1.0 'HIMON(1)'
0.0 'HIMON(2)'
0.0 'EFRGRN(1)'
0.6 'EFRGRN(2)'
0.6 'EFRGRN(3)'
0.04 'VLOSSP'
0.0 'FSDETH(1)'
0.0 'FSDETH(2)'
0.0 'FSDETH(3)'
800.0 'FSDETH(4)'
0.1 'FALLRT'
0.05 'RDR'
2.0 'RTDTMP'
0.0 'CRPRTF(1)'
0.0 'CRPRTF(2)'
0.0 'CRPRTF(3)'
0.006 'SNFXMX(1)'
-15.0 'DEL13C'
1.0 'CO2IPR(1)'
0.77 'CO2ITR(1)'
1.0 'CO2ICE(1,1,1)'
1.0 'CO2ICE(1,1,2)'
1.0 'CO2ICE(1,1,3)'
1.0 'CO2ICE(1,2,1)'
1.0 'CO2ICE(1,2,2)'
1.0 'CO2ICE(1,2,3)'
1.0 'CO2IRS(1)'
0.00000 'KMRSP(1)'
0.00000 'CKMRSPMX(1)'
0.00000 'CKMRSPMX(2)'
0.25000 'NO3PREF(1)'
4.00000 'CLAYPG'
10.0000 'TMPGERM'
900.000 'DDHARV'
7.00000 'TMPKILL'

CEF Capim Elefante
0.50000 'PRDX(1)'
30.00000 'PPDF(1)'
45.00000 'PPDF(2)'
1.00000 'PPDF(3)'
2.50000 'PPDF(4)'
1.00000 'BIOFLG'
60.00000 'BIOK5'
1.00000 'PLTMRF'
100.00000 'FULCAN'
2.00000 'FRTCINDX'
0.50000 'FRTC(1)'
0.30000 'FRTC(2)'
3.00000 'FRTC(3)'
0.20000 'FRTC(4)'
0.10000 'FRTC(5)'
0.40000 'CFRTCN(1)'
0.25000 'CFRTCN(2)'
0.50000 'CFRTCW(1)'
0.10000 'CFRTCW(2)'
400.00000 'BIOMAX'
10.00000 'PRAMN(1,1)'
390.00000 'PRAMN(2,1)'
340.00000 'PRAMN(3,1)'
40.00000 'PRAMN(1,2)'
390.00000 'PRAMN(2,2)'
340.00000 'PRAMN(3,2)'
20.00000 'PRAMX(1,1)'
440.00000 'PRAMX(2,1)'
440.00000 'PRAMX(3,1)'
60.00000 'PRAMX(1,2)'
440.00000 'PRAMX(2,2)'
440.00000 'PRAMX(3,2)'
60.00000 'PRBMN(1,1)'
390.00000 'PRBMN(2,1)'
340.00000 'PRBMN(3,1)'
0.00000 'PRBMN(1,2)'
0.00000 'PRBMN(2,2)'
0.00000 'PRBMN(3,2)'
80.00000 'PRBMX(1,1)'
420.00000 'PRBMX(2,1)'
420.00000 'PRBMX(3,1)'
0.00000 'PRBMX(1,2)'
0.10000 'PRBMX(2,2)'
0.00000 'PRBMX(3,2)'
0.12000 'FLIGNI(1,1)'
0.00000 'FLIGNI(2,1)'
0.50000 'FLIGNI(1,2)'
0.00000 'FLIGNI(2,2)'
0.00000 'HIMAX'
0.00000 'HIWSF'
0.00000 'HIMON(1)'
0.00000 'HIMON(2)'
0.0000 'EFRGRN(1)'
0.0000 'EFRGRN(2)'
0.0000 'EFRGRN(3)'
0.04000 'VLOSSP'
0.00000 'FSDETH(1)'
0.00000 'FSDETH(2)'
0.00000 'FSDETH(3)'
500.00000 'FSDETH(4)'
0.10000 'FALLRT'
0.10000 'RDR'
2.00000 'RTDTMP'
0.40000 'CRPRTF(1)'
0.00000 'CRPRTF(2)'
0.00000 'CRPRTF(3)'
0.05000 'SNFXMX(1)'
27.00000 'DEL13C'
1.20000 'CO2IPR(1)'
0.80000 'CO2ITR(1)'
1.20000 'CO2ICE(1,1,1)'
1.00000 'CO2ICE(1,1,2)'
1.00000 'CO2ICE(1,1,3)'
1.20000 'CO2ICE(1,2,1)'
1.00000 'CO2ICE(1,2,2)'
1.00000 'CO2ICE(1,2,3)'
1.00000 'CO2IRS(1)'
0.00000 'KMRSP(1)'
0.00000 'CKMRSPMX(1)'
0.00000 'CKMRSPMX(2)'
0.25000 'NO3PREF(1)'
4.00000 'CLAYPG'
10.0000 'TMPGERM'
900.000 'DDHARV'
7.00000 'TMPKILL'

Anexo 15. Valores usados nos arquivos de árvore (TREE.100) como padrão nas simulações como o modelo Century v4.5.

CN2 Cerrado

0.00000 'DECID'
0.50000 'PRDX(2)'
24.00000 'PPDF(1)'
38.00000 'PPDF(2)'
1.00000 'PPDF(3)'
3.50000 'PPDF(4)'
14.90000 'CERFOR(1,1,1)'
225.00000 'CERFOR(1,1,2)'
100.00000 'CERFOR(1,1,3)'
25.00000 'CERFOR(1,2,1)'
465.00000 'CERFOR(1,2,2)'
129.00000 'CERFOR(1,2,3)'
43.000000 'CERFOR(1,3,1)'
850.00000 'CERFOR(1,3,2)'
92.00000 'CERFOR(1,3,3)'
150.00000 'CERFOR(1,4,1)'
2260.00000 'CERFOR(1,4,2)'
183.00000 'CERFOR(1,4,3)'
150.00000 'CERFOR(1,5,1)'
2478.00000 'CERFOR(1,5,2)'
175.00000 'CERFOR(1,5,3)'
25.00000 'CERFOR(2,1,1)'
520.00000 'CERFOR(2,1,2)'
100.00000 'CERFOR(2,1,3)'
60.00000 'CERFOR(2,2,1)'
765.00000 'CERFOR(2,2,2)'
129.00000 'CERFOR(2,2,3)'
69.00000 'CERFOR(2,3,1)'
2550.00000 'CERFOR(2,3,2)'
92.00000 'CERFOR(2,3,3)'
300.00000 'CERFOR(2,4,1)'
2260.00000 'CERFOR(2,4,2)'
183.00000 'CERFOR(2,4,3)'
300.00000 'CERFOR(2,5,1)'
2478.00000 'CERFOR(2,5,2)'
175.00000 'CERFOR(2,5,3)'
17.20000 'CERFOR(3,1,1)'
402.40000 'CERFOR(3,1,2)'
100.00000 'CERFOR(3,1,3)'
76.00000 'CERFOR(3,2,1)'
765.00000 'CERFOR(3,2,2)'
129.00000 'CERFOR(3,2,3)'
50.80000 'CERFOR(3,3,1)'
1496.40000 'CERFOR(3,3,2)'
92.00000 'CERFOR(3,3,3)'
155.00000 'CERFOR(3,4,1)'
2260.00000 'CERFOR(3,4,2)'
183.00000 'CERFOR(3,4,3)'
155.00000 'CERFOR(3,5,1)'
2478.00000 'CERFOR(3,5,2)'
175.00000 'CERFOR(3,5,3)'
1.50000 'DECW1'
0.50000 'DECW2'
0.60000 'DECW3'
0.25000 'FCFRAC(1,1)'
0.25000 'FCFRAC(2,1)'
0.10000 'FCFRAC(3,1)'
0.30000 'FCFRAC(4,1)'
0.10000 'FCFRAC(5,1)'
0.34000 'FCFRAC(1,2)'
0.25000 'FCFRAC(2,2)'
0.11000 'FCFRAC(3,2)'
0.22000 'FCFRAC(4,2)'
0.08000 'FCFRAC(5,2)'
0.35000 'TFRTCN(1)'
0.25000 'TFRTCN(2)'
0.35000 'TFRTCW(1)'
0.25000 'TFRTCW(2)'
0.02000 'LEAFDR(1)'
0.02000 'LEAFDR(2)'
0.03000 'LEAFDR(3)'
0.03000 'LEAFDR(4)'
0.05000 'LEAFDR(5)'
0.05000 'LEAFDR(6)'
0.09000 'LEAFDR(7)'
0.09000 'LEAFDR(8)'
0.05000 'LEAFDR(9)'
0.01000 'LEAFDR(10)'
0.01000 'LEAFDR(11)'
0.02000 'LEAFDR(12)'
0.00700 'BTOLAI'
1.00000 'KLAI'
-0.47000 'LAITOP'
20.00000 'MAXLAI'
1.00000 'MAXLDR'
0.50000 'FORRTF(1)'
0.20000 'FORRTF(2)'
0.20000 'FORRTF(3)'
1.00000 'SAPK'
0.00000 'SWOLD'
0.09000 'WDLIG(1)'
0.16000 'WDLIG(2)'
0.20000 'WDLIG(3)'
0.30000 'WDLIG(4)'
0.30000 'WDLIG(5)'
1.00000 'WOODDR(1)'
0.03000 'WOODDR(2)'
0.01000 'WOODDR(3)'
0.00080 'WOODDR(4)'
0.00100 'WOODDR(5)'
0.00000 'SNFXMX(2)'
0.00000 'DEL13C'
1.00000 'CO2IPR'
1.00000 'CO2ITR'
1.00000 'CO2ICE(1,1,1)'
1.00000 'CO2ICE(1,1,2)'
1.00000 'CO2ICE(1,1,3)'
1.20000 'CO2ICE(1,2,1)'
1.00000 'CO2ICE(1,2,2)'
1.00000 'CO2ICE(1,2,3)'
1.00000 'CO2IRS'
1.00000 'BASFC2'
1.00000 'BASFCT'
1.00000 'SITPOT'
13.5000 'MAXNP'
0.00000 'KMRSP(2)'
0.00000 'FKMRSPMX(1)'
0.00000 'FKMRSPMX(2)'
0.00000 'FKMRSPMX(3)'
0.00000 'FKMRSPMX(4)'
0.00000 'FKMRSPMX(5)'
0.50000 'NO3PREF(2)'
6.00000 'TLAYPG'
7.00000 'TMPLFF'
10.0000 'TMPLFS'

PIN Pinus

0.00000 'DECID'
0.50000000 'PRDX(2)'
15.00000 'PPDF(1)'
32.00000 'PPDF(2)'
1.00000 'PPDF(3)'
3.50000 'PPDF(4)'
100.00000 'CERFOR(1,1,1)'
300.00000 'CERFOR(1,1,2)'
300.00000 'CERFOR(1,1,3)'
50.00000 'CERFOR(1,2,1)'
250.00000 'CERFOR(1,2,2)'
250.00000 'CERFOR(1,2,3)'
310.00000 'CERFOR(1,3,1)'
1100.00000 'CERFOR(1,3,2)'
1100.00000 'CERFOR(1,3,3)'
380.00000 'CERFOR(1,4,1)'
4000.00000 'CERFOR(1,4,2)'
4000.00000 'CERFOR(1,4,3)'
170.00000 'CERFOR(1,5,1)'
4000.00000 'CERFOR(1,5,2)'
4000.00000 'CERFOR(1,5,3)'
100.00000 'CERFOR(2,1,1)'
300.00000 'CERFOR(2,1,2)'
300.00000 'CERFOR(2,1,3)'
50.00000 'CERFOR(2,2,1)'
250.00000 'CERFOR(2,2,2)'
250.00000 'CERFOR(2,2,3)'
310.00000 'CERFOR(2,3,1)'
1100.00000 'CERFOR(2,3,2)'
1100.00000 'CERFOR(2,3,3)'
380.00000 'CERFOR(2,4,1)'
4000.00000 'CERFOR(2,4,2)'
4000.00000 'CERFOR(2,4,3)'
170.00000 'CERFOR(2,5,1)'
4000.00000 'CERFOR(2,5,2)'
4000.00000 'CERFOR(2,5,3)'
100.00000 'CERFOR(3,1,1)'
300.00000 'CERFOR(3,1,2)'
300.00000 'CERFOR(3,1,3)'
50.00000 'CERFOR(3,2,1)'
250.00000 'CERFOR(3,2,2)'
250.00000 'CERFOR(3,2,3)'
310.00000 'CERFOR(3,3,1)'
1100.00000 'CERFOR(3,3,2)'
1100.00000 'CERFOR(3,3,3)'
380.00000 'CERFOR(3,4,1)'
4000.00000 'CERFOR(3,4,2)'
4000.00000 'CERFOR(3,4,3)'
170.00000 'CERFOR(3,5,1)'
4000.00000 'CERFOR(3,5,2)'
4000.00000 'CERFOR(3,5,3)'
0.30000 'DECW1'
0.30000 'DECW2'
0.20000 'DECW3'
0.37000 'FCFRAC(1,1)'
0.34000 'FCFRAC(2,1)'
0.10000 'FCFRAC(3,1)'
0.18000 'FCFRAC(4,1)'
0.01000 'FCFRAC(5,1)'
0.37000 'FCFRAC(1,2)'
0.34000 'FCFRAC(2,2)'
0.10000 'FCFRAC(3,2)'
0.18000 'FCFRAC(4,2)'
0.01000 'FCFRAC(5,2)'
0.40000 'TFRTCN(1)'
0.25000 'TFRTCN(2)'
0.36000 'TFRTCW(1)'

0.30000 'TFRTCW(2)'
0.03000 'LEAFDR(1)'
0.03000 'LEAFDR(2)'
0.03000 'LEAFDR(3)'
0.03000 'LEAFDR(4)'
0.03000 'LEAFDR(5)'
0.03000 'LEAFDR(6)'
0.03000 'LEAFDR(7)'
0.03000 'LEAFDR(8)'
0.03000 'LEAFDR(9)'
0.03000 'LEAFDR(10)'
0.03000 'LEAFDR(11)'
0.03000 'LEAFDR(12)'
0.00823 'BTOLAI'
1000.00000 'KLAI'
-0.47000 'LAITOP'
4.00000 'MAXLAI'
1.00000 'MAXLDR'
0.00000 'FORRTF(1)'
0.00000 'FORRTF(2)'
0.00000 'FORRTF(3)'
1500.00000 'SAPK'
6.00000 'SWOLD'
0.20000 'WDLIG(1)'
0.20000 'WDLIG(2)'
0.25000 'WDLIG(3)'
0.35000 'WDLIG(4)'
0.35000 'WDLIG(5)'
0.00000 'WOODDR(1)'
0.02500 'WOODDR(2)'
0.07000 'WOODDR(3)'
0.00050 'WOODDR(4)'
0.00020 'WOODDR(5)'
0.00050 'SNFXMX(2)'
0.00000 'DEL13C'
1.20000 'CO2IPR'
0.80000 'CO2ITR'
1.20000 'CO2ICE(2,1,1)'
1.00000 'CO2ICE(2,1,2)'
1.00000 'CO2ICE(2,1,3)'
1.20000 'CO2ICE(2,2,1)'
1.00000 'CO2ICE(2,2,2)'
1.00000 'CO2ICE(2,2,3)'
1.00000 'CO2IRS'
1.00000 'BASFC2'
400.000 'BASFCT'
4800.00 'SITPOT'
13.5000 'MAXNP'
0.00000 'KMRSP(2)'
0.00000 'FKMRSPMX(1)'
0.00000 'FKMRSPMX(2)'
0.00000 'FKMRSPMX(3)'
0.00000 'FKMRSPMX(4)'
0.00000 'FKMRSPMX(5)'
0.50000 'NO3PREF(2)'
6.00000 'TLAYPG'
7.00000 'TMPLFF'
10.0000 'TMPLFS'

ME1 Mata atlântica

0.00000 'DECID'
0.50000 'PRDX(2)'
30.00000 'PPDF(1)'
45.00000 'PPDF(2)'
1.00000 'PPDF(3)'
2.50000 'PPDF(4)'
14.90000 'CERFOR(1,1,1)'
225.00000 'CERFOR(1,1,2)'
100.00000 'CERFOR(1,1,3)'
25.00000 'CERFOR(1,2,1)'
465.00000 'CERFOR(1,2,2)'
129.00000 'CERFOR(1,2,3)'
43.000000 'CERFOR(1,3,1)'
850.00000 'CERFOR(1,3,2)'
92.00000 'CERFOR(1,3,3)'
100.00000 'CERFOR(1,4,1)'
1260.00000 'CERFOR(1,4,2)'
183.00000 'CERFOR(1,4,3)'
150.00000 'CERFOR(1,5,1)'
1478.00000 'CERFOR(1,5,2)'
175.00000 'CERFOR(1,5,3)'
25.00000 'CERFOR(2,1,1)'
520.00000 'CERFOR(2,1,2)'
100.00000 'CERFOR(2,1,3)'
60.00000 'CERFOR(2,2,1)'
765.00000 'CERFOR(2,2,2)'
129.00000 'CERFOR(2,2,3)'
69.00000 'CERFOR(2,3,1)'
2550.00000 'CERFOR(2,3,2)'
92.00000 'CERFOR(2,3,3)'
300.00000 'CERFOR(2,4,1)'
2660.00000 'CERFOR(2,4,2)'
183.00000 'CERFOR(2,4,3)'
300.00000 'CERFOR(2,5,1)'
2778.00000 'CERFOR(2,5,2)'
175.00000 'CERFOR(2,5,3)'
17.20000 'CERFOR(3,1,1)'
520.00000 'CERFOR(3,1,2)'
100.00000 'CERFOR(3,1,3)'
60.00000 'CERFOR(3,2,1)'
765.00000 'CERFOR(3,2,2)'
129.00000 'CERFOR(3,2,3)'
69.00000 'CERFOR(3,3,1)'
2550.0000 'CERFOR(3,3,2)'
92.00000 'CERFOR(3,3,3)'
300.00000 'CERFOR(3,4,1)'
2660.00000 'CERFOR(3,4,2)'
183.00000 'CERFOR(3,4,3)'
300.00000 'CERFOR(3,5,1)'
2778.00000 'CERFOR(3,5,2)'
175.00000 'CERFOR(3,5,3)'
1.50000 'DECW1'
0.50000 'DECW2'
0.60000 'DECW3'
0.25000 'FCFRAC(1,1)'
0.25000 'FCFRAC(2,1)'
0.10000 'FCFRAC(3,1)'
0.30000 'FCFRAC(4,1)'
0.10000 'FCFRAC(5,1)'
0.34000 'FCFRAC(1,2)'
0.25000 'FCFRAC(2,2)'
0.11000 'FCFRAC(3,2)'
0.22000 'FCFRAC(4,2)'
0.08000 'FCFRAC(5,2)'
0.40000 'TFRTCN(1)'
0.25000 'TFRTCN(2)'
0.36000 'TFRTCW(1)'
0.30000 'TFRTCW(2)'
0.05000 'LEAFDR(1)'
0.005000 'LEAFDR(2)'
0.005000 'LEAFDR(3)'
0.005000 'LEAFDR(4)'
0.005000 'LEAFDR(5)'
0.005000 'LEAFDR(6)'
0.005000 'LEAFDR(7)'
0.005000 'LEAFDR(8)'
0.005000 'LEAFDR(9)'
0.005000 'LEAFDR(10)'
0.005000 'LEAFDR(11)'
0.005000 'LEAFDR(12)'
0.00700 'BTOLAI'
1.00000 'KLAI'
-0.47000 'LAITOP'
20.00000 'MAXLAI'
1.00000 'MAXLDR'
0.20000 'FORRTF(1)'
0.50000 'FORRTF(2)'
0.50000 'FORRTF(3)'
1.00000 'SAPK'
0.00000 'SWOLD'
0.09000 'WDLIG(1)'
0.20000 'WDLIG(2)'
0.16000 'WDLIG(3)'
0.30000 'WDLIG(4)'
0.30000 'WDLIG(5)'
1.00000 'WOODDR(1)'
0.03000 'WOODDR(2)'
0.01000 'WOODDR(3)'
0.00200 'WOODDR(4)'
0.00400 'WOODDR(5)'
0.00000 'SNFXMX(2)'
0.00000 'DEL13C'
1.00000 'CO2IPR'
1.00000 'CO2ITR'
1.00000 'CO2ICE(1,1,1)'
1.00000 'CO2ICE(1,1,2)'
1.00000 'CO2ICE(1,1,3)'
1.20000 'CO2ICE(1,2,1)'
1.00000 'CO2ICE(1,2,2)'
1.00000 'CO2ICE(1,2,3)'
1.00000 'CO2IRS'
1.00000 'BASFC2'
1.00000 'BASFCT'
1.00000 'SITPOT'
13.5000 'MAXNP'
0.00000 'KMRSP(2)'
0.00000 'FKMRSPMX(1)'
0.00000 'FKMRSPMX(2)'
0.00000 'FKMRSPMX(3)'
0.00000 'FKMRSPMX(4)'
0.00000 'FKMRSPMX(5)'
0.50000 'NO3PREF(2)'
6.00000 'TLAYPG'
7.00000 'TMPLFF'
10.0000 'TMPLFS'

Anexo 16. Valores usados nos arquivos de colheita (HARV.100), pastejo (GRAZ.100), fogo (FIRE.100) e colheita de arvores (TREM.100) como padrão nas simulações como o modelo Century v4.5.

(HARV.100)

G Colheita de grãos

0.00000 'AGLREM'
0.00000 'BGLREM'
1.00000 'FLGHRV'
0.10000 'RMVSTR'
0.50000 'REMWSD'
0.00000 'HIBG'

CC Colheita da cana

0.10000 'AGLREM'
1.00000 'BGLREM'
0.00000 'FLGHRV'
0.90000 'RMVSTR'
0.10000 'REMWSD'
0.00000 'HIBG'

BE Colheita das olerículas

0.00000 'AGLREM'
0.00000 'BGLREM'
1.00000 'FLGHRV'
0.00000 'RMVSTR'
1.00000 'REMWSD'
0.00000 'HIBG'

SIL Corte para silagem

0.00000 'AGLREM'
1.00000 'BGLREM'
1.00000 'FLGHRV'
0.95000 'RMVSTR'
1.00000 'REMWSD'
0.00000 'HIBG'

(GRAZ.100)

AI Pastejo (Alta intensidade)

0.25000 'FLGREM'
0.15000 'FDGREM'
0.60000 'GFCRET'
0.80000 'GRET(1)'
0.95000 'GRET(2)'
0.95000 'GRET(3)'
2.00000 'GRZEFF'
0.30000 'FECF(1)'
0.90000 'FECF(2)'
0.50000 'FECF(3)'
0.25000 'FECLIG'

BE1 Pastejo (baixa intensidade)

0.15000 'FLGREM'
0.10000 'FDGREM'
0.70000 'GFCRET'
0.90000 'GRET(1)'
0.95000 'GRET(2)'
0.95000 'GRET(3)'
1.00000 'GRZEFF'
0.50000 'FECF(1)'
0.90000 'FECF(2)'
0.50000 'FECF(3)'
0.25000 'FECLIG'

BE e GH Pastejo (alta intensidade)

0.30000 'FLGREM'
0.15000 'FDGREM'
0.30000 'GFCRET'
0.80000 'GRET(1)'
0.95000 'GRET(2)'
0.95000 'GRET(3)'
2.00000 'GRZEFF'
0.50000 'FECF(1)'
0.90000 'FECF(2)'
0.50000 'FECF(3)'
0.25000 'FECLIG'

(FIRE.100)

H Fogo intenso

0.80000 'FLFREM'
0.80000 'FDFREM(1)'
0.40000 'FDFREM(2)'
0.30000 'FDFREM(3)'
0.20000 'FDFREM(4)'
0.01000 'FRET(1,1)'
0.20000 'FRET(1,2)'
1.00000 'FRET(1,3)'
1.00000 'FRET(1,4)'
0.00300 'FRET(2,1)'
0.20000 'FRET(2,2)'
0.00000 'FRET(2,3)'
0.00000 'FRET(2,4)'
0.00300 'FRET(3,1)'
0.20000 'FRET(3,2)'
0.00000 'FRET(3,3)'
0.00000 'FRET(3,4)'
0.20000 'FRTSH'
10.00000 'FNUE(1)'
30.00000 'FNUE(2)'

M Fogo média intensidade

0.70000 'FLFREM'
0.70000 'FDFREM(1)'
0.30000 'FDFREM(2)'
0.30000 'FDFREM(3)'
0.20000 'FDFREM(4)'
0.01000 'FRET(1,1)'
0.20000 'FRET(1,2)'
1.00000 'FRET(1,3)'
1.00000 'FRET(1,4)'
0.00300 'FRET(2,1)'
0.20000 'FRET(2,2)'
0.00000 'FRET(2,3)'
0.00000 'FRET(2,4)'
0.00300 'FRET(3,1)'
0.20000 'FRET(3,2)'
0.00000 'FRET(3,3)'
0.00000 'FRET(3,4)'
0.20000 'FRTSH'
10.00000 'FNUE(1)'
30.00000 'FNUE(2)'

(TREM.100)

CC Colheita da madeira_

0.00000 'EVNTYP'
0.99000 'REMF(1)'
0.99000 'REMF(2)'
0.99000 'REMF(3)'
0.00000 'REMF(4)'
0.00000 'REMF(5)'
0.70000 'FD(1)'
0.20000 'FD(2)'
1.00000 'RETF(1,1)'
1.00000 'RETF(1,2)'
1.00000 'RETF(1,3)'
1.00000 'RETF(1,4)'
1.00000 'RETF(2,1)'
1.00000 'RETF(2,2)'
1.00000 'RETF(2,3)'
1.00000 'RETF(2,4)'
0.00000 'RETF(3,1)'
0.00000 'RETF(3,2)'
0.00000 'RETF(3,3)'
0.00000 'RETF(3,4)'

BURN Queima de folhas e galhos

1.00000 'EVNTYP'
0.90000 'REMF(1)'
0.90000 'REMF(2)'
0.70000 'REMF(3)'
0.70000 'REMF(4)'
0.70000 'REMF(5)'
0.90000 'FD(1)'
0.70000 'FD(2)'
0.00000 'RETF(1,1)'
0.30000 'RETF(1,2)'
1.00000 'RETF(1,3)'
0.00000 'RETF(1,4)'
0.00000 'RETF(2,1)'
0.30000 'RETF(2,2)'
1.00000 'RETF(2,3)'
0.00000 'RETF(2,4)'
0.00000 'RETF(3,1)'
0.30000 'RETF(3,2)'
1.00000 'RETF(3,3)'
0.00000 'RETF(3,4)'

Anexo 17. Valores usados nos arquivos de adubação pelo Century v4.5 (FERT.100) e preparo do solo (CULT.100) como padrão nas simulações como o modelo Century v4.5.

(FERT.100)

NP1 NPK (250 kg/ha de 5-20-20)

1.25000	'FERAMT(1)'
2.20000	'FERAMT(2)'
0.00000	'FERAMT(3)'
0.00000	'AUFERT'
1.00000	'NINHIB'

A90 manutenção 90% produção

0.00000	'FERAMT(1)'
0.00000	'FERAMT(2)'
0.00000	'FERAMT(3)'
0.90000	'AUFERT'
1.00000	'NINHIB'

N5 Nitrogen__5_gN/m2

5.00000	'FERAMT(1)'
0.00000	'FERAMT(2)'
0.00000	'FERAMT(3)'
0.00000	'AUFERT'
1.00000	'NINHIB'

N10 Nitrogen__10_gN/m2

10.0000	'FERAMT(1)'
0.00000	'FERAMT(2)'
0.00000	'FERAMT(3)'
0.00000	'AUFERT'
1.00000	'NINHIB'

ST ST 570 kg/ha

0.00000	'FERAMT(1)'
8.80000	'FERAMT(2)'
0.00000	'FERAMT(3)'
0.00000	'AUFERT'
1.00000	'NINHIB'

BE NPK

2.40000	'FERAMT(1)'
3.96500	'FERAMT(2)'
0.00000	'FERAMT(3)'
0.00000	'AUFERT'
1.00000	'NINHIB'

BE1 N cobertura

4.50000	'FERAMT(1)'
0.00000	'FERAMT(2)'
0.00000	'FERAMT(3)'
0.00000	'AUFERT'
1.00000	'NINHIB'

BE3 NPK

5.00000	'FERAMT(1)'
1.32000	'FERAMT(2)'
0.00000	'FERAMT(3)'
0.00000	'AUFERT'
1.00000	'NINHIB'

BE4 NPK

2.00000	'FERAMT(1)'
0.20000	'FERAMT(2)'
0.00000	'FERAMT(3)'
0.00000	'AUFERT'
1.00000	'NINHIB'

BE5 NPK

5.00000	'FERAMT(1)'
0.55000	'FERAMT(2)'
0.00000	'FERAMT(3)'
0.00000	'AUFERT'
1.00000	'NINHIB'

A175 média concentração no solo

0.00000	'FERAMT(1)'
0.00000	'FERAMT(2)'
0.00000	'FERAMT(3)'
1.75000	'AUFERT'
1.00000	'NINHIB'

A200 máxima concentração no solo

0.00000	'FERAMT(1)'
0.00000	'FERAMT(2)'
0.00000	'FERAMT(3)'
2.00000	'AUFERT'
1.00000	'NINHIB'

(CULT.100)

H Herbicida

1.00000	'CULTRA(1)'
0.00000	'CULTRA(2)'
0.00000	'CULTRA(3)'
0.00000	'CULTRA(4)'
0.00000	'CULTRA(5)'
0.00000	'CULTRA(6)'
1.00000	'CULTRA(7)'
2.600000	'CLTEFF(1)'
2.600000	'CLTEFF(2)'
0.000000	'CLTEFF(3)'
1.000000	'CLTEFF(4)'

AP Aração mais gradagem

1.00000	'CULTRA(1)'
0.00000	'CULTRA(2)'
1.00000	'CULTRA(3)'
0.00000	'CULTRA(4)'
0.00000	'CULTRA(5)'
0.00000	'CULTRA(6)'
0.00000	'CULTRA(7)'
4.60000	'CLTEFF(1)'
4.60000	'CLTEFF(2)'
4.00000	'CLTEFF(3)'
4.60000	'CLTEFF(4)'

BE Aração e gradagem olerículas

0.00000	'CULTRA(1)'
0.00000	'CULTRA(2)'
0.00000	'CULTRA(3)'
0.00000	'CULTRA(4)'
0.00000	'CULTRA(5)'
0.00000	'CULTRA(6)'
0.00000	'CULTRA(7)'
25.60000	'CLTEFF(1)'
40.60000	'CLTEFF(2)'
14.60000	'CLTEFF(3)'
1.60000	'CLTEFF(4)'

BE2 Aração e gradagem olerículas

0.00000	'CULTRA(1)'
0.00000	'CULTRA(2)'
0.00000	'CULTRA(3)'
0.00000	'CULTRA(4)'
0.00000	'CULTRA(5)'
0.00000	'CULTRA(6)'
0.00000	'CULTRA(7)'
100.600	'CLTEFF(1)'
20.0000	'CLTEFF(2)'
5.00000	'CLTEFF(3)'
1.60000	'CLTEFF(4)'

BE1 Aração e gradagem olerículas

0.00000	'CULTRA(1)'
0.00000	'CULTRA(2)'
0.00000	'CULTRA(3)'
0.00000	'CULTRA(4)'
0.00000	'CULTRA(5)'
0.00000	'CULTRA(6)'
0.00000	'CULTRA(7)'
1.60000	'CLTEFF(1)'
8.60000	'CLTEFF(2)'
2.60000	'CLTEFF(3)'
1.60000	'CLTEFF(4)'

BS Aração e gradagem p/ silagem

0.00000	'CULTRA(1)'
0.10000	'CULTRA(2)'
0.90000	'CULTRA(3)'
0.05000	'CULTRA(4)'
0.95000	'CULTRA(5)'
0.90000	'CULTRA(6)'
1.00000	'CULTRA(7)'
25.60000	'CLTEFF(1)'
40.60000	'CLTEFF(2)'
14.60000	'CLTEFF(3)'
1.60000	'CLTEFF(4)'

AG Aração

0.00000	'CULTRA(1)'
0.10000	'CULTRA(2)'
0.90000	'CULTRA(3)'
0.05000	'CULTRA(4)'
0.95000	'CULTRA(5)'
0.90000	'CULTRA(6)'
1.00000	'CULTRA(7)'
1.60000	'CLTEFF(1)'
2.60000	'CLTEFF(2)'
1.60000	'CLTEFF(3)'
1.60000	'CLTEFF(4)'