

Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Biológicas
Programa de Pós Graduação em Ecologia

**DINÂMICA DE LONGO PRAZO DO CARBONO DO SOLO EM
SISTEMAS DE MANEJO NO CERRADO**

Eloisa Aparecida Belleza Ferreira

BRASÍLIA - DF
2013

ELOISA APARECIDA BELLEZA FERREIRA

**DINÂMICA DE LONGO PRAZO DO CARBONO DO SOLO EM
SISTEMAS DE MANEJO NO CERRADO**

Tese apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Ecologia como requisito parcial
para a obtenção do título de Doutor em
Ecologia.

Orientadora: Dra. Mercedes Maria da Cunha
Bustamante

BRASÍLIA - DF
2013

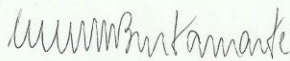
Tese de Doutorado

ELOISA APARECIDA BELLEZA FERREIRA

Título:

“Dinâmica de longo prazo do carbono do solo em sistemas de manejo no Cerrado”.

Banca Examinadora:



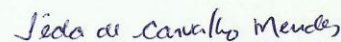
Profa. Dra. Mercedes Bustamante
Presidente / Orientadora
ECL/UnB



Prof. Dr. Cícero Célio de Figueiredo
Membro Titular
FAV/UnB



Profa. Dra. Cláudia Pozzi Jantalia
Membro Titular
Embrapa/RJ



Profa. Dra. Ieda de Carvalho Mendes
Membro Titular
Embrapa



Prof. Dr. Bruno José Rodrigues Alves
Membro Titular
Embrapa/RJ

Prof. Dr. Robélio Leandro Marchão
Suplente
Embrapa

Brasília, 24 de julho de 2013.

Dr. Antonio Ferreira, meu Pai,
a você dedico,
Com amor eterno.

AGRADECIMENTOS

Ofereço meu agradecimento mais profundo ao Dr. Dimas Resck, pesquisador visionário, que, durante minha jornada de mais de uma década na Embrapa Cerrados foi parceiro, guru, conselheiro, mentor, orientador e mestre. Obrigada pela dedicação, carinho e paciência. Obrigada pelo incentivo. Obrigada por me propiciar a oportunidade de aprender com você e pelo legado dos experimentos de longa duração que tornaram possível a execução desse trabalho sob uma perspectiva de manejo com enfoque sistêmico. Não tem como descrever com palavras minha tamanha gratidão...

Meus sinceros agradecimentos a profa. Mercedes Bustamante, pelo apoio acadêmico e fundamentação teórica sobre ecologia de ecossistemas.

Denise, a minha mão direita, pela valiosa colaboração na hora de transpor os obstáculos operacionais no laboratório e na organização dos dados. Fica minha gratidão.

Agradeço:

Ao prof. Alexandre S. Pinto pela humildade de compartilhar comigo seus conhecimentos sobre modelagem.

Aos membros da banca examinadora pelas contribuições no aprimoramento da Tese. Ao professor Cícero Figueiredo, pela disponibilização do laboratório e pela contribuição no desenvolvimento do trabalho durante toda a minha jornada de quatro anos na UnB.

A Maria Lúcia Meireles, pelo apoio burocrático e pelas portas sempre abertas para momentos de discussão. Ao Marcos Carolino, João de Deus por estarem sempre disponíveis para ajudar na execução desse trabalho. Ao Juaci pelo apoio estatístico e paciência com as centenas de e-mails. Aos doutores Karina, Robélío, Vilela, Cláudia e a todos os funcionários da Embrapa que nunca se furtaram em me ajudar quando necessário. Obrigada ao pessoal de campo e laboratório, em especial o Francisco, Lucas, Carlão, Jesuíno, Douglas e Lúcio.

Ao CENA/USP, nas pessoas do Dr. Alex, Dr. Martinelli, Dr. Marcelo e Alexandra. A Embrapa Solos, especialmente o apoio da Andréa. Obrigada ao Dr. Parton e Dra Cynthia da Universidade do Colorado. As professoras Inês Resck e Heloisa Miranda pela valiosa colaboração na geração e interpretação de dados.

A Regina, Carol e todos os colegas do laboratório de Ecologia. Aos estagiários Letícia e Heyder pela presteza. Ao Departamento de Ecologia, em especial a Vanessa, por todo apoio durante todos esses anos. A Antúria por transformar os dados em diagramas.

A minhas filhas: Fabíola, minha mão direita nas revisões bibliográficas; Renata e Giovanna, pelo apoio logístico e por comerem tanto pó moendo solo sem reclamar. Ao apoio emocional e o companheirismo do Dioclécio.

A minha mãe, por me oferecer a oportunidade de viver, e que estará sempre perto do meu coração.

A todos os sorrisos que tive pelo caminho e a todas as pessoas especiais em todos os momentos de execução desse trabalho que me fizeram acreditar que era possível chegar ao fim de modo gratificante.

Agradeço a Embrapa Cerrados por me oferecer a oportunidade do curso de doutorado e a Universidade de Brasília pelo apoio acadêmico. O presente trabalho foi realizado com financiamento da Embrapa Cerrados, Fundação de Apoio e Pesquisa do Distrito Federal, Universidade de Brasília e convênio NASA/FINATEC. Agradeço a essas instituições pelo apoio financeiro!

RESUMO

As alterações nos estoques de carbono (C) em diferentes compartimentos da matéria orgânica (MO) do solo em decorrência da substituição de vegetação nativa de cerrado sentido restrito (cerrado ss) por agroecossistemas foram avaliadas em três experimentos de longa duração após 31 anos de manejo. Os experimentos foram instalados em Latossolo Vermelho argiloso distrófico com teores de argila entre 47 e 62%, localizados na Embrapa Cerrados, Planaltina, DF. A fração $>53 \mu\text{m}$ da MO foi considerada MO particulada: MOP. A MO $<53 \mu\text{m}$ foi considerada fração silte-argila.

Sob vegetação nativa de cerrado ss com 50% de argila foi estimado um estoque de C entre 164,5 e 166,5 Mg ha^{-1} no intervalo de 0-100 cm de profundidade do solo. Após 31 anos de manejo as alterações no armazenamento de C no solo devido à substituição da vegetação nativa de cerrado ss por cultivo anual/pastagem foram restritas aos primeiros 60 cm de profundidade.

Metodologias para determinação da concentração de carbono orgânico no solo foram também comparadas. Em geral, menos carbono foi recuperado por metodologias analíticas de oxidação via úmida em relação à combustão a seco. As metodologias de determinação e correção dos estoques de C para consideração das alterações de densidade aparente do solo influenciam as comparações de diferentes formas de manejo. A desconsideração das diferenças resultantes de variações analíticas pode induzir a erros nas estimativas de emissão ou remoção de C do solo, sobretudo na comparação entre plantio direto e cerrado ss.

Apenas o método de combustão a seco com correção pela massa de solo foi capaz de evidenciar diferenças entre os estoques de C do solo da pastagem e do cerrado ss. Até a profundidade de 100 cm, a substituição do cerrado ss por plantio direto em rotação soja-milho provocou a redução de pelo menos 11% dos estoques de C do solo em relação à vegetação nativa. No entanto, a adoção do plantio direto como alternativa ao manejo convencional com arado de aivecas mitigou até 12% das emissões de CO_2 .

A avaliação da composição isotópica ($\delta^{13}\text{C}$) da MO foi realizada no intervalo de 0-40 cm de profundidade, após 15 anos de substituição de cerrado ss (uma mistura de plantas do ciclo fotossintético C3 e C4) por pastagem com gramíneas C4. As alterações no $\delta^{13}\text{C}$ da MOP entre as amostras coletadas no cerrado ss em 1996 e 2010, após 16 anos de proteção contra fogo, sugerem enriquecimento de C derivado de plantas C3 na vegetação nativa. A porcentagem de substituição do C da matéria orgânica do cerrado ss pelo C derivado da *Brachiaria brizantha* foi mais acentuada na MOP (35,6%) do que no carbono total do solo (18%), i.e. praticamente o dobro. Houve também um decréscimo da razão C:N com o declínio do tamanho das partículas em todos os sistemas de manejo, indicando menor grau de humificação nas partículas $>53 \mu\text{m}$. Esses resultados sugerem que a MOP compreende um reservatório de C com tempo de residência menor que a MO total do solo e que, portanto, constitui um compartimento mais frágil de C no solo e também um bom indicador das mudanças causadas pelos diferentes tipos de manejo.

De modo geral, as substâncias húmicas desse solo de cerrado ss são constituídas de C de polimetileno, carboidratos da celulose e peptídeos. O C aromático (que representa menos de 14%) pode ser associado à lignina modificada ou material carbonizado indistinto. Portanto, o material recalcitrante pode ser atribuído principalmente a compostos alifáticos, em especial cadeias polimetilênicas o que pode ser derivado da cutina ou suberina. Essa composição pode reforçar a hidrofobicidade da MO diminuindo o potencial de decomposição por microorganismos.

Em relação à distribuição nos compartimentos de C no solo, observa-se que entre 13 e 18% do C está armazenado na MOP, e entre 1,2 e 1,7% no C presente na biomassa microbiana. Portanto, mais de 80% do C da MO foi encontrado na fração silte-argila (ou no carbono residual) que, a princípio, pode ser atribuído ao carbono associado a minerais. Isso

sugere que na fração silte-argila (<53 μm) a alta energia de adsorção aos minerais da matriz do solo pode favorecer a estabilização em longo prazo.

No entanto, após 31 anos de manejo, o aumento relativo de armazenamento da MO na fração organo-mineral e a aceleração da mineralização da MO da fração >53 μm proporcionaram a redução entre 30 e 50% no C da biomassa microbiana em sistemas de manejo convencionais e menos de 10% em plantio direto. Além disso, embora as frações organo-minerais tenham se mostrado mais resistentes à decomposição, os resultados apontam para reduções de C também nesse compartimento da MO. Isso destaca a importância de considerar alterações da ecologia microbiana nesses solos devido ao manejo.

No que diz respeito ao nitrogênio (N), nesses 31 anos o balanço positivo de até 2,8 Mg N ha^{-1} no sistema solo-planta pode ser atribuído ao sinergismo entre um sistema simbiótico altamente eficiente na cultura da soja e a adição de C via biomassa residual de milho. No entanto, considera-se importante monitorar em longo prazo as consequências biogeoquímicas intrínsecas das formas de N disponíveis no solo e da dinâmica microbiana em resposta a esse acúmulo de N.

Após 31 anos de cultivo, o acúmulo de C do sistema solo-planta em agroecossistemas não se confirmou nesse estudo, nem mesmo no plantio direto em relação ao sistema nativo. Foram estimadas saídas em torno de 48,5 ($\pm 1,2$) Mg C ha^{-1} na forma de colheita de grãos e perdas médias de 68,1 ($\pm 8,4$) Mg C ha^{-1} . Esses cálculos de perdas de C compreendem 40,6 Mg C ha^{-1} derivados do desmatamento do cerrado ss (por remoção de galhos, troncos raízes grossas para combustível de biomassa e posterior decomposição de raízes finas e serapilheira de folhas e outros materiais finos em 31 anos de cultivo) e 18,6 a 38,5 Mg C ha^{-1} de perdas de C do solo ao longo desse período de estudo.

Com relação à simulação dos estoques de C no solo pelo modelo *Century Ecosystem* - submodelo *savanna* (Century) houve convergência entre os valores simulados e medidos no cerrado ss, com erros menores que 4%. Quanto ao compartimento vegetal, as simulações de equilíbrio sob vegetação nativa de cerrado ss representaram satisfatoriamente a produtividade primária líquida (NPP) a produção e partição de biomassa aérea e radicular observados nesse ecossistema nativo. O modelo também se mostrou apto a retratar os efeitos de diferentes regimes de queimadas sobre a produção, produtividade e estoque de C no solo do cerrado ss. Esses resultados apontam para uma replicação adequada da realidade no equilíbrio dinâmico do ecossistema nativo.

O modelo Century parametrizado para conversão do cerrado a cultivo também foi eficiente em simular tanto uma rápida queda nas taxas de perda de carbono com o revolvimento do solo como as taxas decrescentes de acúmulo de C após a instalação da pastagem na cronosequência cerrado-cultivo-pastagem (1995-2011).

Nesse contexto, em termos de simulações futuras (1991-2030) realizadas pelo modelo Century, o estoque mínimo de C no intervalo de 0-20 cm de profundidade nas pastagens pouco produtivas ocorreu em torno de 2000/01. Após a simulação de uma sucessão de alterações tecnológicas que incluíram a adoção de espécies forrageiras mais produtivas e de Integração lavoura pecuária (ILP), as estabilizações dos estoques em valores máximos ocorreram em torno de 2020. Nestes cenários estimou-se que, em 20 anos, para cada milhão de hectares o potencial de acúmulo de C foi de 2,17 a 3,69 e 3,1 a 5,3 Gg C nos sistemas Pastagem e ILP, respectivamente.

Nestes mesmos cenários, o ponto de partida definiu quanto vai ser acumulado de C no solo em função das alterações no manejo. Tanto na pastagem como no ILP, os sistemas de produção que partiram de cerrado queimado a cada 2,5 anos, acumularam, em termos relativos, 70% mais carbono do que aqueles estabelecidos em área de cerrado com regime de queimadas a cada cinco anos.

Esse estudo contribuiu para destacar a importância de experimentos de longa duração nos estudos de balanço de carbono no solo e identificou algumas fragilidades nas estimativas da contabilidade de carbono em função da escolha das metodologias e dos sistemas de referência (*linha de base*). Sendo assim, ainda que tenham sido apontados com maior precisão a direção, o sentido e as taxas das alterações nos estoques de C em função do manejo, no que se refere à magnitude dos valores, ainda se faz necessário investir no aprimoramento de métodos e modelos, bem como na padronização de protocolos para a contabilização de variações de carbono no solo em termos regionais.

Termos de indexação: plantio convencional, arado de discos, plantio direto, arado de aivecas, biomassa microbiana, matéria orgânica particulada, substâncias húmicas, modelo Century, savana.

ABSTRACT

Changes in carbon stocks (C) in different compartments of soil organic matter (OM) were assessed 31 years after the replacement of native savanna vegetation of cerrado sensu stricto (cerrado ss) by agroecosystems. For this purpose, three long-term experiments were conducted on a Clayey Oxisol (Typic Haplustox) (clay content - 47 - 62%), of EMBRAPA Cerrados, Planaltina, Distrito Federal, Brazil. The OM > 53 μm was considered particulate OM (POM). The OM < 53 μm was considered silt-clay fraction.

Under native cerrado ss vegetation with 50% clay, a C stock between 164.5 and 166.5 Mg C ha⁻¹ was estimated in the 0-100 cm depth range. After 31 years of cultivation, the changes in soil C pools caused by the replacement of native vegetation of cerrado ss by annual crops/pasture were restricted to a depth of 60 cm.

Methodologies for determining the concentration of soil organic C concentration were also compared. In general, less carbon was recovered by analytical methodologies of wet oxidation than by dry combustion. The methodologies of determination and correction of the C stocks based on density influence the comparisons of the different management forms. Disregarding these differences can lead to errors in estimates of CO₂ emissions or soil C sink, especially when comparing no-tillage and cerrado ss.

Only the dry combustion method with correction for soil mass distinguished the differences between soil C stocks of pasture and cerrado ss. To a depth of 100 cm, the replacement of the cerrado ss by soybean-corn rotation in no-tillage caused a reduction of at least 11% in soil C stocks against native vegetation. However, the adoption of no-tillage instead of conventional tillage with moldboard plow reduced the CO₂ emissions by up to 12%.

The estimates of isotopic composition ($\delta^{13}\text{C}$ - OM) were held at the depth range of 0-40 cm after 15 years of cerrado ss (C4 and C3 plants) substitution by pasture grasses. Changes in the $\delta^{13}\text{C}$ of POM between samples collected in the cerrado ss in 1996 and 2010, after 16 years of fire protection, suggest enrichment of C derived from C3 plants in the native vegetation.

*The percentage of C substitution of the cerrado ss by C derived from *Brachiaria Brizantha* was more pronounced in the POM than in the total soil carbon, i.e., almost twice as high (TOC = 18%; POM = 35.6%). There was also a narrowing of the C: N ratio with the decline of particle size in all management systems, indicating a lower humification degree in POM. These results suggest that the POM comprises a C pool with shorter residence time than the total OM, thus representing a more fragile soil C compartment as well as a good indicator of the changes caused by the different management systems.*

In general, humic substances of this soil of cerrado ss can be attributed to polymethylene, cellulose carbohydrates and peptides C. Aromatic C may be associated with modified lignin or indistinct carbonized material. Therefore, the recalcitrant material may consist mainly of aliphatic compounds, especially polymethylene chains that can be derived from cutin or sobering. This composition can reinforce the hydrophobicity of OM, decreasing the microbial decomposition potential.

Regarding the distribution in the soil C compartments, between 13 and 18% of the C fraction was stored in the POM (>53 μm) and between 1.2 and 1.7% in the C microbial biomass. Therefore, more than 80% of the C in the OM was found in the clay-silt fraction (or residual C), which can basically be attributed to the mineral-associated C. This allows the conclusion that the high adsorption energy to the minerals of the soil matrix may favor long term stabilization in the MO on silt-clay fraction.

However, after 31 years of management, the relative increase in OM pools in the organo-mineral fraction and the acceleration of mineralization in the OM fraction > 53 μm reduced the microbial biomass in conventional tillage systems between 30 and 50% and by

less than 10% under no-tillage. Furthermore, although the organo-mineral fractions have been shown to be more recalcitrant, our results indicate reductions in C in this OM compartment as well. This highlights the importance of research addressing management-induced changes in the microbial ecology of these soils.

With regard to nitrogen (N), the positive balance of up to 2.8 Mg N ha⁻¹ in the soil-plant system in these 31 years can be attributed to the synergism between a highly efficient symbiotic system in soybean and the addition of C by the maize residual biomass. However, the intrinsic biogeochemical consequences of the N forms available in the soil and the microbial dynamics in response to this N accumulation should be monitored in the long term.

After 31 years of cultivation, the C accumulation in the soil-plant system in agroecosystems was not confirmed in this study, not even under no-tillage, compared to cerrado ss. Carbon exports were estimated at around 48.5 (± 1.2) Mg C ha⁻¹, removed at grain harvest, and average losses of 68.1 (± 8.4) Mg C ha⁻¹. These C losses comprises exports by deforestation of the cerrado ss (40.6 Mg C ha⁻¹ by removing wood and coarse roots to biomass fuel and subsequent decomposition of fine roots and leaf litter after 31 years of cropping), and soil C losses in the study period (18.6 - 38.5 Mg C ha⁻¹ ha).

With regard to the simulation of soil C stocks by the Century Ecosystem model - sub model savanna (Century), the simulated and measured values of the cerrado ss were consistent, with errors below 4%. In terms of the plant compartment, the equilibrium simulations of native cerrado ss vegetation satisfactorily represented the net primary productivity (NPP), production and the partitioning of the shoot and root biomass observed in the native ecosystem. The model also reflected the effects of different fire regimes on C production, productivity and C storage in the soil of the cerrado ss adequately. These results indicate a truthful representation of the reality in the dynamic equilibrium of the native ecosystem.

The Century model parameterized for cerrado ss conversion to cultivation was also efficient in simulating both a rapid decrease in the C loss rate caused by soil disturbance as well as the decreasing rates of C accumulation after setting-up pasture in the chronosequence cerrado-cultivation-pasture (1995-2011).

In this context, in terms of future simulations (1991-2030) by the Century model, the lowest C stock in the 0-20 cm layer in low production pastures occurred around 2000/01. After the simulation of a series of technological changes that include the introduction of more productive forage species and the adoption of integrated crop-livestock (ICL) systems, the stabilization of C stocks in maximum values occurred around 2020. In these scenarios, it was estimated that in 20 years, for every million hectares, the potential of C accumulation was 2.17 to 3.69, and 3.1 to 5.3 Gg C in pasture and ICL systems, respectively.

In these same scenarios, the starting point (baseline) defined how much C will be accumulated in the soil due to management changes. In the pasture as well as in ILP, the production systems planted after wild fire every 2.5 years in cerrado ss accumulated in relative terms, 70% more carbon than those established on cerrado ss under wildfire every 5 years.

This research highlighted the significance of long-term experiments in matters of soil C balance and identified some fragilities in the estimates of C accounting, particularly due to the methods and reference systems (baseline) choices. Thus, although the direction and rates of changes in the C stocks caused by management were identified with greater accuracy, in terms of magnitude of values, the improvement of the methods and models still needs investment, as well as the standardization of protocols for soil C accounting on regional scales.

Key words: conventional tillage, disc plow, no-tillage, moldboard plow, microbial biomass, particulate organic matter, humic substances, Century model, savanna.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	19
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
CAPÍTULO I.	42
VARIAÇÕES NAS ESTIMATIVAS DE ESTOQUE DE CARBONO DO SOLO POR DIFERENTES MÉTODOS	42
INTRODUÇÃO.....	42
MATERIAL E MÉTODOS	44
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
CONCLUSÕES	76
CAPÍTULO II.....	77
CARBONO E NITROGÊNIO EM COMPARTIMENTOS DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO APÓS 15 ANOS DE MANEJO NO SÍTIO II.....	77
INTRODUÇÃO.....	77
MATERIAL E MÉTODOS	78
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	83
CONCLUSÕES	94
CAPÍTULO III.	96
CARBONO E NITROGÊNIO EM COMPARTIMENTOS DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO APÓS 31 ANOS DE MANEJO NO SÍTIO I.....	96
INTRODUÇÃO.....	96
MATERIAL E MÉTODOS	98
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	102
CONCLUSÕES	123
CAPÍTULO IV.....	124
ESTIMATIVAS DE ADIÇÃO E REMOÇÃO DE CARBONO E NITROGÊNIO NO SISTEMA SOLO-PLANTA APÓS 31 ANOS DE CULTIVO	124
INTRODUÇÃO.....	124
MATERIAL E MÉTODOS	125

RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	129
CONCLUSÕES.....	143
CAPÍTULO V.....	144
MODELAGEM DOS ESTOQUES DE CARBONO EM AGROECOSSISTEMAS NO CERRADO.....	144
INTRODUÇÃO.....	144
MATERIAL E MÉTODOS.....	145
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	158
CONCLUSÕES.....	183
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	183
REFERÊNCIAS.....	184
ANEXOS.....	218
ANEXO 1.....	218
ANEXO 2.....	220
ANEXO 3.....	235

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. REPRESENTAÇÃO DOS GRUPOS DE MANEJO E DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS DE MANEJO UTILIZADOS NO SÍTIO I.	48
TABELA 2. REPRESENTAÇÃO DOS GRUPOS DE MANEJO DO SÍTIO II AVALIADOS NESSE ESTUDO.....	49
TABELA 3. CRONOLOGIA DE MANEJO DO SÍTIO II.....	49
TABELA 4. DENSIDADE DE UM LATOSSOLO VERMELHO ARGILOSO NO PERFIL DE 0-100 CM SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NO CERRADO (SÍTIO I).	54
TABELA 5. DENSIDADE DE UM LATOSSOLO VERMELHO ARGILOSO NO PERFIL DE 0-100 CM EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NO CERRADO (SÍTIO II).	54
TABELA 6. TEXTURA DO SOLO NOS SÍTIOS EXPERIMENTAIS I E II LOCALIZADOS NA EMBRAPA CERRADOS, DF.	54
TABELA 7. CONTEÚDO DE CARBONO EM LATOSSOLO VERMELHO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO APÓS 31 ANOS DE CULTIVO NO CERRADO.	58
TABELA 8. EFEITO DE VARIAÇÕES METODOLÓGICAS NAS ESTIMATIVAS DE ESTOQUE DE CARBONO. CONTEÚDO DE CARBONO EM LATOSSOLO VERMELHO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO APÓS 31 ANOS DE CULTIVO NO CERRADO.	59
TABELA 9. VARIAÇÕES ABSOLUTAS E RELATIVAS NO ESTOQUE DE CARBONO EM LATOSSOLO VERMELHO ARGILOSO DISTRÓFICO NO INTERVALO DE 0-100 CM DE PROFUNDIDADE EM 31 ANOS DE UM EXPERIMENTO DE LONGA DURAÇÃO NO CERRADO DE ACORDO COM DIFERENTES ESTUDOS.....	63
TABELA 10. TEORES DE CARBONO DO SOLO (C) RECUPERADO POR DIFERENTES MÉTODOS ANALÍTICOS EM SISTEMAS DE MANEJO NO CERRADO APÓS 15 ANOS DE CULTIVO.	66
TABELA 11. FATOR DE CORREÇÃO MÉDIO DOS TEORES DE COT DO SOLO PARA OS MÉTODOS DE COMBUSTÃO ÚMIDA SEM (C-O ₂) E COM AQUECIMENTO (CO ₂ +), EM RELAÇÃO AO MÉTODO DE REFERÊNCIA POR COMBUSTÃO A SECO (C-TOC).....	66
TABELA 12. MATRIZ DE CORRELAÇÃO DE PEARSON DAS INTERAÇÕES ENTRE MÉTODOS ANALÍTICOS MATEMÁTICOS.	69
TABELA 13. MÉDIAS DOS ESTOQUES DE C DOS TRATAMENTOS NAS INTERAÇÕES ENTRE MÉTODOS LABORATORIAIS DE RECUPERAÇÃO DE CARBONO VS. MÉTODOS DE CÁLCULO DE ESTOQUE DE C.	70
TABELA 14. ATRIBUTOS DA MO DE UM LATOSSOLO VERMELHO ARGILOSO NO CERRADO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO.....	84
TABELA 15. TAXA DE SUBSTITUIÇÃO DO C DO VN ₂ POR C DA PASTAGEM NA DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO (MO) E NA MATÉRIA ORGÂNICA >53 μM (MOP).	94
TABELA 16. CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT) E NITROGÊNIO TOTAL (NT) EM UM LATOSSOLO VERMELHO ARGILOSO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NO CERRADO	102

TABELA 17. PROPORÇÕES DE C NAS FRAÇÕES DE MATÉRIA ORGÂNICA LEVE (MOL) E PARTICULADA (MOP) DE UM LATOSSOLO VERMELHO ARGILOSO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NO CERRADO.	104
TABELA 18. ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS DE UM LATOSSOLO VERMELHO ARGILOSO EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NO CERRADO.	112
TABELA 19. CONTRIBUIÇÃO RELATIVA CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA (C-BIO) NO CARBONO ORGÂNICO TOTAL DE UM LATOSSOLO VERMELHO ARGILOSO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NO CERRADO.	113
TABELA 20. PROPORÇÕES DE DIFERENTES GRUPOS FUNCIONAIS (%) PRESENTES NOS ESPECTROS DE ¹³ C-CPMAS-NMR, E OS ÍNDICES DERIVADOS DE AROMATICIDADE (A), HIDROFOBICIDADE (H) E RAZÃO ALQUILA/ALQUILA OXIGENADA EM LATOSSOLO VERMELHO ARGILOSO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NO CERRADO.	119
TABELA 21. FITOMASSA AÉREA E PRODUÇÃO DE GRÃOS DURANTE 31 ANOS DE CULTIVO EM LATOSSOLO VERMELHO NO CERRADO.	134
TABELA 22. CARBONO E NITROGÊNIO NA FITOMASSA SECA E NOS GRÃOS DE MILHO, ARROZ E SOJA (%).	135
TABELA 23. ADIÇÕES E REMOÇÕES DE N AO SISTEMA SOLO-PLANTA NO INTERVALO DE PROFUNDIDADE DE 0-30 CM POR 31 ANOS DE CULTIVO.	136
TABELA 24. MÉDIAS MENSIS DAS TEMPERATURAS MÁXIMA, MÍNIMA E PRECIPITAÇÃO, NO PERÍODO DE 1974 A 2010, NA ESTAÇÃO CLIMÁTICA DA EMBRAPA CERRADOS/INPE, PLANALTINA, DF.	159
TABELA 25. ESTOQUES DE C DA FITOMASSA EM CERRADO SENTIDO RESTRITO NO DISTRITO FEDERAL (MG C HA ⁻¹) E SIMULADOS PELO MODELO CENTURY SAVANNAS.	162
TABELA 26. VARIAÇÕES NOS ESTOQUES OBSERVADOS DE C (0-20 CM DE PROFUNDIDADE) EM UM PERÍODO DE 15 ANOS APÓS A SUBSTITUIÇÃO DE CERRADO SENTIDO RESTRITO (VN2) POR SISTEMAS CULTIVADOS.	164
TABELA 27. VARIAÇÕES ENTRE OS ESTOQUES OBSERVADOS E SIMULADOS DE C DO SOLO (0-20 CM) APÓS 15 ANOS DA SUBSTITUIÇÃO DE CERRADO SENTIDO RESTRITO (VN2) POR SISTEMAS CULTIVADOS.	166
TABELA 28. CARBONO DA FITOMASSA AÉREA E DE GRÃOS NA CRONOSSEQUÊNCIA 1996-2010.	167
TABELA 29. COMPARAÇÕES ENTRE OS VALORES DE C TOTAL DO SOLO SIMULADOS E OBSERVADOS EM 21 ANOS APÓS A SUBSTITUIÇÃO DO CERRADO POR PASTAGEM COM E SEM APLICAÇÃO DE N FERTILIZANTE.	169
TABELA 30. SIMULAÇÕES DOS ESTOQUES DE CARBONO EM SOLO SOB CERRADO, PASTAGEM E INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA APÓS 40 ANOS DE MANEJO.	180

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. DIAGRAMA COM FLUXOS ENTRE COMPARTIMENTOS DO MODELO CENTURY. P = PRECIPITAÇÃO; T= TEMPERATURA; DEFAC = FATOR DE DECOMPOSIÇÃO. ADAPTADO DE PARTON, ET AL. (1994).....	38
FIGURA 2. MÉDIA MENSAL DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DECENAL (MM) PARA O PERÍODO DE 1974 - 2003.	45
FIGURA 3. DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS NATIVAS DE REFERÊNCIA E DOS EXPERIMENTOS DE LONGA DURAÇÃO NA EMBRAPA CERRADOS, PLANALTINA, DISTRITO FEDERAL, BRASIL (15°35'30"S A 15° 35'S E 47 E 47°42'00"W A 47° 42'30"W).	46
FIGURA 4. CRONOLOGIA DE MANEJO NO SÍTIO I. VIDE DESCRIÇÃO NA TABELA 1.....	47
FIGURA 5. MODELO ESQUEMÁTICO DE IMPLEMENTOS UTILIZADOS NO MANEJO DO SOLO	50
FIGURA 6. VISTA DOS EXPERIMENTOS DE LONGA DURAÇÃO NA EMBRAPA CERRADOS, PLANALTINA, DF	52
FIGURA 7. DIFERENÇAS ABSOLUTAS E RELATIVAS DE ESTOQUE DE CARBONO DO SOLO NO INTERVALO DE 0-100 CM DE PROFUNDIDADE.	60
FIGURA 8. REGRESSÃO LINEAR ENTRE OS TEORES DE C ORGÂNICO TOTAL (G KG ⁻¹) POR COMBUSTÃO A SECO (C-TOC) E OXIDAÇÃO VIA ÚMIDA COM AQUECIMENTO (C-O ₂ +) EM UM LATOSSOLO VERMELHO ARGILOSO NO CERRADO DE 0-100 CM. (P<0.0001; (N=48)).....	68
FIGURA 9. REGRESSÃO LINEAR ENTRE OS TEORES DE C ORGÂNICO TOTAL (G KG ⁻¹) POR COMBUSTÃO A SECO (C-TOC) E OXIDAÇÃO VIA ÚMIDA SEM AQUECIMENTO EXTERNO (C-O ₂) EM UM LATOSSOLO VERMELHO ARGILOSO NO CERRADO DE 0-100 CM. (P<0.001; (N=48)).....	68
FIGURA 10. ERRO MÁXIMO DA ESTIMATIVA DOS ESTOQUES DE CARBONO DO SOLO (MG HA ⁻¹) DE UM LATOSSOLO NO CERRADO EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO.	72
FIGURA 11. DIFERENÇAS ABSOLUTAS E RELATIVAS DE ESTOQUE DE CARBONO DO SOLO NO INTERVALO DE 0-100 CM DE PROFUNDIDADE ENTRE: PLANTIO DIRETO (PD) E VN2; PASTAGEM E VN2; TOC = COMBUSTÃO A SECO; O ₂ = OXIDAÇÃO VIA ÚMIDA; O ₂ + = OXIDAÇÃO VIA ÚMIDA COM AQUECIMENTO.	72
FIGURA 12. ASSINATURA ISOTÓPICA ¹³ C (Δ ¹³ C) DA MATÉRIA ORGÂNICA DE UM LATOSSOLO VERMELHO ARGILOSO NO CERRADO.....	89
FIGURA 13. ASSINATURA ISOTÓPICA ¹³ C (Δ ¹³ C) DA MATÉRIA ORGÂNICA PARTICULADA DE UM LATOSSOLO VERMELHO ARGILOSO NO CERRADO.	91
FIGURA 14. CONCENTRAÇÃO DE C DAS FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA EM UM LATOSSOLO VERMELHO ARGILOSO SOB DIFERENTES SISTEMA DE MANEJO NO CERRADO.	105
FIGURA 15. ASSINATURA ISOTÓPICA ¹³ C (Δ ¹³ C) DA MATÉRIA ORGÂNICA PARTICULADA DE UM LATOSSOLO VERMELHO ARGILOSO NO CERRADO.	108

FIGURA 16. DISTRIBUIÇÃO DA BIOMASSA MICROBIANA NO PERFIL DE 0-40 CM DE UM LATOSSOLO VERMELHO ARGILOSO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NO CERRADO.	110
FIGURA 17. CONCENTRAÇÃO DE C EM COMPARTIMENTOS DE UM LATOSSOLO VERMELHO ARGILOSO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NO CERRADO.	114
FIGURA 18. CONCENTRAÇÃO DE N EM COMPARTIMENTOS DE UM LATOSSOLO VERMELHO ARGILOSO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NO CERRADO.	115
FIGURA 19. ESPECTRO ¹³ C DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS DO SOLO NO “VN1” (CERRADO SENTIDO RESTRITO NO INTERVALO DE PROFUNDIDADE DE 0-10 CM) EM ESTADO SÓLIDO UTILIZANDO A TÉCNICA DE POLARIZAÇÃO CRUZADA E ROTAÇÃO NO ÂNGULO MÁGICO (¹³ C-CPMAS-NMR) E GRUPOS FUNCIONAIS ASSOCIADOS AS BANDAS CORRESPONDENTES (ADAPTADO DE SKJEMSTAD, ET AL., 1998).....	117
FIGURA 20. ESTOQUE DE C EM COMPARTIMENTOS DE UM LATOSSOLO VERMELHO ARGILOSO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NO CERRADO.	130
FIGURA 21. DIFERENÇAS DE ESTOQUE NOS COMPARTIMENTOS DO C DO SOLO NO INTERVALO DE 0-30 CM DE PROFUNDIDADE TENDO COMO REFERÊNCIA O VN1.	131
FIGURA 22. ESTOQUE DE N EM COMPARTIMENTOS DE UM LATOSSOLO VERMELHO ARGILOSO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NO CERRADO.	133
FIGURA 23. PRODUÇÃO DE GRÃOS (A) FITOMASSA AÉREA (B) EM 31 ANOS DE CULTIVO NUM LATOSSOLO VERMELHO ARGILOSO NO CERRADO.	135
FIGURA 24. ESTIMATIVAS DE ENTRADAS E SAÍDAS DE C APÓS 31 ANOS DE SUBSTITUIÇÃO DE VEGETAÇÃO NATIVA DE CERRADO SENTIDO RESTRITO POR AGROECOSSISTEMAS. SISTEMAS DE MANEJO DESCRITOS NO RODAPÉ DA FIGURA 19. ¹ SOMA DAS MÉDIAS DE C NA BIOMASSA AÉREA, RAÍZES TOTAL (A) E 2,52 MG HA ⁻¹ DE NECROMASSA (MIRANDA, 2012).	138
FIGURA 25. VALIDAÇÃO DE MODELO <i>CENTURY ECOSYSTEM SAVANNA</i> (CENTURY) PARA CERRADO SENTIDO RESTRITO (PINTO ET AL., 2013... EM PREPARAÇÃO).....	158
FIGURA 26. VALORES SIMULADOS E OBSERVADOS DOS COMPARTIMENTOS DE C DO SOLO EM CERRADO SENTIDO RESTRITO NO SÍTIO II (0-20 CM DE PROFUNDIDADE); TOTAL: ESTOQUES DE C TOTAL DO SOLO; PASSIVO: ESTOQUES DE C NO COMPARTIMENTO PASSIVO DA MO; LENTO: ESTOQUES DE C NO COMPARTIMENTO LENTO DA MO; ATIVO: ESTOQUES DE C NO COMPARTIMENTO ATIVO DA MO. ΔC: DIFERENÇA ENTRE OS VALORES SIMULADOS E OBSERVADOS EM PORCENTAGEM. PARA OS VALORES OBSERVADOS, OS COMPARTIMENTOS ATIVO, LENTO E PASSIVO SÃO REPRESENTADOS PELO C-BIO (METHERELL ET AL., 1993), C-MOP E C-RESIDUAL.	160
FIGURA 27. PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA LÍQUIDA (NPP) OBSERVADA E SIMULADA PELO MODELO CENTURY PARA CERRADO SENTIDO RESTRITO (VN2).....	163
FIGURA 28. DADOS OBSERVADOS E SIMULADOS DE C TOTAL (A) E RAZÃO C:N (B) PELO MODELO CENTURY NA CRONOSSEQUÊNCIA 1995-2010: CERRADO SENTIDO RESTRITO - QUATRO ANOS DE LAVOURA (REVOLVIMENTO POR DOIS ANOS COM ARADO DE DISCOS E PLANTIO DE ARROZ E DOIS	

ANOS COM ARADO DE AIVECAS E PLANTIO DE SOJA) - 11 ANOS DE PASTAGEM COM <i>BRACHIARIA BRIZANTHA</i> . CORRELAÇÃO 0,926 (P = 0,003).	165
FIGURA 29. DADOS OBSERVADOS E SIMULADOS DOS COMPARTIMENTOS DE C DO SOLO PELO MODELO CENTURY NA CRONOSEQUÊNCIA 1995-2010: CERRADO SENTIDO RESTRITO - QUATRO ANOS DE LAVOURA (REVOLVIMENTO POR DOIS ANOS COM ARADO DE DISCOS E PLANTIO DE ARROZ E DOIS ANOS COM ARADO DE AIVECAS E PLANTIO DE SOJA) - 11 ANOS DE PASTAGEM COM <i>BRACHIARIA BRIZANTHA</i> . * (EVENTOS DE REVOLVIMENTO).....	167
FIGURA 30. ASSOCIAÇÕES ENTRE VALORES DE C TOTAL DO SOLO SIMULADOS E OBSERVADOS EM 21 ANOS APÓS A SUBSTITUIÇÃO DO CERRADO POR PASTAGEM COM APLICAÇÃO ANUAL MÉDIA DE 60 KG DE N HA ⁻¹ . N-5: REGIME DE QUEIMADAS COM CICLO DE CINCO ANOS; N-2,5: REGIME DE QUEIMADAS COM CICLO DE 2,5 ANOS.	170
FIGURA 31. ASSOCIAÇÕES ENTRE VALORES DE C TOTAL DO SOLO SIMULADOS E OBSERVADOS EM 21 ANOS APÓS A SUBSTITUIÇÃO DO CERRADO POR PASTAGEM SEM APLICAÇÃO DE N. SN-5: REGIME DE QUEIMADAS COM CICLO DE CINCO ANOS; SN-2,5: REGIME DE QUEIMADAS COM CICLO DE 2,5 ANOS.	171
FIGURA 32. ESTOQUE DE C E N DO SOLO SOB CERRADO EM EQUILÍBRIO SIMULADOS SOB REGIME DE FOGO EM CICLOS DE 5 ANOS E 2,5 ANOS. TOTAL-5: ESTOQUE TOTAL; TOTAL-2,5 ESTOQUE TOTAL.	172
FIGURA 33: SIMULAÇÃO DA PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DO CERRADO SENTIDO RESTRITO EM ESTADO DE EQUILÍBRIO SOB REGIME DE FOGO EM CICLOS DE 5 ANOS E 2,5 ANOS. AÉREO: BIOMASSA AÉREA; RADICULAR: BIOMASSA RADICULAR.	174
FIGURA 34. SIMULAÇÃO DOS ESTOQUES DE C TOTAL EM SOLO COM 50% DE ARGILA NA CRONOSEQUÊNCIA CERRADO (-1995) - CULTIVO (1996-2000) - PASTAGEM (2000-2030).....	175
FIGURA 35. SIMULAÇÃO DOS ESTOQUES DE C E RAZÃO C:N EM SOLO COM 50% DE ARGILA NA CRONOSEQUÊNCIA CERRADO (-1995) - CULTIVO (1996-2000) - PASTAGEM (2000-2030) EM RESPOSTA A APLICAÇÕES CRESCENTES DE N.	176
FIGURA 36. SIMULAÇÃO DOS ESTOQUES DE C DO SOLO AO LONGO DE 40 ANOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA.	178

INTRODUÇÃO

O carbono (C) na forma de gás carbônico (CO₂) atmosférico entra na biomassa terrestre via fotossíntese (produtividade primária bruta), e metade desse valor é logo liberado como CO₂ pela respiração das plantas. Esse carbono é armazenado na biomassa vegetal (produtividade primária líquida) e entra no solo via senescência ou exsudação. Ao mesmo tempo, a respiração heterotrófica e o fogo retornam uma quantidade equivalente à produtividade primária líquida para a atmosfera fechando o ciclo.

Nas últimas décadas, assistiu-se a uma longa e tumultuada história de discussões na comunidade científica sobre a influência exercida pelas atividades humanas nesse ciclo do carbono. No entanto, há evidências crescentes que o aumento da concentração de gases de efeito estufa tem um forte componente antrópico que contribui para o aquecimento global também associado a mudanças climáticas (WMO, 2010). Dentre os gases de efeito estufa, 63% das emissões correspondem ao CO₂, enquanto que o metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e os outros gases traço correspondem a 24, 10, e 3% respectivamente (IPCC, 2006).

Ainda nesse contexto há evidências de que a população mundial vai continuar crescendo até atingir cerca de 9 bilhões de pessoas em 2050, em competição por espaço ocupado com espécies da flora e da fauna (IPCC, 2006). Ademais, o crescimento econômico mundial subsiste na forte dependência dos combustíveis fósseis, com projeções de aumento de até 53% do consumo de energia entre 2008-2035. Caso não ocorra uma mudança na matriz energética, esse aumento pode proporcionar um incremento anual das emissões de CO₂ de até 43% nesse mesmo período (2008 = 30 Gt⁽¹⁾ ano⁻¹; 2035 = 43 Gt ano⁻¹) (EIA, 2011).

O solo, além de ser um recurso fundamental para a vida no planeta, é também um componente importante desse ciclo do carbono no que se refere ao potencial de armazenar carbono na forma de matéria orgânica. Estimativas indicam que 3,3 vezes mais carbono é armazenado no solo em relação à atmosfera e 4,5 vezes mais, em comparação com a biosfera (JANZEN et al., 2004; LAL, 2006).

A literatura também fornece amplas evidências de que o armazenamento de carbono no solo costuma ser maior em sistemas naturais quando comparados a solos cultivados. Entretanto, os sistemas cultivados, por sua vez, podem agir como fonte ou dreno de CO₂ atmosférico (GUO & GILLFORD, 2002; LAL, 2009;), dependendo das práticas de manejo adotadas e do regime climático, em interação com os mecanismos e processos intrínsecos do

solo (SMITH et al., 2008). O sequestro, ou armazenamento de carbono nos solos seria, portanto, uma maneira promissora em curto prazo - 20 a 50 anos - para compensar parte das emissões de carbono de origem antrópica, até que se desenvolvam soluções de longa duração para a redução do CO₂ atmosférico, principalmente no setor energético, com a redução do uso de combustíveis fósseis.

A acumulação de carbono é geralmente medida em termos de carbono total armazenado no solo, mas o “potencial de armazenamento” e “por quanto tempo ele pode ser armazenado” depende dos reservatórios de carbono no solo (ativo/lábil vs. recalcitrante/passivo) do tempo de reciclagem (SIX et al., 2002), da forma de estabilização, se química ou física (KAISER et al., 2002) e da localização (inter/intra-agregado e carbono livre no solo) (BALESDENT et al., 1996).

A taxa de armazenamento de carbono pode ser aumentada com a adoção de práticas de manejo específicas (FELLER et al., 2006; LAL, 2010). Vários estudos têm demonstrado que esse armazenamento está associado ao regime climático (GUO & GILLOFORD, 2002), ao manejo do solo (RESCK et al., 2000; SÁ et al., 2001; SIX et al., 2002 a; SISTI et al., 2004; BERNOUX et al., 2006; BAYER et al., 2006), à quantidade e qualidade dos resíduos adicionados ao solo (SIX et al., 2002), à mineralogia e tipo de solo (TRISTRAM & SIX, 2007). Existe ainda um limite de armazenamento que depende do conteúdo de argila ou da mineralogia do solo, o que pode determinar diferentes quantidades de carbono armazenado em um período de tempo limitado até atingir o ponto de saturação de carbono do solo (WEST & SIX, 2007). Metodologias de avaliação do sequestro de carbono também podem influenciar nessas estimativas, como a escolha da profundidade da amostragem (FRANZLUEBBERS, 2002).

A maioria das definições de armazenamento de C no solo refere-se apenas à remoção de CO₂ da atmosfera e o posterior armazenamento na forma orgânica do solo. Mas não há dúvidas de que a matéria orgânica do solo é um complexo dinâmico que tem como princípio a produtividade das plantas, a produção de resíduos e decomposição, e envolve os componentes microbianos e bioquímicos que mudam no tempo e no espaço, dependendo de fatores bióticos e abióticos, o uso e fertilizantes, e o grau de associação com componentes inorgânicos do solo (SCHNITZER & MONREAL, 2011).

Sendo assim, além do carbono propriamente dito, o ciclo de carbono no sistema solo-planta envolve uma complexa rede biogeoquímica, que inclui nutrientes (especialmente nitrogênio), água, oxigênio e temperatura. De acordo com Stevenson (1994), os compostos nitrogenados representam em torno de 5% da fração orgânica do solo, e cerca de 95 a 98% desse elemento fazem parte dessa fração. Nesse conjunto, o CH₄ e N₂O, que constituem gases de efeito estufa, também estão envolvidos em trocas entre o sistema solo-planta-atmosfera (BERNOUX et al., 2006).

A disponibilidade de água no solo, por sua vez, tem importante função na atividade microbiana e na dinâmica do ciclo de nutrientes (WARDLE & PARKINSON, 1990), especialmente o N (PARRON et al., 2003), que normalmente é absorvido por fluxo de massa pelas raízes das plantas na forma de nitrato dissolvido em água e é convertido em compostos orgânicos incorporados na dinâmica de produção-decomposição do carbono.

Portanto, o papel da matéria orgânica do solo na manutenção das sociedades humanas engloba os âmbitos local (i.e. manutenção da fertilidade) e global (i.e. a mitigação das emissões de carbono para a atmosfera) (FELLER et al., 2006).

Alguns modelos matemáticos têm sido propostos para simular o ciclo do carbono no solo em longo prazo. Entre os modelos mais utilizados está o *Century*, que foi testado em ecossistemas tropicais (CERRI et al., 2003; LEITE et al., 2003; WENDLING, 2007; DIAS, 2010) apresentando eficiência para simular os efeitos de diferentes tipos de manejo e uso do solo sobre a dinâmica do carbono.

Nesse contexto, esse estudo teve como objetivos avaliar: a dinâmica do carbono do solo em longo prazo em diferentes sistemas de manejo do solo no Cerrado [savana brasileira] tendo como referência uma área nativa; o papel do solo como fonte e/ou dreno do CO₂ da atmosfera em diferentes sistemas de cultivo; a distribuição de C e N nos reservatórios da matéria orgânica do solo; a eficiência do modelo *Century* em simular os estoques de carbono no solo de sistemas de manejo agrícola e pastagem no Cerrado.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Variações do carbono no solo em função do tempo de manejo

Iniciativas internacionais para se monitorar os gases de efeito estufa na atmosfera terrestre utilizam modelos de simulação que incluem o carbono nos solos (IPCC, 2006). Em termos globais, a atmosfera armazena cerca de 750 Pg de C com taxas de aumento de 3,3 Pg C ano⁻¹. Os solos, por sua vez, armazenam cerca de 1.500-2.500 Pg C (bilhões de toneladas) no primeiro metro de profundidade (SCHLESINGER, 1997; CAST, 2004) dois terços na forma de matéria orgânica (LAL, 2004).

Evidências indicam que solos são vulneráveis à degradação através de perdas de carbono e liberam gases de efeito estufa para a atmosfera. Até o final do século XX, a conversão de áreas nativas para terras cultivadas no mundo havia contribuído para a perda de mais de 50 Pg C (PAUSTIAN et al., 1998) numa taxa que pode variar entre 25 e 75% do conteúdo original, dependendo do uso e manejo do solo (LAL, 2010).

Em uma síntese que avaliou o efeito do uso da terra no estoque de carbono do solo mundial foram identificadas perdas de até 40% quando florestas são convertidas em agricultura e um ganho de 20% quando terras agrícolas são convertidas em pastagens (GUO & GILFORD, 2002). Os autores defendem que, além do tempo de manejo, a intensidade das perdas depende da zona climática, tipo de solo e profundidade do perfil.

Enquanto pradarias temperadas perdem cerca de 30% do carbono do solo após 60 anos de cultivo (TIESSSEN & STEWART, 1983), em zonas climáticas de temperaturas mais elevadas essa perda pode ser mais intensa. Em florestas tropicais, o cultivo de solos provoca perdas de mais de 60% dos estoques originais de carbono em apenas alguns anos (BROWN & LUGO, 1990), e o estoque de carbono em ambientes semiáridos pode diminuir em 30% num horizonte temporal de menos de cinco anos quando a vegetação nativa ou pastagens são convertidas em lavouras (ZACH et al., 2006; NOELLEMEYER et al., 2008). No Cerrado, após cinco anos de monocultivo sob revolvimento anual, houve perdas de 41 a 80% do C em solos com gradientes de textura argilosa para arenosa, respectivamente, o que refletiu negativamente na capacidade de troca de cátions (SILVA et al., 1994).

Parte desse carbono perdido pode ser recuperado por qualquer prática que aumente a produtividade do ecossistema, que, por conseguinte, retira CO₂ da atmosfera, ou seja, práticas

de manejo do solo ou da produção que aumentem a fotossíntese e diminuam a respiração, ou a combustão, e conseqüentemente, aumentam o C armazenado no sistema. Esse processo recebe denominações de armazenamento, ou construção de sumidouros/drenos de carbono.

Os teores de carbono do solo de sistemas nativos refletem o equilíbrio das entradas e saídas em determinado regime edáfo-climático, mas segundo Six et al., (2002), não representa necessariamente o limite superior no estoque de C. Em geral, em sistemas de plantio convencional, a perturbação do solo tende a estimular as perdas de carbono, tanto por aumentar a oferta de oxigênio para os organismos decompositores, como por fragmentar agregados que protegem o carbono do acesso microbiano. No manejo conservacionista, no qual não há revolvimento prévio à semeadura (no-tillage; plantio direto; sistema plantio direto), frequentemente resulta em ganhos de carbono, mas nem sempre (WEST & POST 2002; ALVAREZ 2005; GREGORICH et al., 2005; JANTALIA, 2007).

Na maioria dos estudos, as referências para perdas de C no solo se respaldam no carbono armazenado em sistemas naturais originais (LAL, 2008; BUSTAMANTE et al., 2006), mas quando se trata de estimativas de taxas de acumulação de C em solos cultivados, existe um alto grau de incertezas, especialmente porque a capacidade do solo de sequestrar C depende do histórico de uso e manejo e da extensão da perda de C.

Quando a referência adotada foi o sistema convencional, onde o solo foi perturbado com revolvimento, West & Post (2002), com base em um banco de dados global de 67 experimentos de longa duração, verificaram que a adoção de plantio direto, aumentou o armazenamento de C a taxas de 0, 57 Mg ha ano⁻¹, atingindo um novo equilíbrio entre 15 e 20 anos; adicionalmente, estudos mundiais têm demonstrado que, seja qual for o sistema, as variações no armazenamento C no solo estão diretamente relacionadas com a entrada C de resíduo de colheita (PAUSTIAN et al., 1997; SÁ et al., 2001; SÉGUY et al., 2006; BERNOUX et al., 2006).

As taxas mais altas de acúmulo foram encontradas em 12 anos sob plantio direto (PD), que apresentou um acúmulo de 21 Mg C ha⁻¹ tendo como referência uma vegetação nativa de cerrado (CORAZZA et al., 1999). Mas quando esse mesmo sistema PD foi analisado depois de 20 anos de cultivo foi observado um decréscimo de 26 Mg C ha⁻¹ em relação ao cerrado nativo (JANTALIA et al., 2007).

Em relação aos sistemas cultivados, CORAZZA et al. (1999) encontraram após período de 12 anos, 155 Mg C ha⁻¹ para o PD e 129 Mg C ha⁻¹ para o PC (média = 142 ± 18,4 Mg C ha⁻¹). Entretanto, JANTALIA et al. (2007) não observaram diferenças entre o plantio direto e o plantio convencional (média = 177 ± 0,50 Mg C ha⁻¹). Essas disparidades podem estar associadas ao uso de diferentes métodos de análise laboratorial [Oxidação via úmida; (CORAZZA et al., 1999) vs. Combustão a seco; (JANTALIA et al., 2007)] e/ou cálculos aritméticos de estoque de carbono no solo [Camada equivalente; (CORAZZA et al., 1999) vs. Massa equivalente; (JANTALIA et al., 2007)].

Existem evidências científicas que as pastagens podem apresentar um maior potencial de fornecimento de C ao solo que o PD, tanto pelo sistema radicular abundante, volumoso, constantemente em renovação (MOREIRA et al., 2002) como pela grande quantidade de biomassa produzida (SILVA et al., 2004; SOUZA et al., 2008). Foram observados acúmulos de 1,92 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ (CORAZZA, 1999) até 2,53 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ no primeiro metro de profundidade do solo em pastagens cultivadas em Latossolo no Cerrado (SILVA et al., 2004).

A despeito desses resultados animadores, a importância do manejo da pastagem para o efetivo acúmulo de carbono foi avaliada em revisão que incluiu mais de uma centena de estudos em 17 países (CONANT et al., 2001). Nesses estudos, tanto a fertilização, como o uso de espécies produtivas e o manejo animal adequado foram indutores para o aumento do sequestro de C do solo em até 0,3 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹. De fato, no sul do Brasil, a alta intensidade de pastejo causou perdas de 1,0 Mg C ha⁻¹ e 52 kg N ha⁻¹ em três anos de integração lavoura pecuária, mesmo com a adição de fertilizantes (SOUZA et al., 2009) o que reforça a importância de se considerarem todas as interações decorrentes das práticas de manejo na dinâmica do carbono do solo em pastagens.

Vale ressaltar que décadas de pesquisas indicam existir um limite de saturação e de perda de C no solo, e na melhor das hipóteses, qualquer perda ou ganho seria válida até esse sistema atingir a estabilização dos estoques de C do solo em um determinado horizonte de tempo onde os processos de absorção e a emissão estão em equilíbrio dinâmico (RESCK, 2000). Em geral, ocorrendo mudanças no uso do solo, ou no manejo, ou na entrada de resíduos vegetais, espera-se que haja uma mudança de estoque de C no solo (para mais ou para menos), mas de efeito finito (STEWART et al., 2007; HILLEL & ROSENZWEIG, 2010).

Do ponto de vista cronológico, existem indicativos de que o sequestro de C em solos de clima temperado pode ser efetivo por 20 a 50 anos (SMITH, 2004). et al., Em solos tropicais os estudos são bem mais recentes, mas ainda assim há evidências de que o acúmulo de C atinge seu máximo em menos tempo, estabilizando estoques em torno de 20 anos após a adoção de práticas agrícolas conservacionistas (IPCC, 2006; LAL, 2006). No sul do Brasil, variações nos estoques de C do solo estimadas por modelagem sugerem que, para alguns casos, o tempo de estabilização pode ser superior a 30 anos (BAYER et al., 2006).

Caracterização da matéria orgânica e reservatórios de carbono do solo

O carbono que se acumula no solo (COT) é o principal componente da matéria orgânica (MO) que, por sua vez, é definida como a fração orgânica do solo, incluindo plantas, animais e resíduos microbianos, em estágios variados de decomposição e húmus relativamente resistente. Conceitualmente, é todo o material orgânico do solo avaliado na fração que passa através de uma peneira de 2 mm. A MO tem 40 a 60% de C, dependendo de sua composição e idade, mas assume-se, frequentemente, uma média de 58% de C (i.e., $MO = 1,724 \times COT$; e que o COT tem uma valência média igual a zero) (NELSON & SOMMERS, 1982).

Alguns modelos conceituais têm sido desenvolvidos na tentativa de descrever os processos de formação e decomposição desse componente tão complexo do solo (JENKINSON & RAYNER, 1977; PARTON et al., 1987; 1988; DUXBURY et al., 1989) e geralmente incluem 3 a 4 reservatórios com taxas de residência (*turnover*) diferenciadas, que vão de alguns meses a milhares de anos.

Dentre os modelos que se mostraram eficientes para simular a dinâmica da MO em termos globais, o modelo *Century* (PARTON et al., 1987; SMITH et al., 1997) tem produzido resultados consistentes na simulação de balanço do carbono (C) e nitrogênio (N), particularmente em ecossistemas tropicais (PARTON et al., 1994) o que pode viabilizá-lo como uma ferramenta auxiliar no entendimento das mudanças ocorridas na MO em longo prazo, especialmente após a conversão de sistemas naturais em agroecossistemas (CERRI et al., 2003; SILVEIRA et al., 2000).

O modelo *Century* parte do pressuposto que o C da MO do solo está armazenado em compartimentos ou reservatórios denominados: “ativo”, com um rápido *turnover* [1 a 5 anos],

geralmente representado pelo C da biomassa microbiana (CMIC; JENKINSON & POWLSON, 1976) e o carbono orgânico solúvel do solo (PAUL, 1984); o compartimento “lento ou intermediário” [MO protegida fisicamente ou em formas químicas com mais resistência a decomposição com tempo de ciclagem de 20 a 40 anos], que tem sido representado pelo C da MO particulada [fração da matéria orgânica de tamanho $>53 \mu\text{m}$] (CAMBARDELLA & ELLIOT, 1992), ou pelo C da fração leve da MO [fração da MO que flutua em densidades em torno de 1.8 g cm^{-3} ; MOTAVALLI et al., 1994]; e o compartimento “passivo”, que pode ser estimado pelas substâncias húmicas (WOOMER et al., 1994), ou pelo carbono na fração organo-mineral, com tempo de ciclagem de 200 a 1.500 anos (DUXBURY et al., 1989).

Além da importância da MO no ciclo do C global (LAL et al., 2010), dezenas de pesquisas constataram que, em solos cultivados, a MO do solo contribui também para a fertilidade do solo, especialmente pelo aumento da capacidade de troca de cátions (SILVA et al., 1994; BAYER e MIELNICZUK, 1999), e para o incremento da estabilidade de agregados e o aumento do armazenamento de água em solos tropicais (RESCK et al., 2006). Todavia, em algumas situações, tanto esses parâmetros de qualidade do solo, como o C_{OT} podem não ser eficientes discriminadores dos impactos da mudança no uso da terra em curto prazo. Nesse caso, a avaliação de reservatórios do C de reciclagem mais rápida constitui-se em alternativa de incremento da sensibilidade nos estudos da MO do solo e aos impactos de diferentes sistemas de manejo.

A biomassa microbiana do solo é definida como a estimativa da massa microbiana viva total do solo, considerando a população microbiana como uma entidade única (DEPOLLI & GUERRA, 1999). Ela constitui apenas uma pequena fração do COT que varia de 2 a 5% (JENKINSON & LADD, 1981) e 1 a 5% do nitrogênio total do solo (SMITH & PAUL, 1990).

Estudos quantitativos e qualitativos desse reservatório de C são de importância fundamental, especialmente no que diz respeito a processos de formação de substâncias húmicas, formação de microagregados (SIX et al., 2002) e pela associação de C com a fração argila (GUGGENBERGER et al., 1994). NEUFELDT et al. (2002) sugerem que 85% dos polissacarídeos encontrados na fração tamanho argila são de origem microbiana e 75% de origem extracelular. A dinâmica do carbono no solo também é modulada pela biossíntese de

poliketídios, metabólicos secundários de plantas e animais com peso molecular menor que 2.500 nm. Existem mais de 100.000 substâncias incluídas nessa categoria, das quais, em torno de 50.000 são de origem microbiana (SCHNITZER & MONREAL, 2011). Evidências recentes indicam que ligações de polissacarídeos à superfície dos minerais da fração argila (<2 μm) podem ser um mecanismo relevante de estabilização do carbono em longo prazo no solo (KIEM & KOÖGEL-KNABNER, 2003).

A biomassa microbiana é, portanto, reconhecida como um elemento chave na decomposição e estabilização da matéria orgânica e como um reservatório de nutrientes de rápida ciclagem (MOREIRA & SIQUEIRA 2002). No entanto, esse reservatório tem suas limitações para ser usado isoladamente em validação de modelos que incluem componentes estruturais do carbono, pela rápida resposta dos microrganismos às mudanças nas condições ambientais (FERREIRA et al., 2007). Sendo assim, reservatórios de MO com um turnover intermediário seriam indicadores importantes para validação de modelos que pretendem esclarecer a eficiência de determinados sistemas de manejo em sequestrar carbono no solo em prazos maiores (5-40 anos). Existem suficientes evidências que a fração da matéria orgânica particulada (MOP) é razoavelmente homogênea, tem ciclagem relativamente rápida, e pode ser usada no teste de sensibilidade de modelos (CAMBARDELLA & ELLIOT, 1992; WOONER, 1994). No Brasil, estudos realizados por de BAYER et al (2004) e FIGUEIREDO et al (2010), comprovaram que o carbono orgânico da MOP apresentou maior sensibilidade às mudanças no manejo do que o COT do solo.

No entendimento de GREGORICH & ELLERT (1993), em se tratando de MO separada por fracionamento físico, tanto a MOP recuperada por peneiramento (CAMBARDELLA & ELLIOT, 1992), como a matéria orgânica da fração leve, recuperada por método densimétrico (SOHI et al., 2001), são consideradas apropriadas para serem usadas como indicadores de mudanças na MO induzidas pelo manejo. Essa fração leve é geralmente recuperada em duas frações distintas [leve livre e oclusa] usando soluções de Iodeto de sódio (NaI) e politungstato de sódio (SPT), baseadas em densidade em torno de $1,8 \text{ g cm}^{-3}$, que recuperam o material leve com a mesma eficiência (SEQUEIRA et al., 2011).

Estudo semelhante identificou que tanto a POM como a MOL são derivadas sobretudo de resíduos de plantas parcialmente decompostos, sementes, animais em decomposição, incluindo também componentes microbianos, como esporos e hifas, que podem estar

associados aos minerais do solo em microagregados, considerada MO protegida. Consequentemente, tanto a POM como a MOL são mistura de compostos similares, mas que não podem ser usados como sinônimos por possuírem diferente composição química e estrutural (SIX et al., 2002).

Há de fato, cada vez mais trabalhos voltados para a investigação do tempo de residência e dos instrumentos funcionais pelos quais o C é estabilizado nessas frações MOP e MOL. Evidências não tão recentes revelaram que são três os principais mecanismos que ocorrem no solo: formação de micro-agregação (53-250 μm); ligação física com partículas de argila e silte (EDWARDS & BREMNER, 1967, *apud* LAL, 2006); e estabilização bioquímica pela formação de compostos recalcitrantes da matéria orgânica (DUXBURY, 1989; POST & KWON, 2000). Materiais recalcitrantes que estão fisicamente ou bioquimicamente protegidos podem apresentar tempo de residência de centenas de milhares de anos (DUXBURY, 1989; POST & KWON, 2000).

Uma das maneiras de se estimar o tempo de residência da matéria orgânica no solo utiliza a diferença na abundância natural de ^{13}C entre plantas com diferentes rotas fotossintéticas [Ciclo de Calvin (plantas C3) e ciclo Hatch-slack (plantas C4)]. Na natureza existem dois isótopos de C estáveis (^{12}C e ^{13}C), que compreendem 98,89% e 1,11% de todo C existente, respectivamente. Todas as plantas discriminam CO_2 durante a fotossíntese, mas o grau desta discriminação é em função da via fotossintética. Plantas com via fotossintética C3 têm $\delta^{13}\text{C}$ variando de -40 a -23‰ (valor mais frequente -27‰), enquanto que as plantas C4 têm valores de C variando de -9 a -19‰ (valor mais frequente -12‰) (SMITH & EPSTEIN, 1971). Assim, o $\delta^{13}\text{C}$ pode ser usado como um marcador natural para estudos da dinâmica da MO no solo.

Em ecossistemas naturais, o carbono orgânico do solo é derivado quase que exclusivamente dos resíduos da vegetação nativa, e, portanto, resultado da composição isotópica da vegetação da qual ela foi originada. Em agroecossistemas (sistemas cultivados com agricultura ou pastagens) duas origens são possíveis: uma remanescente da vegetação nativa e outra oriunda dos resíduos vegetais das plantas cultivadas.

Os métodos analíticos convencionais não possibilitam identificar a origem do ^{13}C presente na MO do solo, o que é possível utilizando-se técnicas isotópicas (BALESDENT et

al., 1996). Uma mudança no tipo de vegetação (i.e. plantas C4 de pastagens substituindo plantas C3 de florestas) resulta em alterações na assinatura da abundância natural de ^{13}C do solo, o que possibilita calcular a proporção de carbono derivado da vegetação natural usando um modelo de decaimento de primeira ordem (SIX et al., 2002) e estimar o tempo de residência de cada fração da matéria orgânica do solo.

A ciclagem de carbono, no entanto, pode variar de local para local e também de acordo com a profundidade do solo. Na região amazônica, a porcentagem de C derivado da pastagem após 20 anos atingiu 70% do C total (ARAÚJO et al., 2011). No Cerrado, Wilcke & Lilienfein (2004) relataram que o carbono derivado da *Brachiaria (Urochloa) Decumbens* substituiu até 31% do carbono original após 12 anos de cultivo. Tarré et al (2001) relataram que após nove anos de pastagem 45% do carbono do solo original da Mata Atlântica tinha sido substituído pelo carbono da braquiária na superfície do solo (0-5 cm). No entanto, nesse mesmo estudo, na camada de 20-30 cm a substituição foi de apenas 15%, e nenhuma substituição significativa foi encontrada abaixo de 40 cm.

Quanto a composição estrutural e bioquímica da MO, em geral, nos solos cultivados, a MO consiste basicamente em substâncias húmicas (70%), uma pequena quantidade de carboidratos (10%), compostos nitrogenados (10%) e lipídeos (10%) (THENG et al., 1989). O termo “Substâncias húmicas” é usado para descrever uma mistura quimicamente complexa, onde é difícil encontrar estruturas químicas bem definidas, o que tem sido o desafio de muitas pesquisas nos últimos dois séculos, desde o primeiro artigo publicado por Archad em 1786 (ARCHAD, 1786 *apud* SCHNITZER, M. & MONREAL, 2011).

Na literatura mundial a origem e a estrutura das substâncias húmicas foram discutidas por vários trabalhos ao longo de décadas. Os argumentos incluem estágios de humificação que geralmente envolvem decomposição de fragmentos de plantas e animais em unidades simples, com síntese posterior de moléculas maiores, incluindo rotas alternativas da lignina (STEVENSON, 1994). Atualmente, substâncias húmicas podem ser consideradas tanto compostos orgânicos macromoleculares formados por polimerização - em ligações covalentes (SCHNITZER & MONREAL, 2011) e/ou um fenômeno de agregação molecular complexo, descrito por vários tipos de associações supramoleculares. Essas superestruturas são representadas por associações de moléculas heterogêneas e relativamente pequenas que são estabilizadas por forças físico-químicas mais fracas que ligações covalentes, como pontes de

hidrogênio e van der Waals - forças hidrofóbicas dispersivas – (PICCOLO, 2002; WERSHAW, 2004).

De acordo com Burdon (2001), existem constituintes de plantas e microrganismos que contribuem para a formação das substâncias húmicas: carboidratos, proteínas, lipídeos, tanto de origem microbiana como de origem vegetal; ligninas e taninos; substâncias microbianas como melaninas e polipeptídeos que modulam os estágios de humificação (i.e., decomposição, síntese e/ou complexação de substâncias húmicas).

Esses constituintes da MO do solo podem ser estudados pelo uso de técnicas espectroscópicas, como a ressonância magnética nuclear ^{13}C com polarização cruzada e rotação em torno do ângulo mágico (^{13}C CP-MAS NMR). Essa técnica possibilita avaliação das alterações na composição molecular das substâncias húmicas decorrentes de diferentes tipos de manejo do solo, especialmente nas mudanças na contribuição relativa de grupos funcionais reconhecidos como lábeis e recalcitrantes (SCHULTEN & SCHNITZER, 1997).

Geralmente, esses grupos funcionais são encontrados na mesma ordem de abundância, independente do tipo de solo ou da composição florística: (alifáticos) O-alkyl > alkyl > aromáticos > carbonyl (MAHIEU et al., 1999; GUGGENBERGER et al., 1994; GONZALES PERES, 2004). No entanto, algumas mudanças na proporção dessas classes moleculares foram relatadas em diferentes sistemas de manejo do solo (PRESTON et al., 1994), sugerindo que o revolvimento promove alterações na distribuição de grupos funcionais na MO do solo, e portanto, no processo de humificação. O incremento no C-alkyl e o decréscimo no C-O-alkyl sugere que a relação C-alkyl/C-O-alkyl, pode fornecer um índice sensível ao avanço da decomposição de resíduos orgânicos no solo em diferentes regimes de uso da terra (GUGGENBERGER, 1994). Apenas alguns estudos no Brasil descrevem as mudanças nas estruturas químicas das substâncias húmicas (MARTIN-NETO et al., 1991; DICK et al., 1999; BAYER et al., 2002, GONZÁLES-PÉRES et al., 2004), mas nenhum deles foi conduzido com o objetivo de se tentar avaliar a estrutura química da matéria orgânica em diferentes sistemas de manejo em experimentos de longa duração no Cerrado.

Em uma síntese dos parágrafos anteriores, pode-se depreender que a MO do solo varia em tamanho e complexidade. Ela pode ocorrer como monômeros simples ou ácidos orgânicos até misturas complexas de biopolímeros e agregados. Além disso, a estrutura química pode

variar de estruturas inalteradas idênticas ao tecido precursor, até materiais altamente decompostos. Como resultado, a MO do solo é geralmente dividida em diferentes compartimentos baseados nas propriedades físicas [i.e. tamanho (MOP), densidade (MOL)], químicas [i.e. estrutura molecular], e taxa de decomposição, que pode ser calculada pela abundância natural de ^{13}C .

No campo da pesquisa aplicada os estudos têm procurado, através do fracionamento da matéria orgânica, identificar as reais contribuições dos compartimentos da MO orgânica de curto tempo de reciclagem para explicar o efeito do uso da terra nos estoques de carbono do solo.

Em clima temperado a participação do C-MOP no COT variou de 18 a 39% em pasto nativo e sistemas cultivados, respectivamente (CAMBARDELLA & ELLIOT, 1992); em contrapartida, no Cerrado, há relatos de pastagens cultivadas que apresentam até 50% do COT na forma de MOP (FIGUEIREDO, 2010).

E em geral, em sistemas de cultivo agrícola, há uma diminuição da MOP (TIESSSEN & STEWART, 1983) e o C-MOP representa entre 11 e 35% do COT (GREGORICH et al., 2006; CARTER et al., 2003; BAYER et al., 2004; CONCEIÇÃO et al., 2005; FIGUEIREDO et al., 2010; SEQUEIRA, 2011). Usando técnicas de abundância natural de ^{13}C , BALESIDENT (1996) concluiu que a MOP tem um curto tempo de residência média em relação ao C associado a complexos organo-minerais tamanhos argila-silte (<53 μm).

Na última década, várias pesquisas também têm sugerido que a matéria orgânica leve (que inclui a matéria orgânica leve livre e oclusa) é um compartimento que também apresenta tempo de ciclagem relativamente curto e é bastante sensível a mudanças no manejo (DIEKOW, 2003; LEITE et al., 2003; XAVIER et al., 2006). De fato, o método densimétrico, quando usado apenas para recuperar a matéria orgânica leve livre [i.e. MOL] costuma detectar menos material do que o método granulométrico [i.e. MOP]. Em uma revisão de literatura, GREGORICH et al (2006) relataram que o C-MOP e o C-MOL representaram respectivamente 23 e 8% do COT, e cerca de 18% e 5% do nitrogênio orgânico do solo. Em ambientes de cerrado sentido restrito essa tendência parece persistir, já que o C-MOL e C-MOP recuperados, foram equivalentes a 20% e 39% do COT, respectivamente (PULROLNIK et al., 2009; FIGUEIREDO et al., 2010).

Considerando apenas a fração leve livre (MOL), após trinta anos de cultivo em sistemas PD e PC, ROSCOE & BUURMAN (2000) verificaram que 20% do C foi substituído por resíduos advindos de restos culturais de milho. Esses autores não observaram alterações significativas no COT com relação à substituição do C nativo pelo C das culturas.

Portanto, diante do exposto, experimentos de longa duração são essenciais para se gerarem informações precisas e robustas, no sentido de identificar, entender e documentar o efeito de sistemas de manejo, não apenas no carbono total do solo, mas também nas frações da MO de decomposição rápida e lenta, e, em última análise, para calibrar e validar modelos de balanço de carbono que vão contribuir para simulações de cenários futuros para os inventários de carbono globais.

Variações metodológicas na estimativa de armazenamento de carbono no solo

No contexto das mudanças climáticas globais, há significativas oportunidades de mitigação de GEEs (Gases de efeito estufa) nos agroecossistemas. Um modelo apresentado por Smith et al (2008) sugere que a agricultura tem um potencial biofísico de compensar até 20% do total das emissões antrópicas anuais de CO₂. No que diz respeito a todos os GEEs, em 2030 o potencial global de mitigação de agroecossistemas foi estimado em aproximadamente 5.500-6.000 Mt CO₂ eq. ano⁻¹. Desse potencial total de mitigação, aproximadamente 89% seriam proveniente das reduções das emissões de CO₂ do solo, 9% da redução das emissões de metano e 2% da mitigação das emissões de N₂O (SMITH et al., 2008). Mas, para que, em termos de magnitude, essas estimativas possam ser satisfatoriamente monitoradas, particularmente em relação à dinâmica do carbono, algumas limitações estão relacionadas à necessidade de padronização de metodologias de cálculo de armazenamento de C no solo.

Para se estimar a quantidade de C armazenada no solo, o investigador se orienta por associações de métodos analíticos laboratoriais e cálculos aritméticos envolvendo concentração, área, volume e massa. Deste modo, resultados muitas vezes divergentes em sistemas de manejo semelhantes podem proceder do uso de diferentes aproximações metodológicas.

Existem diversas metodologias analíticas para se estimarem os teores (concentração) de carbono em amostras de solo, destacando-se a oxidação via úmida e a combustão a seco. Até meados dos anos 1990 a maior parte das análises de rotina era realizada por oxidação via

úmida onde a MO é oxidada com uma mistura de $K_2Cr_2O_7$ e H_2SO_4 concentrado, sem aquecimento externo, atingindo uma temperatura de aproximadamente $120^\circ C$, sendo o excesso de dicromato titulado com sulfato ferroso amoniacal.

Assume-se que o dicromato reduzido durante a reação com o solo equivale ao carbono orgânico na amostra. A aproximação mais simplificada desse procedimento foi descrito por Walkley (1946), e se tornou globalmente conhecida como método Walkley & Black de análise de carbono orgânico do solo. Esse método, posto que oxida a MO de forma incompleta, recupera aproximadamente 76% do carbono orgânico do solo (mínimo 63% e máximo 86%; ALISSON, 1960, *apud* NELSON & SOMMERS, 1996)). Em uma síntese que incluiu 922 ambientes pedológicos em 15 artigos publicados por 30 anos de investigações, NELSON & SOMMERS (1996) constataram que esse método fornece estimativas aproximadas, ou semi-quantitativas devido a alta variabilidade nos teores de carbono recuperado; os fatores de correção variaram de 1,03 a 1,41 e 1,0 a 2,86 entre classes de solos e tipos de solos individuais, respectivamente. Não obstante, os mesmos preconizam a razoabilidade de se adotar o fator de correção de 1,32, caso não haja uma avaliação experimental específica para determinado grupo de solos.

Em vista dessa limitação do método, o uso de uma fonte externa de aquecimento foi testado e sugerido por diversos autores, (SCHOLLENBERGER, 1927; TYURIN, 1931; ANNE, 1945; TINSLEY, 1950; KALEMBASAS & JENKINSON, 1973; *apud* NELSON & SOMMERS, 1996) e entre os anos 1960 e 1980, estabeleceu-se que a inclusão de aquecimento externo da mistura em torno de $150^\circ C$ por até 30 minutos (MEBIUS, 1960; YEOMANS & BREMNER, 1988) seria suficiente para assegurar a completa oxidação do C orgânico, sendo desnecessário empregar um fator de correção em relação ao método por combustão a seco (NELSON & SOMMERS, 1996).

Nas análises de C por combustão a seco, a amostra é gradualmente aquecida numa corrente de oxigênio purificado. Nas temperaturas acima de $700^\circ C$, o C orgânico e inorgânico são convertidos em CO_2 que pode ser medido por titulação, cromatografia gasosa, espectrometria de infravermelho, ou gravimetria. Com a evolução desse procedimento, vários equipamentos automatizados foram desenvolvidos para a determinação da composição elementar (C, H, N, S).

Apesar do alto custo de aquisição, instalação e manutenção, esses equipamentos possibilitam que um maior número de amostras seja analisado em menor tempo. No entanto, em solos calcários, o C inorgânico deve ser mensurado por um pré-tratamento de digestão de carbonatos e o C orgânico calculado pela diferença entre C total e C inorgânico.

Investigações recentes revelam que os métodos de oxidação via úmida recuperam menos carbono que os métodos de combustão a seco (RHEINHEIMER et al., 2008; SEGNINI et al., 2008), e essa diferença varia com a classe de solo e horizontes amostrados (GATTO et al., 2009). Alguns trabalhos sugerem que parte desse carbono recuperado pelos métodos de combustão a seco está em outras formas, que não fazem parte da MO e, deste modo, seria importante não dispensar as devidas precauções analíticas na presença de carbonatos e carvão (WILKE, 2005; JANTALIA, 2007). Solos com pH (CaCl₂) > 6 são susceptíveis de conter carbonatos (WILKE, 2005) e a quantidade de carvão após queimadas também pode alterar os resultados, que devem ser tratados com cautela.

Em virtude da comprovada acurácia e precisão, os métodos de determinação de carbono por combustão a seco, passaram a ser sugeridos como referência pelo IPCC (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas – ONU) para cálculos das estimativas de conteúdo de carbono no solo em inventários globais (IPCC, 2006). Ainda assim, devido ao baixo custo das análises e à facilidade de acesso a equipamentos e reagentes, os métodos baseados na oxidação do dicromato continuam sendo utilizados, a despeito da comprovada toxidez e bioacumulação em longo prazo de resíduos de cromo no meio ambiente (JORDÃO, 1999)).

De acordo com o que foi relatado, pode-se dizer que, no âmbito laboratorial, o C pode ser recuperado por vários métodos analíticos onde a concentração é sempre calculada com base no teor de C em amostras com uma massa de solo conhecida (g g⁻¹).

Contudo, no que se refere à variação dos cálculos aritméticos de estimativa de conteúdo de carbono em um perfil de solo, destaca-se a dimensão volumétrica, que inclui a profundidade do perfil. Nesse espaço, a quantidade de C armazenada pode ser expressa tanto em função apenas de um volume de solo conhecido, ou, incluir uma massa de solo específica.

Durante décadas de pesquisa, realizava-se o cálculo de armazenamento de C pelo método da camada equivalente, no qual os resultados de estoque de carbono são expressos em função de uma camada de solo com determinada espessura, sem levar em consideração a massa de solo armazenada nesse volume conhecido para efeito de comparação entre sistemas de manejo. A concentração de carbono é convertida em conteúdo de carbono, considerando a concentração de C numa amostra de solo coletada num perfil de solo de densidade e profundidade conhecidas. Enfatiza-se que, nesse caso, a densidade do solo é utilizada apenas para ajustar os teores de carbono a um volume específico, mas não considera a massa de solo existente nesse espaço. Destarte, esse método calcula a massa de C em relação ao volume de solo, que, em função da compactação, pode conter distintas massas de solo, em diferentes sistemas de manejo, e que não correspondem a massa de solo contida no sistema nativo original.

A expressão “massa equivalente” foi cunhada por Vallis, 1972 (*apud* ELLERT & BETTANY, 1996), para calcular o conteúdo de carbono na base da massa de solo equivalente a um sistema de referência, com a intenção de comparar sistemas de uso da terra após a conversão. Esse método garante que a massa de solo dentro do perfil de solo entre vários sistemas de manejo sejam equivalentes a massa de solo de um perfil de solo em um sistema considerado como referência (i.e. de preferência uma vegetação nativa ou aquele sistema que apresenta a menor densidade do solo). O método presume que o manejo pode aumentar a densidade do solo em relação a sistemas nativos; esse adensamento aumenta também a massa de solo contida em uma camada de solo de determinada espessura. Portanto, métodos que não consideram a massa de solo, provocam uma superestimativa dos estoques de C em solos com densidades mais elevadas (DAVIDSON & ACKERMAN, 1993).

A idéia de ajustar o conteúdo de carbono pela massa equivalente passou a ser utilizada como um mecanismo que elimina o efeito do adensamento do solo na estimativa dos estoques de C orgânico na comparação entre sistemas de manejo do solo; ou seja, a "correção de massa" sobre os estoques de carbono resulta em uma redução nos estoques de carbono devido à conversão do uso da terra (ELLERT & BETTANY, DAVIDSON & ACKERMAN, 1993, WALKLEY, 2004; SISTI et al., 2004; MARCHÃO et al., 2009).

Ainda que o método de cálculo de armazenamento de carbono pela massa equivalente corrija o efeito do adensamento do solo pelo manejo, os efeitos de cada sistema de manejo do

solo sobre a dinâmica do carbono em profundidade não devem ser menosprezados. A profundidade de amostragem é, portanto, mais uma questão importante em termos de medidas de acumulação de carbono.

Dessa forma, em complemento à argumentação sobre distintas aproximações metodológicas, alguns autores reforçam a idéia de tratar com cautela as evidências inequívocas sobre magnitudes de ganho de carbono pelo plantio direto ao advertir que uma comparação consistente das alterações de COT deve considerar o efeito do manejo em profundidade (RESCK et al., 2008, URQUIAGA et al., 2010; BATLLE-BAYER, 2010). Alguns estudos constataram que os efeitos de algumas práticas de manejo e cultivo refletem principalmente na camada superficial do solo [plantio direto] e outras, nas camadas mais profundas [arado de aivecas e pastagens] (JANTALIA et al., 2007; FIGUEIREDO, 2010; LAL, 1997; NEEDELMAN et al., 1999; MANLEY et al., 2005), e, portanto, as observações de maiores teores de C em sistemas de plantio direto podem ser um artefato devido a profundidade limitada de amostragem (LAL et al., 2008; BAKER et al., 2007; BATLLE-BAYER, 2010).

Embora o PD tenha potencial para acumular C no solo, em comparação ao plantio convencional, esse tipo de manejo proporciona estoques de carbono altamente estratificados, sendo mais concentrados perto da superfície e gradualmente decrescendo com a profundidade (BOLLINGER, 2006; SÁ et al., 2001; FERREIRA et al., 2007; BERNOUX et al., 2006). Para alguns autores essa condição de estratificação vai depender, ainda, da dinâmica de sistemas de manejo que antecedem ao plantio direto e das rotações de culturas utilizadas (RESCK et al., 2006), especialmente do tipo de cultura e da forte influência da contribuição do sistema radicular, bem como, da quantidade e qualidade dos resíduos e o aporte de nitrogênio (URQUIAGA et al., 2010).

Enquanto o IPCC recomenda que as estimativas de COT sejam realizadas pelo menos considerando a profundidade de 0-30cm [e aconselha 100 cm em casos específicos], essa instituição não reforça que os valores devam ser ajustados pela massa equivalente (IPCC, 2006). Há quem pondere sobre a necessidade de se analisar profundidades maiores que 60 cm (GUO & GILFORD, 2002). Outros, recomendam avaliar de 20 cm (BERNOUX et al., 2006) para áreas com plantio direto, até o primeiro metro de profundidade para se estimar com

maior precisão as mudanças do estoque de C do solo na áreas convertidas para cultivo e pastagens (URQUIAGA et al., 2010; BATTLE-BAYER et al., 2010).

Além disso, os estudos raramente consideram referências precisas para o tempo zero (linha de base), tais como tipo de vegetação nativa original e caracterização satisfatória dos atributos do solo (BATTLE-BAYER et al., 2010; BODDEY et al., 2010), o que dificulta a comparação dos dados disponíveis na literatura. Em se tratando do Cerrado, a quantidade de carbono armazenada em solos sob vegetação nativa pode variar de 87 Mg C ha⁻¹ a 210 Mg C ha⁻¹ (BUSTAMANTE et al., 2006).

Isto posto, é importante distinguir a noção clássica de armazenamento de carbono no solo associado unicamente com fluxos de CO₂, da noção de sequestro de carbono no solo, que leva em consideração o balanço total de diferentes gases de efeito estufa (CO₂, CH₄, N₂O, etc) e é calculado na base de CO₂ equivalente (FELLER et al., 2006). Em alguns casos, o armazenamento de carbono varia bastante em relação ao sequestro de carbono no solo. Uma revisão recente destaca que em climas temperados o aumento do armazenamento de carbono no solo em plantio direto leva a maiores emissões de N₂O, quando comparado a plantio convencional; mas esse sistema de plantio direto também causou o aumento das emissões de N₂O (expresso em relação ao C-CO₂ equivalente) que pode refletir em um aumento no potencial de aquecimento global (SIX et al., 2002). Quanto essa questão é considerada, torna-se evidente que o termo “sequestro de carbono” deve ser utilizado com cautela, ou no mínimo, mediante uma definição bastante clara, especialmente em publicações onde o conceito engloba apenas a quantificação do armazenamento de carbono e o balanço de CO₂.

Simulação do armazenamento de C pelo Modelo Century

Para efeitos de se atender a demanda da sociedade científica no que tange a contribuições para o aumento do conhecimento do ciclo de carbono global, é necessário gerar informações quantitativas sobre o tamanho dos vários reservatórios e taxas de reciclagem para estimar o sequestro de C no solo.

Nesse sentido, em consonância com a idéia desenvolvida nessa revisão sobre a complexidade de processos que controlam a ciclagem de C, sabe-se que a estabilização da MO no solo está em função de taxas de adições e decomposição, controladas por um balanço entre nutrientes, temperatura, umidade, textura e mineralogia do solo. Porém, interações entre

essas variáveis normalmente apresentam mecanismos complexos de retroalimentação e comportamento não linear (TORNQUIST et al., 2009).

Em ecossistemas tropicais, estudos em experimento de longa duração são relativamente recentes, o que agrava as lacunas de conhecimento sobre o controle ambiental no entendimento do ciclo biogeoquímico do C (BORTOLON et al., 2012), e dificulta a estimativa de C armazenado em formas mais recalcitrantes (reservatório passivo) da MO, que podem ter um tempo de residência maior que 150 anos (PARTON et al., 1989). Dentre as novas abordagens propostas para superar essas limitações, modelos de simulação têm sido utilizados com sucesso para realizar projeções nas alterações nos estoques de C em função de mudanças do uso do solo.

O *Century Agroecosystem model* (Century) é um modelo geral de ciclagem de nutriente no sistema solo-planta que tem sido usado para simular a dinâmica de carbono e nutrientes para diferentes ecossistemas incluindo pastagens, áreas agrícolas, florestas e savanas (PARTON et al., 1987; 1994; Figura 1). Ele é composto de funções de programação de eventos de manejo e submodelos de decomposição da MO, balanço hídrico, e produtividade das plantas (culturas/pastagens e produção florestal).

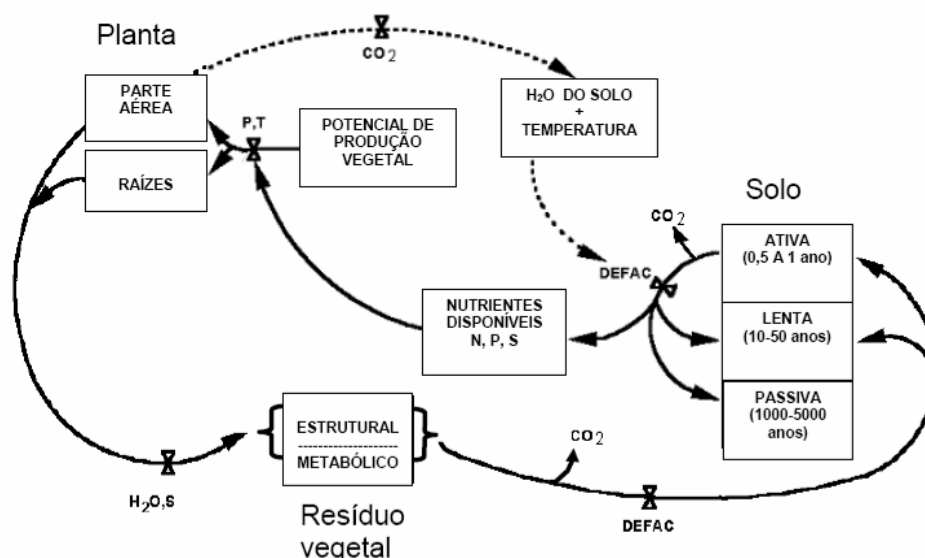


Figura 1. Diagrama com fluxos entre compartimentos do modelo Century. P = precipitação; T= Temperatura; DEFAC = Fator de decomposição. Adaptado de PARTON, et al. (1994).

Várias iniciativas de sucesso na aplicação do modelo Century têm sido documentadas no Brasil, em especial, após a conversão de florestas ou campos em sistemas cultivados. Em

Mata Atlântica o modelo demonstrou grande potencialidade para simular a dinâmica da MO do solo sob adubação mineral e orgânica (LEITE et al, 2004), a dinâmica do carbono em floresta, pastagem (SILVEIRA et al, 2000. Na Amazônia, o modelo mostrou-se adequado para simular a dinâmica do C e N total (CERRI, 2003). Também foi usado para simular dinâmica do nitrogênio e a dinâmica do carbono no sul do país em sistemas agrícolas (BORTOLON et al, 2009).

Para aumentar a capacidade de prever a dinâmica do C após a conversão, o modelo exige uma série de variáveis de entrada para a parametrização da produtividade do sistema nativo em estado de equilíbrio. As versões mais recentes - Century-Savannas - incluíram, num mesmo sistema, os estratos arbóreos e herbáceos para simular a produtividade de áreas nativas em domínios morfoclimáticos de savanas (METHERELL et al., 1993)..

Ainda assim, devido à limitada compreensão dos mecanismos subjacentes e à persistência e estabilização do C no complexo organo-mineral de solos tropicais, restam algumas questões associadas à validação do modelo Century-Savannas para prever futuras mudanças nos estoques de C após a mudança de uso da terra, particularmente em Latossolos, que, segundo Adámoli et al (1986), ocupam 46% do Cerrado.

Latossolos são solos altamente intemperizados, bem drenados, com horizonte A profundo. A fração argila é constituída essencialmente por minerais de argila 1:1 (com pouca ou nenhuma substituição isomórfica) e óxidos de ferro (Fe) e alumínio (Al), o que determina uma baixa densidade de carga superficial líquida negativa e, em consequência, baixa capacidade de troca catiônica (CTC), quando comparada aos minerais 2:1 (mineralogia de carga permanente) encontrada em solos temperados e subtropicais (RESCK et al., 2008). Essas características refletem na disponibilidade de nutrientes para as plantas, no fluxo de água e na adsorção de C no complexo organo-mineral do solo.

No modelo Century, o fluxo de C para o compartimento passivo é controlado pelo conteúdo de argila. O fluxo de C do reservatório ativo para o lento e do lento para o passivo estão positivamente relacionados com o teor de argila e de argila+silte, respectivamente (PARTON et al., 1989) e foi calibrado em função da textura do solo com mineralogia onde predominam de argilas 2:1, que possuem potencial de associação com C diferente de argilas 1:1 e óxidos de Fe e Al (SILVER et al., 2000). Nesse sentido, alguns autores sugerem que o

modelo Century superestima o papel da proteção física do C pelas argilas em solos tropicais (CORBEELS et al., 2006).

As relações subjacentes que descrevem a estabilização do C no reservatório passivo para solos altamente intemperizados são discutidas detalhadamente por Leite & Mendonça (2003). Em solos tropicais, os teores de óxidos de Fe e Al influenciam os teores e a estabilidade da MO de duas formas: 1) pela formação de compostos organo-minerais de alta estabilidade em decorrência da interação eletrostática das cargas positivas dos óxidos e cargas negativas da MO do solo, dificultando o acesso microbiano ao substrato orgânico (OADES et al., 1989; *apud* LEITE & MENDONÇA, 2003) e; 2) por meio de mudanças na estrutura. Os solos ricos em óxi-hidróxidos de Fe e Al apresentam estrutura tipicamente granular, o que garante maior resistência à interferência antrópica e às alterações no manejo do solo (LEITE & MENDONÇA, 2003).

Vale relembrar que os dados utilizados para calibrar e validar modelos de simulação do ciclo do carbono e de mudanças climáticas globais são resultantes de décadas de pesquisas em estudos de longa duração sobre as mudanças dos estoques de C do solo em função de mudanças do uso da terra (PETERSON et al., 2011). Experimentos de longa duração são, portanto, instrumentos seguros e essenciais para gerar informações que permitem estimar diferentes taxas de mudanças tanto na concentração como no conteúdo de COT.

No domínio do Cerrado foi possível armazenar um conjunto consistente de dados edáficos e ambientais de longo prazo, coletados durante até 31 anos em experimentos de longa duração em manejo e conservação do solo e da água localizados na área experimental da Embrapa Cerrados. Nesses sítios, são avaliados atributos do solo em áreas que incluem: parcelas de cerrado sentido restrito, utilizadas como referência; tratamentos com gradientes crescentes de impacto pela perturbação do solo; tratamentos com diferentes entradas de C e N derivados de resíduo de colheita; pastagens com *Brachiaria brizantha*. Nesses 31 anos, diversos autores têm utilizado esses sítios experimentais na busca de índices e processos controladores da dinâmica do carbono e atributos do solo (CORAZZA et al., 1999; NEUFELD et al., 1999; MENDES et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2004; SILVA et al., 2004; SOUZA e ALVES, 2003; FERREIRA et al., 2005; FIGUEIREDO et al., 2005; ZINN et al., 2005; SÁ et al., 2005; RESCK et al., 2006; JANTALIA et al., 2007; FIGUEIREDO et al., 2007; FIGUEIREDO et al., 2010).

Desta forma, esse trabalho tem a proposta de contribuir para esse conjunto de conhecimento por meio da avaliação do efeito de 31 anos de manejo na dinâmica de carbono e nitrogênio num Latossolo Vermelho argiloso no Cerrado.

REFERÊNCIAS

- ABDALA, G.C.; CALDAS, L.S.; HARIDASAN, M.; EITEN, G. Above and belowground organic matter and root: shoot ratio in a Cerrado in Central Brazil. *Brazilian Journal of Ecology*, v.2, p. 11-23, 1998.
- ADAMOLI, J.; MACEDO, J.; AZEVEDO, L.G.; MADEIRA NETO, J. *Caracterização da região dos Cerrados. In: Solos do Cerrado: tecnologias e estratégias de manejo*. São Paulo: Nobel, 1st ed, 1985. pp. 33-74.
- ALVAREZ, C. R.; ALVAREZ, R.; GRIGERA, M. S. & LAVADO, R. S. *Associations between organic matter fractions and the active soil microbial biomass. Soil Biol. Biochem.*; v. 30, p.767-773, 1997.
- ALVAREZ, R. A review of nitrogen fertilizer and conservation tillage effects on soil organic carbon storage. *Soil Use and Management*. V. 21, p. 38-52, 2005.
- ALVES, B. J. R.; ZOTARELLI, L.; FERNANDES, F. M.; HECKLER, J. C.; MACEDO, R. A. T.; BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; URQUIAGA, S. Fixação Biológica de Nitrogênio e Fertilizantes Nitrogenados no Balanço de Nitrogênio em soja, milho e algodão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v. 41, n. 3, 2006, p. 449-456.
- ALVES, B. J. R.; JANTALIA, C. P.; MADARI, B. E.; MACHADO, P. L. O. A.; FRANCHINI, J. C.; SANTOS, H. P.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. *Emissões de óxido nitroso de solo pelo uso de fertilizantes nitrogenados em áreas agrícolas*. Embrapa, Seropédica, RJ: Comunicado técnico 126, junho, 2010.
- ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; AITA, C.; BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; CAMARGO, F. A. O. O manejo de sistemas agrícolas. Porto Alegre, Gênese, 2006. 215p.
- AMÉZKETA, E. Soil Aggregate Stability: A review. *Journal of Sustainable Agriculture*, v.14, n.2/3, 1999.
- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H.; Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. *Soil Biology & Biochemistry*, v.21, p. 471-479, 1989.

ARAÚJO, E.; KER, J. C.; MENDONÇA, E. S.; SILVA, I. R.; OLIVEIRA, E. K. Impacto da conversão floresta - pastagem nos estoques e na dinâmica do carbono e substâncias húmicas do solo no bioma Amazônico. *Acta Amazonica*, v. 41, n.1, p.103-114, 2011.

ARAÚJO, E. *Estimativa da quantidade de N acumulada pelo sistema radicular da soja e sua importância para o balanço de N do solo*. 2004. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. 101p.

ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; MARTINS, S. C.; GROppo, J. D.; SALGADO, P. R.; EVANGELISTA, B.; VASCONCELLOS, E.; SANO, E. E.; PAVÃO, E.; LUNA, R.; CAMARGO, P. B.; MARTINELLI, L. A. *Changes in soil carbon stocks in Brazil due to land use: paired site comparisons and a regional pasture soil survey*. *Biogeosciences Discuss.*; 10, 5499-5533, doi:10.5194/bgd-10-5499-2013, 2013.

BAISDEN, W. T.; R. G.; AMUNDSON, D. L.; BRENNER, A. C.; COOK, C.; KENDALL, J.; HARDEN, J.W. A multi-isotope C and N modeling analysis of soil organic matter turnover and transport as a function of soil depth in a California annual grassland soil chronosequence. *Global Biogeochem Cycles*, 16, N. 4. doi:10.1029/2001GB001823, 2002.

BAKER, J. M.; OCHSNER, T. E.; VENTEREA, R. T.; GRIFFIS, T. J. Tillage and soil carbon sequestration—What do we really know? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.118, p. 1-5, 2007.

BALDOCK, J. A.; OADES, J.M.; NELSON, P.N.; SKENE, T.M.; GOLCHIN, A.; CLARKE, P. Assessing the extent of decomposition of natural organic materials using solid-state ¹³C NMR spectroscopy. *Australian Journal of Soil Research*, v. 35, p. 1061–1083, 1997.

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

BALDOCK, J. A.; SKJEMSTAD, J. O. Role of the soil matrix and minerals in protecting natural organic materials against biological attack. *Organic Geochemistry*, v. 31, 697-710, 2000.

BALESDENT, J. The significance of organic separates on carbon dynamics and its modeling in some cultivated soils. *European Journal of Soil Science*, Oxford, v. 47, p. 485-493, 1996.

BALESDENT, J.; MARIOTT, A. Measurement of Soil Organic Matter Turnover Using ¹³C Natural Abundance. In BOUTTON, T.W.; YAMASAKI, S. (Eds). *Mass Spectrometry of Soils*; Marcel Dekker, New York, 1996, p. 83–111.

BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S. & HUNGRIA, M. R. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. *R. Bras. Ci. Solo*, v. 22, p. 641-649, 1998.

BATLLE-BAYER, L.; BATJES, N. H.; BINDRABAN, P.S. Changes in organic carbon stocks upon land use conversion in the Brazilian Cerrado: A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 137 p. 47-58, 2010.

BATMANIAN, G. J. *Efeitos do fogo sobre a produção primária e a acumulação de nutrientes do estrato rasteiro de um cerrado*. 1983. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia)-Universidade de Brasília, Brasília, 1983.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. 2. ed. rev. e atualiz. Porto Alegre: Metrópole, 2008, p. 7-18.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.39, n.7p. 677-683, 2004.

BERNOUX, M.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P.; SIQUEIRA, NETO M.; METAY, A.; PERRIN, A. S.; SCOPEL, E.; BLAVET, D.; PICCOLO, M. C.; PAVEL, M.; MILNE, E. 2006. Cropping systems, carbon sequestration and erosion in Brazil, a review. *Agronomy for Sustainable Development*, v. 26, p. 1-8, 2006.

BIGHAM, J. M.; FITZPATRICK, R. W.; SCHULZE, D. *Iron oxides*. In: DIXON, J. B.; SCHULZE, D. G. (eds). *Soil mineralogy with environmental applications*. *Soil Science Society of America Book Series*, Madison, WI, USA, 2002. p. 323-366.

BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. *Bulk density*. In: KLUTE, A. (ed.). *Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods*. 2nd. ed. Madison: Wisconsin, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, 1986. p. 363-375. (*Agronomy Series*, 5)

BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; CONCEIÇÃO, P. C.; ZANATTA, J. A.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; DIECKOW, J.; SANTOS, H. P. D.; DENARDIN, J. E.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. Carbon accumulation at depth in Ferralsols under zero-till subtropical agriculture. *Global Change Biol.* v. 16, p. 784-795, 2010.

BOLLINGER, A.; MAGID, J.; JORGE, T.; AMADO, C.; NETO, F.S.; RIBEIRO, M.; CALEGARI, A.; RALISCH, R.; NEERGAARD, A. Taking stock of the Brazilian “Zero-Till Revolution”: A review of landmark research and farmer practice. *Advances in Agronomy* , v.91, p. 47-110, 2006.

BONDE, T. A.; CHRISTENSEN, B. T.; CERRI, C. C. *Dynamics of soil organic matter as reflected by natural ¹³C abundance in the particle size fractions of forested and cultivated Oxisols*. *Soil Biol. Biochem*, v. 24, p. 275-277, 1992.

BORTOLON, E. S. O.; MIELNICZUK, J.; TORNQUIST, C. G.; LOPES, F.; FERNANDES, F. F. Simulação da dinâmica do carbono e nitrogênio em um Argissolo do Rio Grande do Sul usando modelo Century. *R. Bras. Ci. Solo*, v.33, p. 1635-1646, 2009.

BRASIL. *Comunicação nacional inicial do Brasil à Convenção quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima*. Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), Brasília, 2004.

BRASIL. *Emissões de gases de efeito estufa por queima de combustíveis: abordagem bottom-up: relatórios de referência: primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa*. Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), Brasília, 2006. 89p.

BROWN, S.; LUGO, A. E. Tropical secondary forests. *Journal of Tropical Ecology*, v. 6, p. 1-32, 1990.

BRUUN, T. B.; ELBERLING, B.; CHRISTENSEN, B. T. Lability of Soil Organic Carbon in Tropical Soils with Different Clay Minerals. *Soil Biol. Biochem.*; v.42, p.888–895, 2010.

BURDON, J. Are the traditional concepts of the structures of humic substances realistic? *Soil Sci.* v. 166, p. 752-769, 2001.

BUSTAMANTE, M. M. C.; LENZA, E. Impacto das atividades agrícolas, florestais e pecuárias nos recursos naturais. In: FALEIRO, F.G.; FARIAS NETO, A.L.. (Org.). *Savanas - desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais*. 1a.ed.Brasília: Embrapa, 2008, p. 647-669.

BUSTAMANTE, M. M. C.; NOBRE, C. A.; SMERALDI, R.; AGUIAR, A. P. D.; BARIONI, L. G.; FERREIRA, L. G.; LONGO, K.; MAY, P.; PINTO, A. S.; OMETTO, J. P. H. B. Estimating greenhouse gas emissions from cattle raising in Brazil. *Climatic Change*, v. 115 p. 559–577, 2012 (a).

BUSTAMANTE, M. M. C.; NARDOTO, G. B.; PINTO, A. S.; RESENDE, J. C. F.; TAKAHASHI, F. S. C.; VIEIRA, L. C. G. Potential impacts of climate change on biogeochemical functioning of Cerrado ecosystems. *Braz. J. Biol.*; v. 72, n.3 (suppl), p. 655-671, 2012 (b).

BUSTAMANTE, M. M. C.; CORBEELS, M.; SCOPEL, E.; ROSCOE, R. *Soil carbon storage and sequestration potential in the Cerrado Region of Brazil*. In: LAL, R.; CERRI, C.; BERNOUX, M.; ETCHEVERS, J.; CERRI, E. (Eds.), *Carbon Sequestration in Soils of Latin America*. The Haworth Press, Binghamton, USA, 2006, p. 285–299.

CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOT, E. T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.56, p.777-783, 1992.

CAMPBELL, C. A.; BIEDERBECK, V. O.; ZENTNER, R. P.; LAFOND, G.P. Effect of crop rotations and cultural practices on soil organic matter, microbial biomass and respiration in a thin black Chernozem. *Can. J. Soil Sci.*; V. 71, P. 363-376, 1991.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F. et al (Ed.). *Fertilidade do solo*. SBRS, Viçosa, 2007, p. 375-470.

CARTER, M. R.; KUNELIUS, H. T.; SANDERSON, J. B.; KIMPINSKI, J.; PLATT, H. W.; BOLINDER, M. A. Productivity parameters and soil health dynamics under long-term 2-year potato rotation in Atlantic Canada. *Soil Till. Res*, v. 72, p. 153–168, 2003.

CARVALHO, J. L. N.; RAUCCI, G. S.; CERRI, C. E. P.; BERNOUX, M.; FEIGL, B. J.; WRUCK, F. J.; CERRI, C. C. Impact of pasture agriculture and crop-livestock systems on soil C stocks in Brazil. *Soil and Tillage Research*, v. 110 (1), p. 175-186, 2010.

CARVALHO, A. M.; BUSTAMANTE, M. M. C.; KOZOVITS, A. R.; MIRANDA, L. N.; VIVALDI, L. J.; SOUSA, D. M. Emissões de NO e N₂O associadas a aplicação de uréia sob plantio direto e convencional. *Pesq. Agro. Bras.*; v.41, p. 679-685, 2006.

CARVALHO, J. L. N.; CERRI, C. E. P.; FEIGL, B. J.; PÍCCOLO, M. C.; GODINHO, V. P.; CERRI, C. C. Carbon sequestration in agricultural soils in the Cerrado region of the Brazilian Amazon. *Soil & Tillage Research*, v. 103, p. 342-349, 2009.

CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; MELLO, C. R.; CERRI, C. E. P. Potencial de seqüestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. *R. Bras. Ci. Solo*, v. 34, p. 277-289, 2010.

CASÃO JUNIOR, R.; SIQUEIRA, R. Dinâmica de semeadoras-adubadoras diretas em Guaíra (PR): resultados de avaliação. *Revista Plantio Direto*, Passo Fundo, v.83, nov./dez. de 2004.

CAST (Council for Agricultural Science and Technology). 2004. *Climate Change and Greenhouse Gas Mitigation: Challenges and Opportunities for Agriculture*. Ames, IA: CAST.

CASTRO NEVES, B. M. 2007. Efeito de queimadas em áreas de cerrado sensu stricto na biomassa de raízes finas. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília, DF.

CASTRO, E. A.; KAUFFMAN, J. B. Ecosystem structure in the Brazilian Cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption by fire. *Journal of Tropical Ecology*, vol. 14, no. 3, p. 263-283, 1998.

CATROUX, C.; SCHNITZER, M. Chemical, spectroscopic, and biological characteristics of the organic matter in particle size fractions separated from an Aquoll. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, v. 51, p. 1200-1207, 1987.

CERRI, C. E. P. *Variabilidade espacial e temporal do carbono do solo na conversão de floresta em pastagens na Amazônia Ocidental (Rondônia)*. Tese (Doutorado). 2003. Universidade de São Paulo/Centro de Energ. Nucl. Agricultura - Ciências (Energia Nuclear na Agricultura). 159p.

CHATTERJEE, A.; LAL, R.; WIELOPOLSKI, L.; MARTIN, M. Z.; EBINGER, M. H. Evaluation of Different Soil Carbon Determination Methods. *Critical Reviews in Plant Sciences*, v. 28, p. 164-178, 2009.

CHRISTENSEN, B. T. Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates. *Adv. Soil Sci.*, v.20, p. 1-90, 1992.

CONANT, R. T.; PAUSTIAN, K.; ELLIOTT, E. T. "Grassland Management and Conversion into Grassland Effects on Soil Carbon. *Ecol. Appl.* v. 11, p. 343-55, 2001.

CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. *R. Bras. Ci. Solo*, v.29, p.777-788, 2005.

CORAZZA, E. J.; SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de Cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.23, p.425-432, 1999.

CORBEELS, M.; SCOPEL, E.; CARDOSO, A.; BERNOUX, M.; DOUZET, J. M.; SIQUEIRA NETO, M. S. Soil carbon storage potential of direct seeding mulch-based cropping systems in the Cerrados of Brazil. *Global Change Biology*, v. 12, p. 1773-1787, 2006.

COUTINHO, L.M. Ecological effects of fire in Brazilian Cerrado. In: Huntley, B.J.; WALKER, B.H. (Ed.). *Ecology of Tropical Savannas*. Berlin: Springer-Verlag, 1982. pp. 273-291.

COUTINHO, L. M. Fire in the ecology of the Brazilian cerrado. In: Goldammer, J.G.(ed.). *Fire in the tropical biota*. New York: Springer-Velarg, 1990. Cap. 6, p. 82-105. (Ecological Studies, 84).

COUTINHO, L. M. O Cerrado e a ecologia do fogo. *Ciência Hoje*, v. 12, n. 68, p. 22-30, 1990.

DAVIDSON, E.; ACKERMAN, I. Changes in soil carbon inventories following cultivation of previously untilled soils. *Biogeochemistry* v. 20(3), p. 161-193, 1993.

DAY, P. R. *Particle fractionation and particle-size analysis*. In: BLACK, C.A. (ed.) *Methods of soil analysis*. Madison: American Society of Agronomy, 1965.

DE VOS, B.; LETTENS, S.; MUYS, B.; DECKERS, J.A. Walkley-Black analysis of forest soil organic carbon: Recovery, limitations and uncertainty. *Soil Use Man.*, v. 23, p. 221-229, 2007.

DENG, Y.; DIXON, J. B. *Soil organic matter and organic - mineral interactions*, In: J.B. DIXON and D.G. SCHULZE (eds.) *Soil Mineralogy with Environmental Applications*. Soil Science Society of America, Madison, WI, 2002.

DE-POLLI, H.; GUERRA, J. G. M. *C, N e P na biomassa microbiana do solo*. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F. A. de O. (Eds.) *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre: Gênese, 1999.

DE-POLLI, H.; GUERRA, J. G. M. *Carbono, nitrogênio e fósforo da biomassa microbiana do solo*. In.: SANTOS, G. de A.; SILVA, L. S. da; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Eds.). *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais*. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 263-276.

DETOMINI, E. R. 2004. Modelagem da produtividade potencial de *Brachiaria brizantha* variedades cultivadas Marandu e Xaraés. Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP. 112 p.

DIAS, R. R. A. *Modelagem dos estoques de carbono do solo sob diferentes coberturas na região do cerrado*. Dissertação de Mestrado, 120 p. Universidade de Brasília, 2010.

DICK, D. P.; GONCALVES, C. N.; DALMOLIN, R. S. D.; KNICKER, H.; KLAMT, E.; KÖGEL-KNABNER, I.; SIMOES, M. L.; MARTIN-NETO, L. M. Characteristics of soil organic matter of different Brazilian Ferralsols under native vegetation as a function of soil depth. *Geoderma*, v. 124, p. 319-333, 2005.

DICK, D. P.; BURBA, P.; HERZOG, H. Influence of extractant and soil type on molecular characteristics of humic substances from two Brazilian soils. *J. Braz. Chem. Soc.* v. 10, p. 140-145, 1999.

DIECKOW, J.; BAYER, C.; CONCEIÇÃO, P. C.; ZANATTA, J. A.; MARTIN-NETO, L.; MILORI, D. B. M.; SALTON, J. C.; MACEDO, M. M.; MIELNICZUK, J.; HERNANI, L. C. Land use, tillage, texture and organic matter stock and composition in tropical and subtropical Brazilian soils. *European Journal of Soil Science*, v. 60, p. 240 - 249, 2009.

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

DON, A.; SCHUMACHER, J.; FREIBAUER, A. Impact of tropical land-use change on soil organic carbon stocks - a meta-analysis. *Global Change Biology*, v. 17(4), p. 1658-1670, 2011.

DUXBURRY, J. M.; SMITH, M. S.; DORAN, J. W. *Soil organic matter as a source and a sink of plant nutrients*. In: COLEMAN, D.C.; OADES, J.M.; UEHARA, G. (Eds.). *Dynamics of Soil Organic Matter in Tropical Ecosystems*. University of Hawaii Press, Honolulu, 1989, p. 33-67.

EDWARDS, A. P.; BREMNER, J. M. Dispersion of soil particles by sonic vibration. *Journal of Soil Science*, v. 18, n. 1, p. 47-63, 1967.

ELLERT, B. H.; JANZEN, H. H.; ENTZ, T. Assessment of a method to measure temporal change in soil carbon storage, *Soil Sci. Soc. Am. J.*; v. 66, p. 1687-1695, 2002.

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

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EMBRAPA. *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 412 p.

EMBRAPA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília: Embrapa, 1999. 412p.

FARGIONE, J.; HILL, J.; TILMAN, D.; POLASKY, S.; HAWTHORNE, P. Land clearing and the biofuel carbon debt. *Science*, v. 319, p. 1235, 2008.

FELFILI, J. M.; SILVA JÚNIOR, M. C. A comparative study of cerrado (sensu stricto) vegetation in Central Brazil. *Journal of Tropical Ecology* v. 9, p. 277-289, 1993.

FELFILI, J. M.; SILVA JÚNIOR, M. C.; SEVILHA, A. C.; FAGG, C. W.; WALTER, B. M. T.; NOGUEIRA, P. E. & REZENDE, A. V. Diversity, floristics and structural patterns of cerrado vegetation in central Brazil. *Plant Ecology*, v. 175, p. 37-46, 2004.

FELLER, C.; BEARE, M. H. Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. *Geoderma*, v. 79, p. 69-116, 1997.

FELLER, C.; MANLAY, R. J.; SWIFT, M. J.; BERNOUX, M. 2006. Functions, services and value of soil organic matter for human societies and the environment: a historical perspective. In: FROSSARD, E.; BLUM, W. E. H.; WARKENTIN, B. P.(eds). Function of soils for human societies and the environment. Geological Society, London, Special Publication, 266, p. 9-22.

FERNANDES, F. F. Uso do modelo Century no estudo da dinâmica do carbono orgânico em solos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. (Tese de Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002. 158p.

FERREIRA, E. A. B.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C.; RAMOS, M. L. G. Dinamica do carbono da biomassa microbiana em cinco épocas do ano em diferentes sistemas de manejo do solo no Cerrado. *Rev. Bras. Ci. Solo*, v.31, n.6, p. 1625-1635, 2007.

FIGUEIREDO, C. C.; RESCK, D. V. S.; CARNEIRO M. A. C. Labile and stable fractions of soil organic matter under management systems and native Cerrado. *R. Bras. Ci. Solo*, v. 34, p. 907-916, 2010.

FIGUEIREDO, C. C.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C.; FERREIRA, E. A. B.; RAMOS, M. L. G. Carbono e nitrogênio da biomassa microbiana em resposta a diferentes sistemas de Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. *Revista Brasileira de ciência do Solo*, v. 31, p. 551-562, 2007.

FIGUEIREDO, C. C.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C.; URQUIAGA, S. Sistemas de manejo na absorção de nitrogênio pelo milho em um Latossolo Vermelho no Cerrado. *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v. 40, n.3, p. 273-287, 2005.

FRANZLUEBBERS, A. J. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. *Soil Till. Res*, v. 66, p. 95-106, 2002.

GADANHA JUNIOR, C. D.; MOLIN, J. P.; COELHO, J. L. D.; YAHN, C. H.; TOMINORI, S. M. A. W. *Máquinas e Implementos Agrícolas no Brasil*. São Paulo: IPT, 1991.

GATTO, A.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; SILVA, I. R.; SÁ MENDONÇA, E.; VILLANI, E. M. A. Comparação de métodos de determinação do carbono orgânico em solos cultivados com eucalipto. *R. Bras. Ci. Solo*, v. 33, p. 735-740, 2009.

GOLCHIN, A.; OADES, J. M.; SKJEMSAT, J. O.; CLARK, P. Soil structure and carbon cycling. *Australian Journal of Soil Research*, v. 32, p. 1043-1068, 1994.

GONÇALVES, C. N.; DALMOLIN, R. S. D.; DICK, D. P.; KNICKER, H.; KLAMT, E.; KÖGEL-KNABNER, I. The effect of 10 % HF treatment on the resolution of CPMAS ¹³C NMR spectra and on the quality of organic matter in Ferralsols. *Geoderma*, v. 116, p. 373-392, 2003.

GONZÁLEZ-PÉREZ, M.; MARTIN-NETO, L.; SAAB, S. C.; NOVOTNY, E. H.; MILORI, D. M. B. P.; BAGNATO, V. S.; COLAGNO, L. A.; MELO, W. J.; KNICKER, H. Characterization of humic acids from a Brazilian Oxisol under different tillage systems by EPR, ¹³C NMR, FTIR and fluorescence spectroscopy. *Geoderma*, v. 118, p. 181-190, 2004.

GOUVEIA, S. E. M.; PESSENDA, L. C. R.; ARAVENA, R.; BOULET, R.; SCHEEL-YBERT, R.; BENDASSOLI, J. A. Carbon Isotopes in charcoal and soils in studies of paleovegetation and climate changes during the Pleistocene and the Holocene in the southeast and center west regions of Brazil. *Global and Planetary Change*, v. 33, p. 95-106, 2002.

GRACE, J.; MALHI, Y.; HIGUCHI, N.; MEIR, P. (2001) Productivity of tropical rain forests. *Terrestrial global productivity: past, present and future* (ed. by H. Mooney, J. Roy and B. Saugier), pp. 401-426. Academic Press, San Diego, CA.

GRAHAM, M. H.; HAYNES, R. J.; MEYERS, J. H. *Soil organic matter content and quality: Effects of fertilizer applications, burning and trash retention on a long-term sugarcane experiment in South Africa*. *Soil Biol. Biochem*, v. 34, p. 93-102, 2002.

GREENLAND, D. J.; WILD, A.; ADAMS, D. Organic matter dynamics in soils of the tropics – From myth to complex reality. In: LAL, R. & SANCHEZ, P. A. ed. *Myth and science of soils of the tropics*. American Society of Agronomy Division A-6, World Association of Soil and Water Conservation., 1992. pp. 17–33.

GREGORICH, E. G.; ROCHETTE, P.; VANDENBYGAART, A. J.; ANGERS, D.A. Greenhouse gas contributions of agricultural soils and potential mitigation practices in Eastern Canada. *Soil & Tillage Research*, v. 83, p. 53-72, 2005.

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

GREGORICH, E. G.; ELLERT, B. H. *Light fraction and macro organic matter in mineral soils*. In: CARTER, M.R. (ed.) *Soil Sampling and Methods of Analysis*. CRC Press, Boca Raton, 1993.

GUGGENBERGER, G.; CHRISTENSEN, B. T.; ZECH, W. Land-use effects on the composition of organic matter in particle-size separates of soil: I. Lignin and carbohydrate signature. *European Journal of Soil Science*, v.45, p. 449-458, 1994.

GUGGENBERGER, G.; FREY, S. D.; SIX, J.; PAUSTAN, K. & ELLIOTT, E. T. Bacterial and fungal cell-wall residues in conventional and no-tillage agroecosystems. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v. 63, p.1188-1198, 1999.

GULDE, S.; CHUNG, H.; AMELUNG, W.; CHANG, C.; SIX, J. Soil carbon saturation controls labile and stable carbon pool dynamics. *Soil Sci. Soc. Am. J.* v. 72, p. 605–612, 2008.

GUO, L. B.; GIFFORD, R. M. *Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis*. *Global Change Biology*, v. 8, n. 4, p. 345-360, 2002.

HAAS, H. J.; EVANS, C. E.; AND MILES, E. F. *Nitrogen and carbon changes on Great Plains soils as influenced by cropping and soil treatments*, U.S.D.A. *Technical Bulletin*, 1957.

HILLEL, D.; ROSENZWEIG, C. *The role of soils in climate change*. In HILLEL, D. and ROSENZWEIG, C. (Eds.). *Handbook of Climate Change and Agroecosystems: Impacts*,

Adaptation, and Mitigation. ICP Series on Climate Change Impacts, Adaptation, and Mitigation Vol. 1. Imperial College Press, 2010, p. 9-20.

HOFFMANN, W. A.; FRANCO, A. C.; 2003. Comparative growth analysis of tropical forest and savanna woody plants using phylogenetically-independent contrasts. *Journal of Ecology*, vol. 91, no. 3, p. 475-484.

HOFFMANN, W. A.; MOREIRA, A. G.; The role of fire in population dynamics of woody plants. In: OLIVEIRA, P.S. and MARQUIS, R.J. (Eds.). *The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a Neotropical Savanna*. New York: Columbia University Press. 2002. p. 159-177.

IPCC- *Intergovernmental Panel on Climate Change. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Agriculture, forestry and other land use*. Japan: Institute for Global Environmental Strategies (IGES), v.4, 2006.

JANTALIA, C. P. *Estudo de sistemas de uso do solo e rotações de culturas em sistemas agrícolas brasileiros: dinâmica de nitrogênio e C no sistema solo-planta-atmosfera*. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. 2005. 137p.

JANTALIA, C. P.; RESCK, D. V. S.; ALVES, B. J. R.; ZOTARELLI, L.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Tillage effect on C stocks of a clayey Oxisol under a soybean-based crop rotation in the Brazilian Cerrado region. *Soil and Tillage Research*, v.95, p.97-109, 2007.

JENKINSON, D. S.; POWLSON, D. S. The effects of biocidal on metabolism in soil. V. Method for measuring soil biomass. *Soil Biology & Biochemistry*, Oxford, v. 8, n. 3, 1976.

JENKINSON, D. S.; LADD, J. N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: PAUL, E.A.; LADD J.N (eds). *Soil biochemistry*. Marcel Dekker, 1981.

JENKINSON, D. S.; RAYNER, J. H. The turnover of soil organic matter in some of the Rothamsted classical experiments. *Soil Science*, v. 123, 1977, p. 298-305.

JOERGENSEN, R. G. The fumigation-extraction method to estimate soil microbial biomass: Calibration of the kec value. *Soil Biol. Biochem.*, v. 28, p. 25-31, 1995.

JOERGENSEN, R. G.; ANDERSON, T. H. & WOLTERS, V. *Carbon and nitrogen relationships in the microbial biomass of soil in beech (Fagus sylvatica L.) forests. Soil Biol. Biochem.*, v. 27, p. 141-147, 1995.

LLOYD, J.; BIRD, M. I. ; VELLEN, L.; MIRANDA, A. C.; VEENENDAAL, E. M.; DJAGBLETEY, G.; MIRANDA, H. S.; COOK, G.; FARQUHAR, G. D. Contributions of woody and herbaceous vegetation to tropical savanna ecosystem productivity: a quasi-global estimate. *Tree Physiology*, v. 28, p. 451-468, 2008.

JONES, D.L.; EDWARDS, A.C. Influence of sorption on the biological utilization of two simple carbon substrates. *Soil Bio. Biochemistry*, v. 30, p. 1895–1902, 1998.

JORDÃO, C.P.; SILVA, A.C.; PEREIRA, J.L.; BRUNE, W. Contaminação por cromo de águas de rios provenientes de curtumes em Minas Gerais. *Química Nova*, v. 22, n. 1, 1999, p. 47.

KAISER, K.; EUSTERHUES, K. ; RUMPEL, C. ; GUGGENBERGER, G. ; KÖGEL-KNABNER, I. Stabilization of organic matter by soil minerals—investigations of density and particle-size fractions from two acid forest soils. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, v. 165, p. 451– 459, 2002.

KAISER, K.; GUGGENBERGER, G. The role of DOM sorption to mineral surfaces in the preservation of organic matter in soils. *Org. Geochem.*, v. 31, p.711–725, 2000.

KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M.; 2010. *Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. Soil Biol. Biochem.* 42, 1–13.

KAUFMAN, Y.J.; HOLBEN, B.N.; TANRÉ, D.; WARD, D.E. Remote sensing of biomass burning in the Amazon. *Remote Sensing Reviews*, v. 10, p. 51-59, 1994.

KHAN, S. A.; MULVANEY, R. L; ELLSWORTH, T. R.; BOAST, C. W. “The Myth of Nitrogen Fertilization for Soil Carbon Sequestration”. *J Environ Qual.*, V. 36, p. 1821-1832, 2007.

KIEM, R.; KÖGEL-KNABNER, I. Contribution of lignin and polysaccharides to the refractory carbon pool in C-depleted arable soils. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 35, 101–118, 2003.

KLEBER, M. What is recalcitrant soil organic matter? *Environmental Chemistry*, v. 7, p. 320–332, 2010.

KLINK, C. A.; MOREIRA, A. Past and current human occupation, and land use. In: OLIVEIRA, P.S.; MARQUIS, R.J. (Ed.). *Ecology and natural history of a Neotropical Savanna*. New York: Columbia University Press, 2002. p.69-88.

KNICKER, H. Soil organic N- An under-rated player for C sequestration in soils? *Soil Biology & Biochemistry*, v.43, 2011, p. 118-119.

KNICKER, H.; SKJEMSTAD, J. O.; *Nature of organic carbon and nitrogen in physically protected organic matter of some Australian soils as revealed by solid-state ¹³C and ¹⁵N NMR spectroscopy. Aust. J. Soil Res.*, v. 38, p. 113– 127, 2000.

KÖGEL-KNABER, I. Analytical approaches for characterizing soil organic matter. *Org. Geochem.*, v. 31, p. 609-625, 2000.

KRAMER, R. W.; KUJAWINSKI, E. B.; HATCHER, P. Identification of black carbon derived structures in a volcanic ashsoil humic acid by Fourier transform ion cyclotron resonance mass spectrometry. *Environmental Science and Technology*, v. 38 (12), p. 3387–3395, 2004.

LAL, R. Carbon emission from farm operations. *Environment International*, v. 30, p. 981–990, 2004.

LAL, R. Enhancing crop yields in the developing countries through restoration of the soil organic carbon pool in agricultural lands. *Land Degradation and Development*, v.17, p. 197–209, 2006.

LAL, R. Carbon sequestration. *Phil. Trans. R. Soc. B.*, v. 363, p. 815-830, 2008.

LAL, R. Sequestering atmospheric carbon dioxide. *Critical Reviews in Plant Science*, v. 28 p. 90-96, 2009.

LAL, R. Beyond Copenhagen: mitigating climate change and achieving food security through soil carbon sequestration. *Food Security* v. 2 (2), p. 169–177, 2010a.

LAL, R. *Enhancing eco-efficiency in agroecosystems through soil carbon sequestration*. *Crop Science* v. 1, p. 30–40, 2010b.

LAL, R. Managing soils and ecosystems for mitigating anthropogenic carbon emissions and advancing global food security. *BioScience*, v. 60, p. 708–721, 2010c.

LAL, R. *Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security*. *Science* 304: 1623–1627, 2004a.

LAL, R.; FOLLETT, R.; STEWART, B. A.; KIMBLE, J. M. Soil carbon sequestration to mitigate climate change and advance food security. *Soil Sci.*, v. 172, p. 943-956, 2008.

LECKIE, S. E.; PRESCOTT, C. E.; GRAYSTON, S. J.; NEUFELD, J. D.; MOHN, W. W. Characterization of humus microbial communities in adjacent forests that differ in nitrogen availability. *Microb.Ecol.*, v. 48, p. 29–40, 2004.

LEITE, L. F. C. DORAISWAMY, P. C.; CAUSARANO, H. J.; GOLLANY, H. T.; MILAK, S.; MENDONCA, E. S. Modeling organic carbon dynamics under no-tillage and plowed systems in tropical soils of Brazil using CQESTR. *Soil Tillage & Research*. v.102, p. 118-125, 2009.

LEITE, L. F. C.; MENDONCA, E. S. Modelo Century de dinamica da matéria orgânica do solo: equações e pressupostos. *Revista Ciencia Rural*, v. 33(4), p. 679-686, 2003.

LEITE, L. F. C.; MENDONCA, E. S. Perspectivas e Limitacoes da Modelagem da Dinâmica da Matéria Orgânica dos Solos Tropicais. *Topicos em Ciencia do Solo*. 181-218, 2007.

LEITE, L. F. C.; MENDONCA, E. S.; MACHADO, P. L. O.A. Simulating trends in soil organic carbon of an Acrisol under no-tillage and disc-plough systems using the Century model. *Geoderma*, v. 120, p. 283–295, 2004.

LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L.; MACHADO, P. L. O. A.; GALVÃO, J. C. C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. *R. Bras. Ci. Solo*, v. 27, p. 821-832, 2003.

- LILIENFEIN, J.; WILCKE, W.; ZIMMERMANN, R.; GERSTBERGER, P.; ARAÚJO, G, M.; ZECH, W. Nutrient storage in soil and biomass of native Brazilian Cerrado. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, v. 164, no. 5, p. 487-495, 2001.
- LOUREIRO, M. F.; BODDEY, R. M. Balanço de nitrogênio em quatro gramíneas do gênero *Brachiaria*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 23, p. 1343-1353, 1988.
- LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, C. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. *R. Bras. Ci. Solo*, v. 28, p. 175-187, 2004.
- LUGATO, E.; BERTI, A.; GIARDINI, L. Soil organic carbon dynamics with and without residue incorporation in relation to different nitrogen fertilization rates. *Geoderma*, v. 135, p.315–321, 2006.
- MAGID, J.; KJAERGAARD, C. Recovering decomposing plant residues from the particulate soil organic matter fraction: size versus density separation. *Biol. Fertil. Soils*, v. 33, p. 252-257, 2001.
- MAHIEU, N.; POWLSON, D. S.; RANDALL, E.W. Statistical analysis of published carbon-13 CPMAS NMR spectra of soil organic matter. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v. 63, p. 307-319, 1999.
- MAIA S. M. F.; OGLE S. M.; CERRI C. C.; CERRI C. E. P. Changes in soil organic carbon storage under different agricultural management systems in the Southwest Amazon Region of Brazil. *Soil Tillage Res.*, v.106, p.177–184, 2010.
- MAIA S. M. F.; OGLE S. M.; CERRI C. C.; CERRI C. E. P. Soil organic carbon stock change due to land use activity along the agricultural frontier of the southwestern Amazon, Brazil, between 1970 and 2002. *Global Change Biology*, v. 16, 2010.
- MAIA, C. L. A.; ASSAD, E. D.; FRANCHINI, J. C.; SA, J. C. DE M.; LANDERS, J. N.; AMADO, T. J. C.; RODRIGUES, R. DE A. R.; ROLOFF, G.; BLEY JUNIOR, C.; ALMEIDA, H. G.; MOZZER, G. B.; BALBINO, L. C.; GALERANI, P. R.; EVANGELISTA, B. A.; PELLEGRINO, G. Q.; MENDES, T. DE A.; AMARAL, D. D.; RAMOS, E.; MELLO, I.; RALISCH, R., *O aquecimento global e a agricultura de baixa emissão de carbono*. Brasília: MAPA / EMBRAPA / FEBRAPDP, 2011. 75p. 1.

MANLEY, J.; VAN KOOTEN, G. C.; MOELTNER, K.; JOHNSON, D. W. *Creating Carbon Offsets in Agriculture through Zero Tillage: A Meta-Analysis of Costs and Carbon Benefits*, *Climatic Change*, 68(January), 2005.

MAO J-D; HU W-G; SCHMIDT-ROHR K; DAVIES G; GHABBOUR E A; XING B. Quantitative characterization of humic substances by solid-state carbon-13 nuclear magnetic resonance. *Soil Science Society of America Journal*, v. 6, p. 873–884, 2000.

MAQUERE, V.; LACLAU, J. P.; BERNOUX, M.; SAINTANDRE, L.; GONÇALVES, J. L. M.; CERRI, C. C.; PICCOLO, M. C. & RANGER, J. Influence of land use (savanna, pasture, Eucalyptus plantations) on soil carbon and nitrogen stocks in Brazil. *Eur. J. Soil Sci.*; v.59, p. 863-877, 2008.

MARCHÃO, R. L. Integração lavoura-pecuária num latossolo do cerrado: impacto na física, matéria orgânica e macrofauna. 2007. 134 f. Tese (Doutorado em Agronomia, área de concentração: Solo e água) - Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

MARCHÃO, R. L.; BECQUER, T.; BRUNET, D.; BALBINO, L. C.; VILELA, L.; BROSSARD, M. Carbon and nitrogen stocks in a Brazilian clayey Oxisol: 13-year effects of integrated crop-livestock management systems. *Soil and Tillage Research*, v.103, p. 442-450, 2009.

MARI, L. J. Intervalo entre cortes em capim marandu (*Brachiaria brizantha* (Hoscht. ex A Rich.) Stapf cv. Marandu): produção, valor nutritivo e perdas associadas à fermentação e silagem. Piracicaba, 2003.159p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

MARTIN-NETO, L.; NASCIMENTO, O. R.; TALAMONI, J.; POPPI, N. R.. EPR of micronutrients-humic substances complexes extracted from Brazilian soil. *Soil Sci.*, v. 151, p. 369–376, 1991.

MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M. F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, No. 3, p. 425-433, 2003.

- MAYER L. M.; XING B. *Organic carbon-surface area-clay relationships in acid soils. Soil Sci. Soc. Am. J.*, v. 65, p. 250–258, 2001.
- MEBIUS, L. J. A rapid method for the determination of organic carbon in soil. *Anal Chim. Acta.* v. 22, 1960.
- MENDES, I. C.; SOUZA, L. V.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Propriedades biológicas em agregados de um Latossolo Vermelho Escuro sob plantio convencional e direto no cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, p. 435-443, 2003.
- MERGEL, A. TIMCHENKO; KUDEYAROV, V. *Role of plant root exudates in soil carbon and nitrogen transformation. In: BOX, Jr, J. E. Ed. Root Demographics and their efficiencies in sustainable agriculture, grassland and forest ecosystems.* Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 1998.
- METAY, A.; R. OLIVER, E. SCOPEL, J. M. DOUZET, J. A. A. MOREIRA, F. MARAUX, B.J. FEIGL, and C. FELLER. *N₂O and CH₄ emissions from soils under conventional and no-till management practices in Goiania (cerrados, Brazil), Geoderma*, v. 114, p. 78-88, 2007.
- METHERELL, A.K.; HARDING, L.A.; COLE, C.E.; PARTON, W.J. CENTURY soil organic matter model : agroecosystem version 4.0. Fort Collins : Colorado State University, 1993. 1v. (GPSR. Technical Report, 4).
- MILLER, R. H. & KEENEY, D. R.; eds. *Methods of soil analysis: Chemical and microbiological properties. Part 2. Madison, SoilScience Society of America.* p. 539-579, 1982.
- MIRANDA, A. C.; MIRANDA, H. S.; LLOYD, J. Fluxes of carbon, water and energy over Brazilian cerrado, an analysis using eddy covariance and stable isotopes. *Plant Cell Environ.*, v.20, p. 315–328, 1997.
- MIRANDA, H. S. Queimadas de Cerrado: caracterização e impactos. In: AGUIAR, L. M. S.; CAMARGO, A. J. A. (Eds.). *Cerrado: ecologia e caracterização.* Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. p.69-123.

MIRANDA, H. S. Queimadas de Cerrado: Caracterização e impactos na vegetação. *In Plano de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais do DF*, pp.133–149. Brasília: Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2000.

MIRANDA, H. S.; ROCHA E SILVA, E. P.; MIRANDA, A. C. 1996. Comportamento do fogo em queimadas de campo sujo. In MIRANDA, HS.; SAITO, CH. and DIAS, BFS. *Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga*. Brasília: Universidade de Brasília. p. 1-10.

MIRANDA, H.S.; SATO, M.N.; NETO, W.N.; AIRES, F.S. *Fires in the Cerrado, the brazilian savanna*, p. 427-450, 2009. In: COCHRANE, M.A. (ed). *Tropical fire ecology: climate change, land use and ecosystem dynamics*. Springer-Praxis.

MIRANDA, H. S.; BUSTAMANTE, M.M. C.; MIRANDA, A. C.; 2002. *The fire factor*. In OLIVEIRA, PS. and MARQUIS, RJ. (Eds.). *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a Neotropical Savanna*. New York: Columbia University Press. p. 51-68.

MIRANDA, S. C. *Variação espacial e temporal da biomassa vegetal em áreas de Cerrado*. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, 2012.

MONREAL, C. M.; SCHULTEN, H. R.; KODAMA, H. Age, turnover and molecular diversity of soil organic matter in aggregates of a Gleysol. *Can. J. Soil Sci.*, v. 77, p. 379–388, 1997.

MOORE, J. M.; KLOSE, S.;TABATABAI, M. A. Soil microbial biomass carbon and nitrogen as affected by cropping systems. *Biol. Fert. Soils*, v. 31, p. 200-210, 2000.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. *Microbiologia e bioquímica do solo*. Lavras: UFLA, 2002. 626 p.

MORTLAND, M. M.; SHAOBAI, S.; BOYD. Clay organic complexes as adsorbents for phenol and chlorophenols. *Clays & Clay Minerals*, v. 34, p. 581-585, 1986.

MORTLAND, M. M. *Mechanisms of adsorption of nonhumic organic species by clays*. In: HUANG, P.M.; SCHNITZER, M. (Eds.). *Interactions of Soil Minerals with Natural Organics and Microbes*. Soil Science Society of America, Madison: WI, 1986, p. 59-76.

MOTAVALLI, P. P.; PALM, P. C. A.; PARTON, W. J.; ELLIOT, E. T.; FREYS, S. D. Comparison of laboratory and modeling simulation methods for estimating soil carbon pools in tropical forest soils. *Soil Biol. Biochem.*, v.26, p. 935-944, 1994.

NADELHOFFER, K. J.; and B. FRY. Controls on natural nitrogen-15 and carbon-13 abundances in forest soil organic matter. *Soil Science Society of America Journal*, v. 52, p. 1633–1640, 1988.

NARDOTO, G. B; BUSTAMANTE, M. M. C. Effects of fire on soil nitrogen dynamics and microbial biomass in savannas of Central Brazil, *Pesq. Agropec. Bras*, v.38, n.8, p.955-962, 2003.

NARDOTO, G. B.; BUSTAMANTE, M. M. C.; PINTO, A. S.; KLINK, C. A. Nutrient use efficiency at ecosystem and species level in savanna areas of Central Brazil and impacts of fire. *Journal of Tropical Ecology*, v. 22, n. 2, 2006, p. 191-201.

NEEDLEMAN, B. A.; M. M. WANDER, G. A. BOLLERO, C. W. BOAST, G. K. SIMS.; D. G. BULLOCK. Interaction of tillage and soil texture: Biologically active soil organic matter in Illinois. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v. 63(5), p. 1326-1334, 1999.

NELSON, D. W.; SOMMERS, L. E. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: BLACK, C.A. (ed.) *Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods. Madison, Soil Science of America and American Society of Agronomy*, 9:961-1010, 1996.

NELSON, D.W.; SOMMERS, L.E. *Total carbon, organic carbon and organic matter. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H. & KEENEY, D.R. (eds.) Methods of soil analysis: Chemical and microbiological properties. Part 2. Madison, Soil Science Society of America*, 1982, p. 539-579.

NEUFELDT, H.; RESCK, D. V. S.; AYARZA, M. A. Texture and land-use effects on soil organic matter in Cerrado Oxisols, Central Brazil. *Geoderma*, v. 107, p. 151–164, 2002.

NEUFELDT, H; AYARZA, M.A.; RESCK, D.V.S. *Distribution of water-stable aggregates and aggregating agents in Cerrado Oxisols. Geoderma*, v. 93, 1999a, p. 85-99.

NEUFELDT, H.; RESCK, D. V. S.; AYARZA, M. A.; ZECH, W. *Soil organic matter in Oxisols of the Brazilian Cerrados. In: THOMAS, R.; AYARZA, M.A. (Eds.). Sustainable*

land management for the Oxisols of the Latin American Savannas: Dynamics of soil organic matter and indicators of soil quality. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1999, p. 89-109.

NIEROP, K. G. J. Origin of aliphatic compounds in a forest soil. *Organic Geochemistry*, v. 29, p. 1009–1016, 1998.

NIEROP, K. G. J.; BUURMAN, P.; LEEUW, J. W. Effect of vegetation on chemical composition of H horizons in incipient podzols as characterized by ¹³C NMR and pyrolysis-GC/MS. *Geoderma*, v. 90, p. 111-129, 1999.

NILSSON L.O.; WALLANDER, H. Production of external mycelium by ectomycorrhizal fungi in a norway spruce forest was reduced in response to nitrogen fertilization. *New Phytologist*, v. 158, p. 409-416, 2003.

NOELLEMAYER, E.; FRANK, F.; ALVAREZ, C.; MORAZZO, G.; QUIROGA, A. Carbon contents and aggregation related to soil physical and biological properties under a land-use sequence in the semiarid region of central Argentina. *Soil & Tillage Research*, v.99, 2008, p. 179–190.

NUNES, R. S.; LOPES, A. A. C.; SOUSA, D. M. G.; MENDES, I. C. Sistemas de manejo e os estoques de carbono e nitrogênio em Latossolos de Cerrado com a sucessão soja-milho. *R. Bras. Ci. Solo*, v. 35, 2011, p. 1407-1419.

OADES, J. M.; GILLMAN, G. P.; UEHARA, G. Interactions of soil organic matter and variable-charge clays. In: COLEMAN D.C. (ed). *Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems*. Honolulu : Univ Hawaii, 1989. p. 69-96.

OADES, J. M.; The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil Structure. *Geoderma*, v. 56, p. 377-400, 1993.

Oades, I. M.; Waters, A. O.; Vassallo, A. M.; Wilson, M. A.; Jones, O. P. Influence of management on the composition of organic matter in a red brown earth as shown by BC NMR. *Australian Journal of Soil Research*. V. 26, p. 289-299, 1988.

OLIVEIRA, G. C.; DIAS JÚNIOR, M. S.; RESCK, D. V. S.; CURI, N. Compressibilidade de um Latossolo Vermelho argiloso de acordo com a tensão de água no solo, uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa - MG, v. 27(5), p. 773-781, 2003.

OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; RESCK, D. V. S.; CURI, N. Caracterização química e físico hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, p. 327-336, 2004.

PADOVAN, M. P.; ALMEIDA, D. L. de; GUERRA, J. G. M.; RIBEIRO, R. de L. D.; NDIAYE, A. Avaliação de cultivares de soja, sob manejo orgânico, para fins de adubação verde e produção de grãos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 37, n. 12, p. 1705-1710, 2002.

PAIVA, H.N. *Preparo de solo para a implantação florestal*. Viçosa: UFV, 31p.; 1995.

PARFITT, R. L.; YUAN, G.; AND THENG, B. K. G. 1999. A ¹³C-NMR study of the interactions of soil organic matter with aluminium and allophane in podzols. *European Journal of Soil Science*, v. 50, p. 695–700, 1999.

PARFITT, R. L.; THENG, B. K. G.; WHITTON, J. S.; SHEPHERD, T. G. Effects of clay minerals and land use on organic matter pools. *Geoderma*, v. 75, p. 1– 12, 1997.

PARRON, L. M. ; BUSTAMANTE, M. M. C.; MARKEWITZ, D. Fluxes of nitrogen and phosphorus in a gallery forest in the Cerrado of central Brazil. *Biogeochemistry*, 2010. DOI 10.1007/s10533-010-9537-z.

PARTON, W. J.; STEWART, J. W .B.; COLE, C. V. Dynamics of C, N, S, and P in grassland soils: a model. *Biogeochemistry*, v. 5, p. 109-131, 1987.

PARTON, W. J.; RASMUSSEN, P. E. Long-term effects of crop management in wheat-fallow: II. CENTURY model simulations. *Soil Sci. Soc. Am. J.* v. 58, p. 530-536, 1994.

PARTON, W. J.; SANFORD, R. L.; SANCHEZ, P. A.; STEWART, J. W. B.; BONDE, T. A.; CROSLEY, D.; VEEN, H. van; YOST, R. Modeling soil organic matter dynamics in tropical soils. In: COLEMAN, D.C.; OADES, J.M.; UEHARA, G. (Eds.). *Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems*. Honolulu : University of Hawaii Press, 1989. p.153-171.

PARTON, W. J.; SCHIMEL, D. S.; COLE, C. V.; OJIMA, D. S. Analysis of factors controlling soil organic matter levels in great plains grasslands. *Soil Sci. Soc. Am. J.* v. 51, p. 1173-1179, 1987.

PARTON, W. J.; SCURLOCK, J.; OJIMA, M. O.; GILMANOV, D. S. T. G.; SCHOLENS, R. J.; SCHIMEL, D. S.; KIRCHNE, T. J. -C. MENAUT, J. C; SEASTEDT, T.; GARCIA MOYAS, E.; APINAN KAMNALRUT; KINYAMARIO, J. I. Observations and modeling of biomass and soil organic matter dynamics for the grassland biome worldwide. *Global Biogeochemical Cycles*, v. 7, no. 4, pages 785-809, 1993.

PARTON, W. J.; WOOMER, P. L. MARTIN, A. *Modeling soil organic matter dynamics and plant productivity in tropical ecosystems.* In: WOOMER, P.L.; SWIFT, M.J. (Eds). *The biological management of tropical soil fertility.* Chichester: John Wiley & Sons, 1994. p.171-188.

PAUL, E. A. Dynamics of organic matter in soils. *Plant Soil*, v. 76, p. 275-285, 1984.

PAUL, E. A.; MORRIS, S. J.; CONANT, R. T. and PLANTE, A. F. Does the acid hydrolysis incubation method measure meaningful soil organic carbon pools? *Soil Science Society of America Journal*, v. 70, p. 1023-1035, 2006.

PAUSTIAN, K.; COLLINS, H. P.; PAUL E. A. *Management controls on soil carbon.* In PAUL, E.A.; PAUSTIAN, K.; ELLIOTT, E.T. and COLE, C.V. (Eds.). *Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems.* CRC Press, Boca Raton, 1997, p. 17-30.

PAUSTIAN, K.; COLE, C. V.; SAUERBECK, D.; SAMPSON, N. CO₂ mitigation by agriculture: An overview. *Climatic Change*, v. 40, p. 135-162, 1998.

PEOPLES, M. B.; HERRIDGE, D. F. Quantification of biological nitrogen fixation in agricultural systems. In: PEDROSA, F.O.; HUNGRIA, M.; YATES, M.G.; NEWTON, W.E. (Ed.). *Nitrogen fixation: from molecules to crop productivity.* Dordrecht: Kluwer Academic Pub.; 2000. p.519-524.

PESSENDA, L. C. R.; LEDRU, M. P.; GOUVEIA, S. E. M.; ARAVENA, R.; RIBEIRO, A. S.; BENDASHOLLIL, J. A.; BOULET R. Holocene palaeoenvironmental reconstruction in north-eastern Brazil inferred from pollen, charcoal and carbon isotope records. *The Holocene*, v. 15, p. 812-820, 2005.

PICCOLO, A. The supramolecular structure of humic substances. A novel understanding of humus chemistry and implications in soil science. *Advances in Agronomy*, v. 75, p. 57–134, 2002.

PINTO, A. de S.; BUSTAMANTE, M. M. C.; KISSELLE, K.; BURKE, R.; ZEPP, R.; VIANA, L. T.; VARELLA, R. F. and MOLINA, M. Soil emissions of N₂O, NO, and CO₂ in Brazilian savanas: Effects of vegetation type, seasonality, and prescribed fires. *J. Geophys. Res.* 107(D20), 8089, doi: 10.1029/2001JD000342, 2002.

PIVELLO, V. R.; COUTINHO, L. M. Transfer of macro-nutrients to atmosphere during experimental burnings in an open Cerrado. *Journal of Tropical Ecology*, Cambridge, v.8, p.487-497, 1992.

POST W. M.; KWON K. C. Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential. *Global Change Biology* , v. 6(3), 2000.

PRESTON, C.M. Applications of NMR to soil organic matter analysis: history and prospects. *Soil Sci.*, v. 161, p. 144-165, 1996.

PRESTON, C. M.; HEMPLING, R.; SCHULTEN, H. R.; SCHNITZER, M.; TROFYMOW, J.A.; AXELSON, D. E. Characterization of organic matter in a forest soil of coastal British Columbia by NMR and pyrolysis-field ionization mass spectrometry. *Plant Soil*, v. 158 p. 69-82, 1994.

PULROLNIK, K.; BARROS, N. F.; SILVA, I. R.; NOVAIS, R. F.; BRANDANI, C. B. *Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e Cerrado no Vale do Jequitinhonha – MG. R. Bras. Ci. Solo*, v. 33, 2009.

RAMOS, A.E. Efeitos da queima sobre o sucesso reprodutivo de espécies congêneres no cerrado. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília, Brasília-DF, Brasil. 2004

RASMUSSEN, C.; SOUTHARD, R. J.; HORWATH, W. R. Mineral control of organic carbon mineralization in a range of temperate conifer forest soils. *Global Change Biol.*, v.12, p. 834–847, 2006.

RESCK, D. V. S.; FERREIRA, E. A. B.; FIGUEIREDO, C. C. de; ZINN, Y. L. Dinâmica da Matéria Orgânica no Cerrado. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). *Fundamentos da matéria orgânica do solo*. 2. ed. Porto Alegre: Gênese, 2008.

RESCK, D. V. S.; SILVA, J. E. da; LOPES, A. S.; COSTA, L. M. da. Management systems in Northern South América. In: PETERSON, G.A.; UNGER, P.W.; PAYNE, W.A. (Eds.). *Dryland Agriculture, Agronomy Monograph No. 23*, 2. ed.; ASA, CSSA, SSSA, 2006.

RESCK, D. V. S.; VASCONCELLOS, C. A.; VILELA, L.; MACEDO, M. C. M. Impact of conversion of Brazilian Cerrado to cropland and pastureland on soil carbon pool and dynamics. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; STEWART B.A. (Eds.). *Global climate change and tropical ecosystems*. Boca Raton: RCR Press, 2000.

RESENDE, D.; MERLIN, S.; SANTOS, M. Sequestro de carbono: uma experiência concreta. 2.ed. Palmas: Instituto Ecologia, 2001. 178p

REZENDE, A.V. Diversidade, estrutura, dinâmica e prognose do crescimento de um cerrado sensu stricto submetido a diferentes distúrbios por desmatamento. 2002. 243p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

RHEINHEIMER, D. S.; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. *Ciência Rural*, v.38, 2008, p. 576-586.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B.M.T. *As principais fitofisionomias do bioma Cerrado*. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P.; and RIBEIRO, J.F. (eds.). *Cerrado: ecologia e flora*. Embrapa Cerrados. Brasília-DF, 2008, p. 153-212.

RICHTER, D. D.; MARKEWITZ, D. 2001. *Understanding Soil Change*. Cambridge University Press, UK.

RODRIGUES, D. C. Produção deforragem de cultivares de *Brachiaria brizantha* (Hoscht. ex A Rich.) Stapf e modeagem e respostas prdutivas em função de variáveis climáticas. Piracicaba, 2004. 94f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo

RONQUIM, C. C.; 2007. *Dinâmica espaço temporal do carbono aprisionado na fitomassa dos agroecossistemas no nordeste do Estado de São Paulo*. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite. 52 p.

ROSA, M. E. C.; OLSZEWSKI, N.; MENDONÇA, E. S.; COSTA, L. M.; CORREIA, J. R. *Eutroférico sob plantio direto no sistema biogeográfico do Cerrado*. *R. Bras. Ci. Solo*, v. 2, p. 911-923, 2003.

ROSCOE, R.; BUURMAN, P.; VAN LAGEN B.; VELTHORST, E. Transformations in occluded light fraction organic matter in a clayey oxisol: evidence from ^{13}C -CPMAS-NMR and $\delta^{13}\text{C}$ Signature. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, p. 811-818, 2004.

ROSCOE, R.; BUURMAN, P.; VELTHORST, E. J.; PEREIRA, J. A. A. Effects of fire on soil organic matter in a “cerrado sensu-stricto” from Southeast Brazil as revealed by changes in $\delta^{13}\text{C}$. *Geoderma*, v. 95, p. 141-160, 2000.

SÁ, J. C. M.; CERRI, C. C.; DICK, W. A.; LAL, R.; VENSKE FILHO, S. P.; PICCOLO, M. C.; FEIGL, B. E. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v. 65, p. 1486-1499, 2001.

SÁ, J. C. M.; LAL, R. Stratification ratio of soil organic matter pools as an indicator of carbon sequestration in a tillage chronosequence on a Brazilian Oxisol. *Soil and Tillage Research*, v.103, p.46-56, 2009.

SÁ, J. M. *Dinâmica de matéria orgânica do solo e eficiência energética de sistemas agropecuários de produção em Latossolo Vermelho de Cerrado*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2011, 134p.

SALTON, J.C. *Matéria orgânica e agregação do solo na rotação lavoura-pastagem em ambiente tropical*. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 158p, 2005. (Tese de Doutorado).

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J.L.; FERREIRA JR.; L. G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v. 43, p. 153-156, 2008.

SANTANA, G. S.; DICK, D. P.; JACQUES, A. V. A.; CHITARRA, G. S. Substâncias húmicas e suas interações com Fe e Al em Latossolo subtropical sob diferentes sistemas de manejo de pastagem. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v.35, n.2, p. 461-472, 2011.

SATO, M.N. Mortalidade de plantas lenhosas do cerrado submetidas a diferentes regimes de queima. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. 1996

SCHLESINGER, W. H. *Biogeochemistry. An analysis of global change, 2nd edn. Academic*, San Diego, 1997.

SCHNITZER, M. & MONREAL, C. M. Quo vadis soil organic matter research?: a biological link to the chemistry of humification. *Adv. Agron.*, v. 113, p. 139–213, 2011.

SCHNITZER, M. *The synthesis, chemical structure, reactions and functions of humic substances*, 1986. In: BURNS, R.G.; DELL' AGNOLA, G.; MIELE, S.; NARDI, S.; SAVOINI, G.; SCHNITZER, M.; SEQUI, P.; VAUGHAN, D. and VISSER, S.A. (Eds.) *Humic substances: effect on soil and plants. Congress on Humic Substances*. March 1986, Milan.

SCHULTEN, H. R, SCHNITZER, M. Chemical model structures for soil organic matter and soils. *Soil Sci.*, v. 162, p. 115–130, 1997.

SEGNINI, A.; SANTOS, L. M.; SILVA, W. T. L.; MARTIN-NETO, L.; BORATO, C.E.; MELO, W. J.; BOLONHEZI, D. *Estudo comparativo de métodos para a determinação da concentração de carbono em solos com altos teores de Fe (Latosolos)*. Química Nova, v. 31, p. 94-97, 2008.

SÉGUY, L.; BOUZINAC, S.; HUSSON, O.; 2006. *Direct-seeded tropical soil systems with permanent soil cover: Learning from Brazilian experience*. In: UPHOFF, N. et al (eds.): *Biological Approaches to Sustainable Soil Systems*. CRC Press, Taylor and Francis, Boca Raton, Florida, p. 323-342.

SEQUEIRA, C. H.; ALLEY, M. M.; JONES, B. P. Evaluation of potentially labile soil organic carbon and nitrogen fractionation procedures. *Soil Biology and Biochemistry*, v.43, p. 438-444, 2011.

SILVA, J. E. da; LEMAINSKI, J.; RESCK, D. V. S. Perdas de MO e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de cerrados do Oeste Baiano. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 18(3), p. 541-547, 1994.

SILVA, J. E. da; RESCK, D. V. S.; CORAZZA, L.; VIVALDI, L. Carbon storage in a clayey oxisol cultivated pastures in the “Cerrado” region, Brazil. *Agriculture Ecosystems & Environment*, v. 103, p. 357-363, 2004.

SILVEIRA, A. M.; VICTORIA, R. L.; BALLESTER, M. V.; CAMARGO, P. B.; MARTINELLI, L. A.; PICCOLO, M. C. Simulação dos Efeitos das Mudanças do Uso da Terra na Dinâmica de Carbono no Solo na Bacia do Rio Piracicaba. *Pesq. Agropec. Bras.*, v. 35(2), p. 357-363, 2000.

SILVER, W. L.; OSTERTAG, R.; LUGO, A. E. The potential for carbon sequestration through reforestation of abandoned tropical agricultural and pasture lands. *Rest. Ecol.*; v. 8, p. 394-407, 2000.

SIQUEIRA NETO, M.; SCOPEL, E.; CORBEELS, M.; CARDOSO, A. N.; DOUZET, J.; FELLER, C.; PICCOLO, M. C.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Soil carbon stocks under no-tillage mulch-based cropping systems in the Brazilian Cerrado: An on-farm synchronic assessment. *Soil Tillage Res.*, v. 110, p. 187-195, 2010.

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

SITOMPUL, S. M.; HAIRIAH, K.; CADISCH, G.; VAN NOORDWIJK, M. *Dynamics of density fractions of macro-organic matter after forest conversion to sugarcane and woodlots, accounted for in a modified Century model. Neth. J. Agric. Sci.*, v. 48, p. 61–73, 2000.

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

SKJEMSTAD, J. O.; CLARKE, P.; TAYLOR, J. A. OADES, J. M. McCLURE, S. G. The chemistry and nature of protected carbon in soil. *Australian Journal of Soil Research*, v. 34(2), p. 251-271, 1996.

SKJEMSTAD, J. O.; TAYLOR, J. A. Does the Walkley-Black method determine soil charcoal? *Communications in Soil Science and Plant Analysis* v. 30 p. 2299-2310, 1999.

SKJEMSTAD, J.O.; BUSHBY, H. V. A.; HANSEN, R. W. Extractable Fe in the surface horizons of a range of soils from Queensland. *Aust. J. Soil Res.*, v. 28, p. 259–266, 1989.

SMITH, B. N.; EPSTEIN, S. Two categories of $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratios for higher plants. *Plant Physiol*, v. 47, p. 380-384, 1971.

SMITH, J. L.; PAUL, E. A. *The significance of soil microbial biomass estimations. In: BOLLAG, J. & STOTZKY, D.G. (eds.) Soil biochemistry*, v. 6, p. 357-396, 1990.

SMITH, P. Carbon sequestration in croplands: the potential in Europe and the global context. *Eur. J. Agron.*, v. 20, p. 229-236, 2004.

SMITH, P.; MARTINO, D.; CAI, Z.; GWARY, D.; JANZEN, H.H.; KUMAR, P.; McCARL, B.; OGLE, S.; O'MARA, F.; RICE, C.; SCHOLLES, R.J.; SIROTENKO, O.; HOWDEN, M.; McALLISTER, T.; PAN, G.; ROMANENKOV, V.; SCHNEIDER, U.; TOWPRAYOON, S.; WATTENBACH, M.; SMITH, J.U. Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Phil. Transactions of Royal Society., B Biol Sci.*, v. 363(1492), p. 789-813, 2008.

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.; LIF, 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*, v. 81, p. 153-225, 1997.

SOHI, S. P.; MAHIEU, N.; ARAH, J. R. M.; POWLSON, D. S.; MADARI, B.; GAUNT, J. L. A procedure for isolating soil organic matter fractions suitable for modeling. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v. 65, p. 1121-1128, 2001.

SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; SILVA, C. A.; BUZETTI, S. Frações do carbono orgânico, biomassa e atividade microbiana em um Latossolo Vermelho sob Cerrado submetido a diferentes sistemas de manejos e usos do solo. *Acta Sci. Agron.*, v. 28, p. 323-329, 2006.

SOUZA, E.D.; COSTA, S. E.V .G.A.; LIMA, C.V.S.; ANGHINONI, I.; EGON JOSÉ MEURER, J.E. & CARVALHO, P.C.F. Carbono orgânico e fósforo microbiano em sistemas de integração agricultura-pecuária submetidos a intensidades de pastejo em plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, v. 32, p. 1273-1282, 2008.

SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. V. G. de A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. de F.; ANDRIGUETI, M.; CAO, E. Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, p. 1829-1836, 2009.

SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho Distrófico de Cerrado sob diferentes usos e manejos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 27, n. 1, 2003, p.133-139.

STEVENSON, F.J. *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions*. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, Inc.; 1994.

STEWART, C. E.; PAUSTIAN, K.; CONANT, R. T.; PLANTE, A. F.; SIX, J. Soil carbon saturation: Concept, evidence and evaluation. *Biogeochemistry*, 86, doi:10.1007/s10533-007-9140-0, 2007.

SWIFT, M, J.; WOOMER, P L. *Organic matter and the sustainability of agricultural sysetms: definition and measurement*. In *Soil Organic Matter Dynamics and Sustainability of Tropical Agriculture*, Mulongoy K, Merckx R (eds). Wiley: Chichester; 1993. pp. 3-18.

TARRÉ, R.; MACEDO, R.; CANTARUTTI, R. B.; REZENDE, C. P.; PEREIRA, J. M.; FERREIRA, E.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. & BODDEY, R. M. The effects of the presence of a forage leguminous on nitrogen and carbon levels in soils under brachiaria pasture in the Atlantic Forest region of the South of Bahia, Brazil. *Plant Soil*, v. 234, p. 15-26, 2001.

TELLES, E.; CAMARGO, P.B.; MARTINELLI, L. A.; TRUMBORE, S. E.; COSTA, E. S.; SANTOS, J.; HIGUCHI, N.; OIVEIRA JR, R. C. de. Influence of soil texture on carbon dynamics and storage potential in tropical forest soils of Amazônia. *Global Biogeochem. Cycles*, v.17, p. 17.1040, doi: 10.1029/ 2002GB001953, 2003.

TESTA, A. *Mecanização do desmatamento: as novas fronteiras agrícolas*. São Paulo: Ceres, 313p.; 1983.

THENG, B. K. G.; TATE, K. R.; SOLLINS, P. *Constituents of organic matter in temperate and tropical soils*. In: COLEMAN, D.C. et al. *Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems*. Honolulu: H. University of Hawaii Press, 1989.

TIESSEN, H.; STEWART, J.W.B. Particle-size fractions and their use in studies of soil organic matter: 2. Cultivation effects on organic matter composition in size fractions. *Soil Sci. Soc. Am. J.* v. 47, p. 509–514, 1983.

TORNQUIST, C. G.; GASSMAN, P. W.; MIELNICZUK, J.; GIASSON, E.; CAMPBELL, T.; Spatially explicit simulations of soil C dynamics in southern Brazil: Integrating century and GIS with i-Century. *Geoderma*, v. 150, p. 404–414, 2009.

TRISTRAM, O.; SIX, J. Considering the influence of sequestration duration and carbon saturation on estimates of soil carbon capacity. *Climatic Change*, v. 80, p. 25-41, 2007.

TRUMBORE, S. Age of soil organic matter and soil respiration: Radiocarbon constraints on belowground C dynamics. *Ecological Applications*, v. 10, p. 399-411, 2000.

TRUMBORE, S. Radiocarbon and soil carbon dynamics. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, v. 37, p. 47-66, 2009.

TSUKAMOTO FILHO, A.A. *Fixação do carbono em um sistema agroflorestal com eucalipto na região do Cerrado em Minas Gerais*. 2003. 98p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; JANTALIA, C. P.; BODDEY, R. M. Variações nos estoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa em solos das regiões tropicais e subtropicais do Brasil: Uma análise crítica. *Inf. Agron.*, v. 130, p. 12-21, 2010.

URQUIAGA, S.; CADISH, G.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; GILLER, K. E. Influence of decomposition of roots of tropical forage species on the availability of soil nitrogen. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 30, p. 2099-2106, 1998.

VALLIS, I. Soil nitrogen changes under continuously grazed legume-grass pastures in subtropical coastal Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, v.12, p. 495-501, 1972.

VARGAS, L. K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um solo Podzólico Vermelho-Escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v, 24, p. 35-42, 2000.

WALKER R. T. Theorizing land use and land cover change: the case of tropical deforestation. *Int. J. Reg. Sci.*, v. 27, p. 247–270, 2004.

WALKLEY, A. A critical examination of a rapid method for determination, organic carbon in soils: effects of variations in digestion conditions and organic soils constituents. *Soil Science*, v. 63, p. 251-263, 1946.

WALKLEY, A.; BLACK, I. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.*, v. 37, p. 29-38, 1934.

Wardle, D. A.; Parkinson, D. Comparison of physiological techniques for estimating the response of the soil microbial biomass to soil moisture. *Soil Biology and Biochemistry* v. 22, p. 817–823, 1990a.

WARDLE D. A.; PARKINSON, D. Response of the soil microbial biomass to glucose, and selective inhibitors, across a soil moisture gradient. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 22, p. 825-834, 1990b.

WENDLING, B. *Compartimentos da matéria orgânica do solo medidos e estimados pelo modelo Century para solos de Minas Gerais*, Viçosa, 2007. Tese de Doutorado, 104p.

WERSHAW, R. L. *Evaluation of Conceptual Models of Natural Organic Matter (Humus) from a Consideration of the Chemical and Biochemical Processes of Humification*. US Geological Survey Scientific Investigations Report 2004–5121. US Geological Survey, Reston, Virginia, 2004.

WEST, T. O.; SIX, J. Considering the influence of sequestration duration and carbon saturation on estimates of soil carbon capacity. *Climatic change*, v. 80, p. 25-41, 2007.

WEST, T. O.; POST, W. M. Soil organic carbon sequestration rates for crops with reduced tillage and enhanced rotation. *Soil Science Society of America Journal*, v. 66, p. 1930-1946, 2002.

WILCKE, W.; LILIENFEIN, J. Soil carbon-13 natural abundance under native and managed vegetation in Brazil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v. 68, p. 827-832, 2004.

WILKE, B. M. Determination of chemical and physical soil properties. In: MARGESIN, R.; SCHINNER, F. [eds.]. *Manual for soil analysis: monitoring and assessing soil bioremediation*, XVI. Springer: 2005. Berlin Heidelberg, Germany, and New York, NY, USA. 366 pp (p.72).

WMO (*World Meteorological Organization*). *Statement on the status of the global climate in 2009*. WMO-No 1055, WMO, Geneva, 2010, 13p.

WOOMER, P. L.; MARTIN, A.; ALBRECHT, A.; RESCK, D. V. S.; SCHARPENSEEL, H. W. The importance and management of soil organic matter in the tropics. In: WOOMER, P.W.; SWIFT, M.J. (Eds.). *The Biological Management of Soil Fertility*. West Sussex: John Wiley & Sons, 1994.

XAVIER, F. A. S.; MAIA, S. M. F.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S. Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânico e convencionalna Chapada da Ibiapaba, CE. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 30, p. 247-258, 2006.

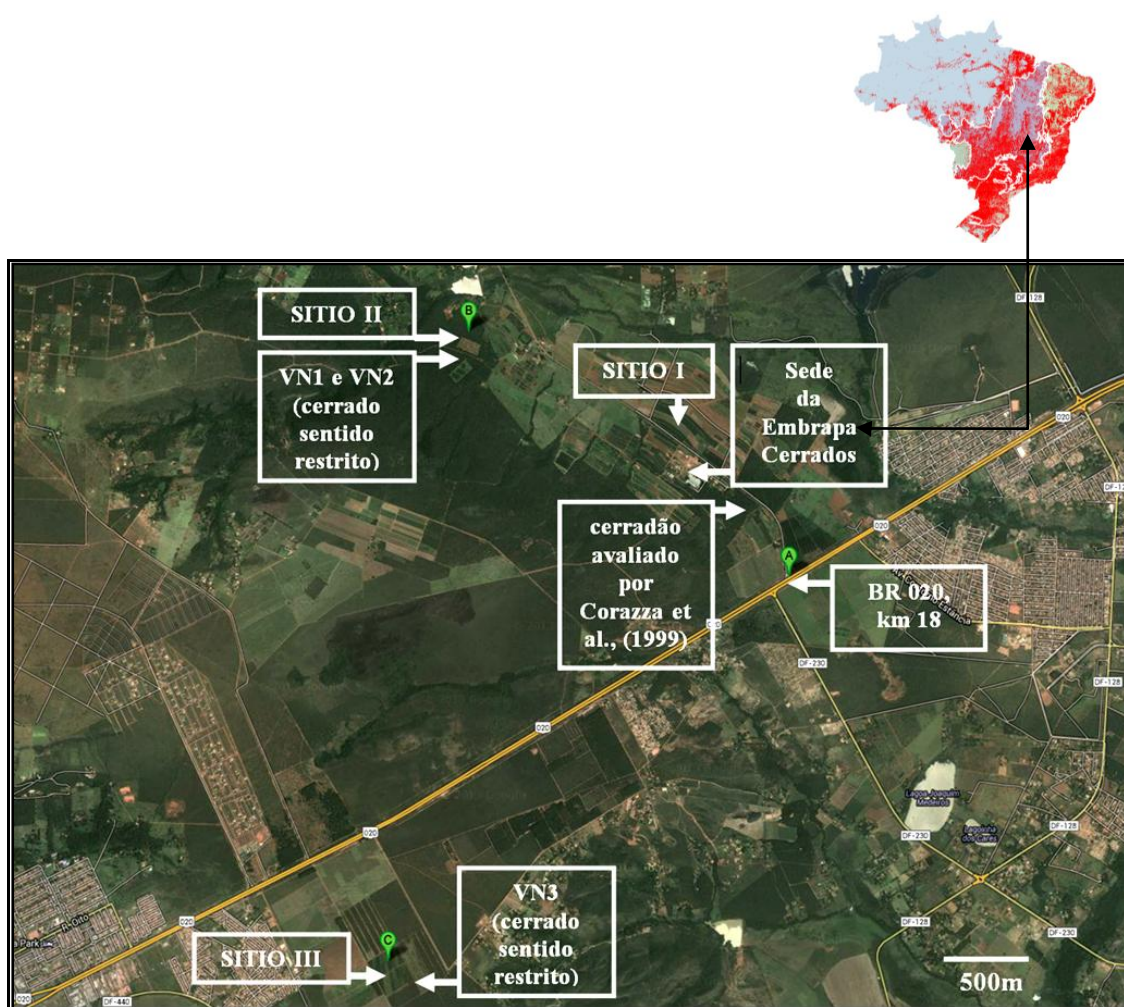
YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, v. 19, p. 1467-1476, 1988.

ZACH, A.; TIESSEN, H.; NOELLEMEYER, E. Carbon turnover and ¹³C natural abundance under land-use change in the semiarid La Pampa, Argentina. *Soil Science Society of America Journal*, v. 70, p. 1541-1546, 2006.

ZINN, Y. L.; LAL, R.; RESCK, D. V. S. Changes in soil organic carbon stocks through agriculture in Brazil. *Soil & Tillage Research*, v. 84, p. 28-40, 2005.

ANEXOS

ANEXO 1



Distribuição das áreas nativas de referência e dos experimentos de longa duração na Embrapa Cerrados, Planaltina, Distrito federal, Brasil.

(15°35'30"S a 15° 35'S e 47° 42'00"W a 47° 42'30"W; altitude: 1.014 a 1.200 m).

Atributos químicos do solo sob cerrado em 1995 (56 parcelas) antes do desmatamento do SITIO II.

Profundidade	Média					
	pH (H ₂ O)	Al cmol _c kg ⁻¹	Ca+Mg cmol _c kg ⁻¹	P mg.kg ⁻¹	K mg.kg ⁻¹	H+Al cmol _c kg ⁻¹
0-10	4.23	1.42	0.19	1.08	24.87	9.05
10-20	4.02	1.26	0.16	0.90	18.30	7.73
20-30	3.99	1.10	0.15	0.61	9.92	6.81
30-40	4.41	0.95	0.13	0.48	3.92	5.90

Profundidade	Desvio padrão da média					
	pH (H ₂ O)	Al cmol _c kg ⁻¹	Ca+Mg cmol _c kg ⁻¹	P mg.kg ⁻¹	K mg.kg ⁻¹	H+Al cmol _c kg ⁻¹
0-10	0.64	0.32	0.04	0.31	12.09	1.98
10-20	0.64	0.30	0.09	0.30	9.19	1.88
20-30	0.64	0.31	0.04	0.32	12.09	1.91
30-40	0.64	0.28	0.04	0.29	9.11	1.67

Atributos químicos do solo sob Pastagem em 2010 no SITIO II

Profundidade	pH	Al	Ca+Mg	P	K
	(H ₂ O)	cmol _c kg ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹
0-10	5.06	0.54	3.22	7.61	44.67
10-20	4.95	0.72	2.28	2.76	27.33
20-30	5.00	0.66	2.33	2.76	22.00
30-40	5.12	0.63	2.12	1.26	19.33
0-40	5.08	0.60	1.85	0.95	13.33

Atributos químicos do solo sob Plantio direto em 2010 no SITIO II

Profundidade	pH	Al	Ca+Mg	P	K
	(H ₂ O)	cmol _c kg ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹
0-10	5.53	0.01	4.99	18.66	99.33
10-20	4.67	0.85	1.50	17.62	50.00
20-30	4.63	0.99	1.29	5.86	40.00
30-40	4.63	1.03	1.07	3.31	48.00
0-40	4.74	0.82	1.16	2.05	47.33

Textura do solo em experimentos de longa duração na Embrapa Cerrados

SITIO	Profundidade	Textura (%)			
		Argila	silte	areia grossa	areia fina
SITIO I	0-40cm	46.54	7,74	9.85	35.88
SITIO II	0-100 ccm	49.81	7.01	6.96	34.46

ANEXO 2

Modelo Century Ecosystems – sub-modelo Savannas

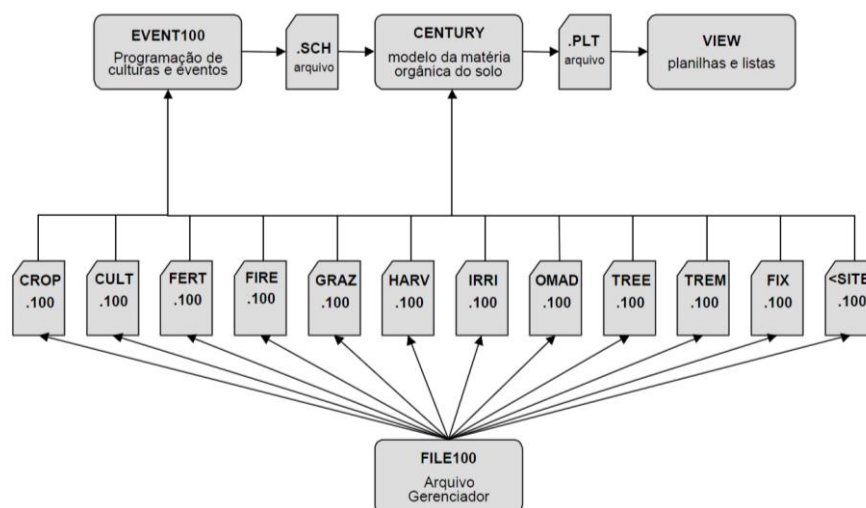


Figura 1. Estrutura e programas do modelo Century utilizada para os cálculos nas simulações (adaptado de Metherell et al., 1993).

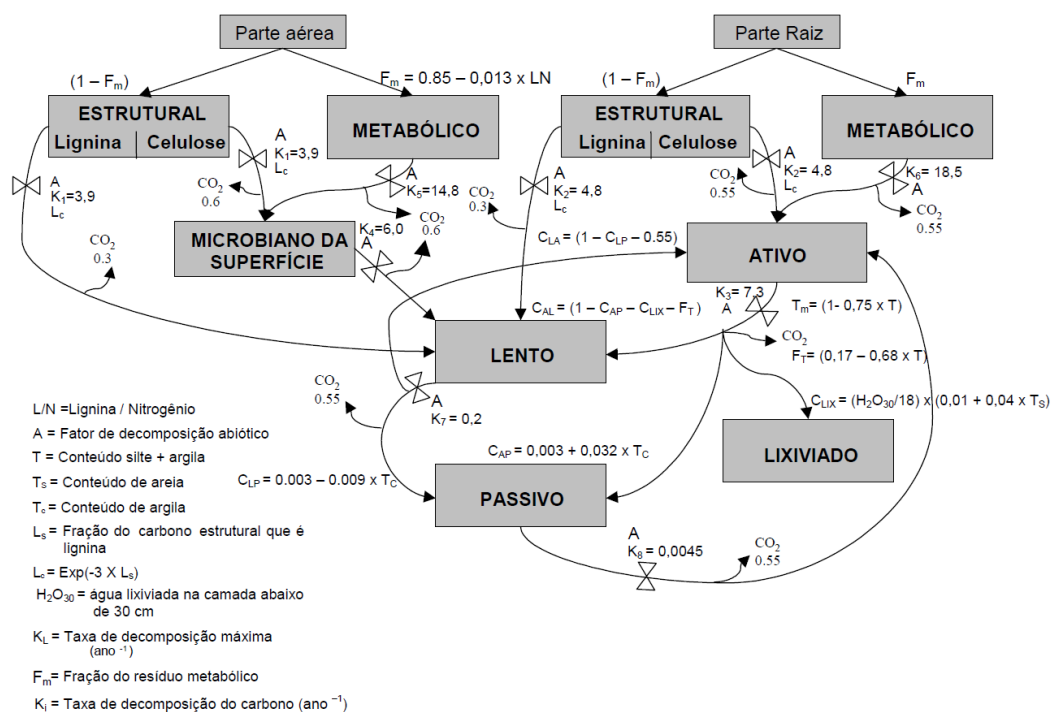


Figura 2 . Compartimentos e fluxos de C no modelo de simulação Century (Leite & Mendonça, 2003)

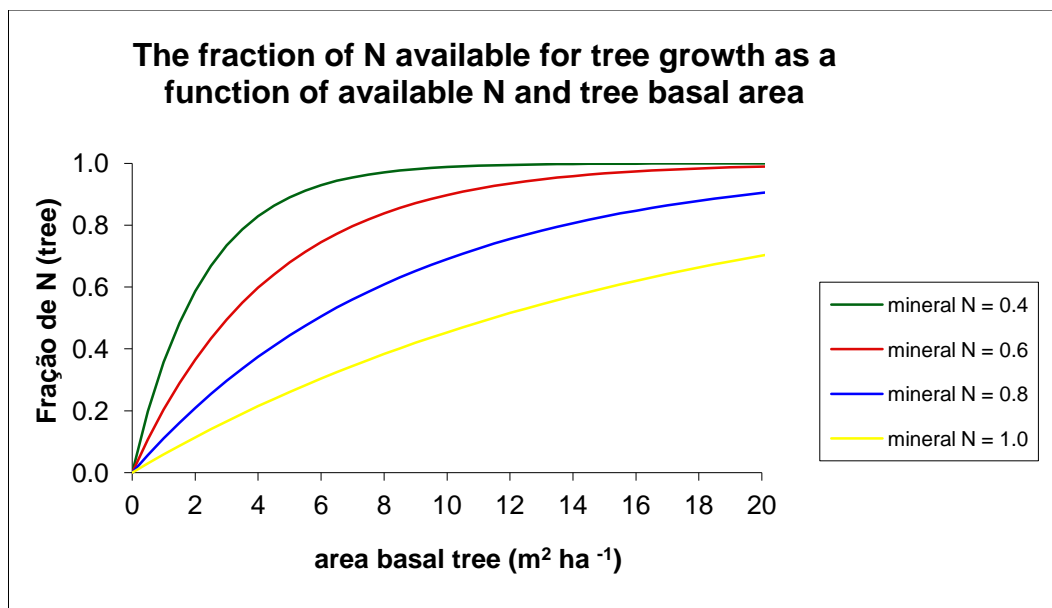


Figura 3. Century Ecosystems sub-modelo savanna: Fração de N disponível para crescimento do estrato arbóreo (tree) em função da área basal e N disponível após parametrização de BASFC2 (1,0) que relaciona a área basal à fração disponível de N para o estrato herbáceo e SITPOT (1,0), no qual os maiores valores fornecem mais N para gramíneas. Esses parâmetros foram

Tabela 1. Simulação de eventos de cerrado sentido restrito em equilíbrio (.sch)

Regime de queimadas					
5 anos			2,5 anos		
1		Starting year	1		Starting year
10001		Last year	10001		Last year
vncpa	c2.1	00 Site file name	vncpa	c2.1	00 Site file name
0		Labeling type	0		Labeling type
-1		Labeling year	-1		Labeling year
-1		Microcosm	-1		Microcosm
-1		CO2 Systems	-1		CO2 Systems
-1		pH shift	-1		pH shift
-1		Soil Warming	-1		Soil Warming
0		N input scalar option	0		N input scalar option
0		OMAD scalar option	0		OMAD scalar option
0		Climate scalar option	0		Climate scalar option
3		Initial system	3		Initial system
HER		Initial crop	HER		Initial crop
CER		Initial tree	CER		Initial tree

Year	Mont	h Option	Year	Mont	h Option
	1	Block # Cerrado		1	Block # Cerrado
	2	Last year		2	Last year
	1	Repeats # years		1	Repeats # years
	1	Output starting year		1	Output starting year
	1	Output month		1	Output month
	1	Output interval		1	Output interval
M		Weather choice	M		Weather choice
	1	1 CROP		1	1 CROP
HER			HER		
	1	1 FRST		1	1 FRST
	1	1 TREE		1	1 TREE
CER			CER		
	1	1 TFST		1	1 TFST
	1	5 LAST		1	5 LAST
	1	5 SENM		1	5 SENM
	1	9 FRST		1	9 FRST
	1	1 2 TLST		1	1 2 TLST
	-999	-999 X		-999	-999 X
	2	Block # Cerrado		2	Block # Cerrado
10000		Last year	10000		Last year
	5	Repeats # years		5	Repeats # years
	9990	Output starting year		9990	Output starting year
	1	Output month		1	Output month
	1	Output interval		1	Output interval
M		Weather choice	M		Weather choice
	1	1 CROP		1	1 CROP
HER			HER		
	1	1 TREE		1	1 TREE
CER			CER		
	1	1 TFST		1	1 TFST
	1	5 LAST		1	5 LAST
	1	5 SENM		1	5 SENM
	1	9 FRST		1	9 FRST
	1	12 TLST		1	12 TLST
	2	1 CROP		2	1 CROP
HER			HER		
	2	1 TREE		2	1 TREE
CER			CER		
	2	1 TFST		2	1 TFST
	2	5 LAST		2	5 LAST
	2	5 SENM		2	5 SENM
	2	9 FRST		2	9 FRST
	2	12 TLST		2	12 TLST
	3	1 CROP		3	1 CROP
HER			HER		

	3	1 TREE		3	1 TREE
CER			CER		
	3	1 TFST		3	1 TFST
	3	5 LAST		3	5 LAST
	3	5 SENM		3	5 SENM
	3	9 FRST		3	7 FIRE
	3	12 TLST	CER		
	4	1 CROP		3	9 FRST
HER				3	12 TLST
	4	1 TREE		4	1 CROP
CER			HER		
	4	1 TFST		4	1 TREE
	4	5 LAST	CER		
	4	5 SENM		4	1 TFST
	4	9 FRST		4	5 LAST
	4	12 TLST		4	5 SENM
	5	1 CROP		4	9 FRST
HER				4	12 TLST
	5	1 TREE		5	1 CROP
CER			HER		
	5	1 TFST		5	1 TREE
	5	5 LAST	CER		
	5	5 SENM		5	1 TFST
	5	7 FIRE		5	5 LAST
CER				5	5 SENM
	5	9 FRST		5	7 FIRE
	5	12 TLST	CER		
	-999	-999 X		5	9 FRST
	3	Block # 1996_conversion		5	12 TLST
10001		Last year	-999	-999	X
					Block #
1		Repeats # years	3		1996_conversion
10001		Output starting year	10001		Last year
1		Output month	1		Repeats # years
1		Output interval	10001		Output starting year
M		Weather choice	1		Output month
	1	1 CROP	1		Output interval
HER			M		Weather choice
	1	1 TREE		1	1 CROP
CER			HER		
	1	1 TFST		1	1 TREE
	1	6 TLST	CER		
	1	6 LAST		1	1 TFST
	1	6 TREM		1	6 TLST
CCER3				1	6 LAST
	1	7 TREM		1	6 TREM
FIRE			CCER3		

1	8 HARV	1	7 TREM
R2		FIRE	
1	9 CULT	1	8 HARV
P2		R2	
1	10 CULT	1	9 CULT
P2		P2	
-999	-999 X	1	10 CULT
		P2	
		-999	-999 X

Tabela 2. Extrato herbáceo e arbóreo no cerrado sentido restrito VN2

Extrato herbáceo		Extrato arbóreo	
0.25000	'PRDX(1)'	2.00000	'DECID'
30.00000	'PPDF(1)'	0.30000	'PRDX(2)'
45.00000	'PPDF(2)'	30.00000	'PPDF(1)'
1.00000	'PPDF(3)'	45.00000	'PPDF(2)'
2.50000	'PPDF(4)'	1.00000	'PPDF(3)'
1.00000	'BIOFLG'	2.50000	'PPDF(4)'
200.0000	'BIOK5'	15.60000	'CERFOR(1,1,1)'
0.00000	'PLTMRF'	396.00000	'CERFOR(1,1,2)'
200.00000	'FULCAN'	40.00000	'CERFOR(1,1,3)'
1.00000	'FRTCINDX'	30.90000	'CERFOR(1,2,1)'
0.60000	'FRTC(1)'	500.00000	'CERFOR(1,2,2)'
0.20000	'FRTC(2)'	83.00000	'CERFOR(1,2,3)'
0.00000	'FRTC(3)'	32.50000	'CERFOR(1,3,1)'
0.20000	'FRTC(4)'	500.00000	'CERFOR(1,3,2)'
0.10000	'FRTC(5)'	70.00000	'CERFOR(1,3,3)'
0.40000	'CFRTCN(1)'	34.900000	'CERFOR(1,4,1)'
0.25000	'CFRTCN(2)'	479.00000	'CERFOR(1,4,2)'
0.60000	'CFRTCW(1)'	131.00000	'CERFOR(1,4,3)'
0.20000	'CFRTCW(2)'	34.10000	'CERFOR(1,5,1)'
400.00000	'BIOMAX'	833.00000	'CERFOR(1,5,2)'
20.00000	'PRAMN(1,1)'	100.00000	'CERFOR(1,5,3)'
390.00000	'PRAMN(2,1)'	56.60000	'CERFOR(2,1,1)'
340.00000	'PRAMN(3,1)'	396.00000	'CERFOR(2,1,2)'
30.00000	'PRAMN(1,2)'	40.00000	'CERFOR(2,1,3)'
390.00000	'PRAMN(2,2)'	103.4000	'CERFOR(2,2,1)'
340.00000	'PRAMN(3,2)'	500.00000	'CERFOR(2,2,2)'
26.90000	'PRAMX(1,1)'	83.00000	'CERFOR(2,2,3)'
440.00000	'PRAMX(2,1)'	174.7000	'CERFOR(2,3,1)'
440.00000	'PRAMX(3,1)'	500.00000	'CERFOR(2,3,2)'
115.7000	'PRAMX(1,2)'	70.00000	'CERFOR(2,3,3)'
440.00000	'PRAMX(2,2)'	232.90000	'CERFOR(2,4,1)'
440.00000	'PRAMX(3,2)'	479.00000	'CERFOR(2,4,2)'
60.00000	'PRBMN(1,1)'	131.00000	'CERFOR(2,4,3)'

390.00000	'PRBMN(2,1)'	147.0000	'CERFOR(2,5,1)'
340.00000	'PRBMN(3,1)'	833.00000	'CERFOR(2,5,2)'
0.00000	'PRBMN(1,2)'	100.00000	'CERFOR(2,5,3)'
0.00000	'PRBMN(2,2)'	59.00000	'CERFOR(3,1,1)'
0.00000	'PRBMN(3,2)'	396.00000	'CERFOR(3,1,2)'
80.00000	'PRBMX(1,1)'	40.00000	'CERFOR(3,1,3)'
420.00000	'PRBMX(2,1)'	50.00000	'CERFOR(3,2,1)'
420.00000	'PRBMX(3,1)'	500.00000	'CERFOR(3,2,2)'
0.00000	'PRBMX(1,2)'	83.00000	'CERFOR(3,2,3)'
0.00000	'PRBMX(2,2)'	99.00000	'CERFOR(3,3,1)'
0.00000	'PRBMX(3,2)'	500.00000	'CERFOR(3,3,2)'
0.02000	'FLIGNI(1,1)'	70.00000	'CERFOR(3,3,3)'
0.00120	'FLIGNI(2,1)'	140.00000	'CERFOR(3,4,1)'
0.26000	'FLIGNI(1,2)'	479.00000	'CERFOR(3,4,2)'
-0.00150	'FLIGNI(2,2)'	131.00000	'CERFOR(3,4,3)'
0.00000	'HIMAX'	83.00000	'CERFOR(3,5,1)'
0.00000	'HIWSF'	833.00000	'CERFOR(3,5,2)'
0.00000	'HIMON(1)'	100.00000	'CERFOR(3,5,3)'
0.00000	'HIMON(2)'	1.50000	'DECW1'
0.00000	'EFRGRN(1)'	0.50000	'DECW2'
0.00000	'EFRGRN(2)'	0.60000	'DECW3'
0.00000	'EFRGRN(3)'	0.00000	'FCFRAC(1,1)'
0.04000	'VLOSSP'	0.25500	'FCFRAC(2,1)'
0.20000	'FSDETH(1)'	0.20000	'FCFRAC(3,1)'
0.63000	'FSDETH(2)'	0.15500	'FCFRAC(4,1)'
0.20000	'FSDETH(3)'	0.39000	'FCFRAC(5,1)'
150.00000	'FSDETH(4)'	0.00000	'FCFRAC(1,2)'
0.10000	'FALLRT'	0.25500	'FCFRAC(2,2)'
0.07000	'RDR'	0.20000	'FCFRAC(3,2)'
2.00000	'RTDTMP'	0.15500	'FCFRAC(4,2)'
0.50000	'CRPRTF(1)'	0.39000	'FCFRAC(5,2)'
0.00000	'CRPRTF(2)'	0.40000	'TFRTCW(1)'
0.00000	'CRPRTF(3)'	0.25000	'TFRTCW(2)'
0.00050	'SNFXMX(1)'	0.36000	'TFRTCW(1)'
-18.0000	'DEL13C'	0.30000	'TFRTCW(2)'
1.20000	'CO2IPR(1)'	0.01000	'LEAFDR(1)'
0.80000	'CO2ITR(1)'	0.01000	'LEAFDR(2)'
1.20000	'CO2ICE(1,1,1)'	0.01000	'LEAFDR(3)'
1.00000	'CO2ICE(1,1,2)'	0.02000	'LEAFDR(4)'
1.00000	'CO2ICE(1,1,3)'	0.03000	'LEAFDR(5)'
1.20000	'CO2ICE(1,2,1)'	0.05000	'LEAFDR(6)'
1.00000	'CO2ICE(1,2,2)'	0.10000	'LEAFDR(7)'
1.00000	'CO2ICE(1,2,3)'	0.10000	'LEAFDR(8)'
1.00000	'CO2IRS(1)'	0.04000	'LEAFDR(9)'
0.00000	'KMRSP(1)'	0.02000	'LEAFDR(10)'
0.00000	'CKMRSPMX(1)'	0.01000	'LEAFDR(11)'
0.00000	'CKMRSPMX(2)'	0.01000	'LEAFDR(12)'
0.25000	'NO3PREF(1)'	0.01100	'BTOLAI'
4.00000	'CLAYPG'	300.000	'KLAI'
10.0000	'TMPGERM'	-0.47000	'LAITOP'

900.000	'DDBASE'	2.000000	'MAXLAI'
7.00000	'TMPKILL'	1.00000	'MAXLDR'
10.0000	'BASETAMP'	0.40000	'FORRTF(1)'
100.000	'MNDDHRV'	0.00000	'FORRTF(2)'
200.000	'MXDDHRV'	0.00000	'FORRTF(3)'
		1.00000	'SAPK'
		0.00000	'SWOLD'
		0.17000	'WDLIG(1)'
		0.25000	'WDLIG(2)'
		0.25000	'WDLIG(3)'
		0.32000	'WDLIG(4)'
		0.25000	'WDLIG(5)'
		0.30000	'WOODDR(1)'
		0.00740	'WOODDR(2)'
		0.00670	'WOODDR(3)'
		0.00600	'WOODDR(4)'
		0.00520	'WOODDR(5)'
		0.00050	'SNFXMX(2)'
		0.00000	'DEL13C'
		1.20000	'CO2IPR(2)'
		0.80000	'CO2ITR(2)'
		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(2)'
		1.00000	'BASFC2'
		1.00000	'BASFACT'
		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)'
		8.00000	'TLAYPG'
		7.00000	'TMPLFF'
		10.0000	'TMPLFS'

Tabela 3. Valores locais (arquivos FIX e SITE)

<u>Parâmetros do FIX</u>		<u>Parâmetros climáticos</u>	
15.00000	'ADEP(1)'	23.99000	'PRECIP(1)'
15.00000	'ADEP(2)'	18.71000	'PRECIP(2)'
15.00000	'ADEP(3)'	20.73000	'PRECIP(3)'
15.00000	'ADEP(4)'	9.340000	'PRECIP(4)'
30.00000	'ADEP(5)'	2.480000	'PRECIP(5)'
30.00000	'ADEP(6)'	0.440000	'PRECIP(6)'
30.00000	'ADEP(7)'	0.440000	'PRECIP(7)'
30.00000	'ADEP(8)'	1.560000	'PRECIP(8)'
20.0000	'ADEP(9)'	3.910000	'PRECIP(9)'
0.00000	'ADEP(10)'	12.36000	'PRECIP(10)'
-40.00000	'AGPPA'	18.19000	'PRECIP(11)'
7.70000	'AGPPB'	22.79000	'PRECIP(12)'
1.50000	'ANEREF(1)'	13.40	'PRCSTD(1)'
3.00000	'ANEREF(2)'	9.76	'PRCSTD(2)'
0.30000	'ANEREF(3)'	12.44	'PRCSTD(3)'
5.00000	'ANIMPT'	5.46	'PRCSTD(4)'
0.80000	'AWTL(1)'	2.79	'PRCSTD(5)'
0.60000	'AWTL(2)'	0.85	'PRCSTD(6)'
0.40000	'AWTL(3)'	1.21	'PRCSTD(7)'
0.30000	'AWTL(4)'	2.07	'PRCSTD(8)'
0.20000	'AWTL(5)'	3.71	'PRCSTD(9)'
0.20000	'AWTL(6)'	8.69	'PRCSTD(10)'
0.20000	'AWTL(7)'	7.83	'PRCSTD(11)'
0.20000	'AWTL(8)'	9.13	'PRCSTD(12)'
0.00000	'AWTL(9)'	1.17700	'PRCSKW(1)'
0.00000	'AWTL(10)'	0.73850	'PRCSKW(2)'
100.00000	'BGPPA'	0.42310	'PRCSKW(3)'
7.00000	'BGPPB'	0.50300	'PRCSKW(4)'
350.00000		2.75010	'PRCSKW(5)'
'CO2PPM(1)'		2.25850	'PRCSKW(6)'
700.00000		4.34610	'PRCSKW(7)'
'CO2PPM(2)'		1.78210	'PRCSKW(8)'
0.00000	'CO2RMP'	0.94560	'PRCSKW(9)'
0.00000	'DAMR(1,1)'	1.70060	'PRCSKW(10)'
0.00000	'DAMR(1,2)'	0.50480	'PRCSKW(11)'
0.01000	'DAMR(1,3)'	1.84600	'PRCSKW(12)'
0.02000	'DAMR(2,1)'	17.8100	'TMN2M(1)'
0.02000	'DAMR(2,2)'	17.7700	'TMN2M(2)'
0.04000	'DAMR(2,3)'	17.7600	'TMN2M(3)'
15.00000		17.1300	'TMN2M(4)'
'DAMRMN(1)'		15.2500	'TMN2M(5)'
150.00000		13.6100	'TMN2M(6)'
'DAMRMN(2)'			
150.00000			
'DAMRMN(3)'			

3.90000	'DEC1(1)'	13.2600	'TMN2M(7)'
4.90000	'DEC1(2)'	14.9300	'TMN2M(8)'
14.80000	'DEC2(1)'	16.8900	'TMN2M(9)'
18.50000	'DEC2(2)'	17.8500	'TMN2M(10)'
6.00000	'DEC3(1)'	17.8500	'TMN2M(11)'
8.00000	'DEC3(2)'	17.8900	'TMN2M(12)'
0.00590	'DEC4'	27.4600	'TMX2M(1)'
0.32000	'DEC5'	27.7500	'TMX2M(2)'
5.00000	'DECK5'	27.9100	'TMX2M(3)'
-4.00000	'DLIGDF'	27.7900	'TMX2M(4)'
0.99900	'DRESP'	27.1000	'TMX2M(5)'
0.20000	'EDEPTH'	26.4800	'TMX2M(6)'
0.40000	'ELITST'	26.6400	'TMX2M(7)'
2.00000	'ENRICH'	28.4300	'TMX2M(8)'
0.90000	'FAVAIL(1)'	29.7400	'TMX2M(9)'
0.50000	'FAVAIL(3)'	29.2800	'TMX2M(10)'
0.20000	'FAVAIL(4)'	27.7300	'TMX2M(11)'
0.40000	'FAVAIL(5)'	27.4200	'TMX2M(12)'
2.00000	'FAVAIL(6)'		
0.20000	'FLEACH(1)'	*** Site and control parameters	
0.70000	'FLEACH(2)'	0.00000	'IVAUTO'
1.00000	'FLEACH(3)'	1.00000	'NELEM'
0.00000	'FLEACH(4)'	-17.36000	'SITLAT'
0.10000	'FLEACH(5)'	-46.42000	'SITLNG'
0.80000	'FWLOSS(1)'	0.43700	'SAND'
0.80000	'FWLOSS(2)'	0.06700	'SILT'
0.65000	'FWLOSS(3)'	0.49600	'CLAY'
0.80000	'FWLOSS(4)'	0.00000	'ROCK'
-0.12500	'FXMCA'	0.93000	'BULKD'
0.00500	'FXMCB'	9.00000	'NLAYER'
0.35000	'FXMXS'	9.00000	'NLAYPG'
7.00000	'FXNPB'	1.00000	'DRAIN'
0.00000	'GREMB'	0.30000	'BASEF'
2.00000	'IDEF'	0.60000	'STORMF'
0.20000	'LHZF(1)'	8.00000	'PRECRO'
0.40000	'LHZF(2)'	0.15000	'FRACRO'
0.80000	'LHZF(3)'	1.00000	'SWFLAG'
18.00000	'MINLCH'	0.20000	'AWILT(1)'
0.00000	'NSNFIX'	0.20000	'AWILT(2)'
4.00000	'NTSPM'	0.20000	'AWILT(3)'
0.03000		0.20000	'AWILT(4)'
'OMLECH(1)'		0.20000	'AWILT(5)'
0.12000		0.20000	'AWILT(6)'
'OMLECH(2)'		0.20000	'AWILT(7)'
60.00000		0.20000	'AWILT(8)'
'OMLECH(3)'		0.20000	'AWILT(9)'
0.60000	'P1CO2A(1)'	0.20000	'AWILT(10)'
0.17000	'P1CO2A(2)'	0.30000	

0.00000	'P1CO2B(1)'	0.30000	'AFIEL(1)'
0.68000	'P1CO2B(2)'	0.30000	'AFIEL(2)'
0.55000	'P2CO2'	0.30000	'AFIEL(3)'
0.55000	'P3CO2'	0.30000	'AFIEL(4)'
100.00000	'PABRES'	0.30000	'AFIEL(5)'
16.00000		0.30000	'AFIEL(6)'
'PCEMIC(1,1)'		0.30000	'AFIEL(7)'
200.00000		0.30000	'AFIEL(8)'
'PCEMIC(1,2)'		0.30000	'AFIEL(9)'
150.00000		0.30000	'AFIEL(10)'
'PCEMIC(1,3)'		0.00000	'AFIEL(10)'
10.00000		4.80000	'PH'
'PCEMIC(2,1)'		1.00000	'PSLSRB'
99.00000		10.00000	'SORPMX'
'PCEMIC(2,2)'			
50.00000			*** External nutrient input parameters
'PCEMIC(2,3)'		0.05000	'EPNFA(1)'
0.02000		0.00420	'EPNFA(2)'
'PCEMIC(3,1)'		30.0000	'EPNFS(1)'
0.00150		0.00800	'EPNFS(2)'
'PCEMIC(3,2)'		0.00000	'SATMOS(1)'
0.00150		0.00000	'SATMOS(2)'
'PCEMIC(3,3)'		0.00000	'SIRRI'
0.25000	'PEFTXA'		
0.75000	'PEFTXB'		*** Organic matter initial values
6.00000	'PHESP(1)'	0.000000	'SOM1CI(1,1)'
0.00080	'PHESP(2)'	0.00000	'SOM1CI(1,2)'
7.60000	'PHESP(3)'	0.000000	'SOM1CI(2,1)'
0.01500	'PHESP(4)'	0.00000	'SOM1CI(2,2)'
3.00000	'PLIGST(1)'	0.00000	'SOM2CI(1)'
3.00000	'PLIGST(2)'	0.00000	'SOM2CI(2)'
0.55000	'PMCO2(1)'	0.00000	'SOM3CI(1)'
0.55000	'PMCO2(2)'	0.00000	'SOM3CI(2)'
0.00000	'PMNSEC(1)'	0.00000	'RCES1(1,1)'
0.00000	'PMNSEC(2)'	0.00000	'RCES1(1,2)'
2.00000	'PMNSEC(3)'	0.00000	'RCES1(1,3)'
0.00400	'PMNTMP'	0.00000	'RCES1(2,1)'
600.00000	'PMXBIO'	0.00000	'RCES1(2,2)'
-0.00350	'PMXTMP'	0.00000	'RCES1(2,3)'
0.00000	'PPARMN(1)'	0.00000	'RCES2(1)'
0.00010	'PPARMN(2)'	0.00000	'RCES2(2)'
0.00050	'PPARMN(3)'	0.00000	'RCES2(3)'
0.00000	'PPRPTS(1)'	0.00000	'RCES3(1)'
1.00000	'PPRPTS(2)'	0.00000	'RCES3(2)'
0.80000	'PPRPTS(3)'	0.00000	'RCES3(3)'
0.45000	'PS1CO2(1)'	0.00000	'CLITTR(1,1)'
0.55000	'PS1CO2(2)'	100.00000	'CLITTR(1,2)'
-0.0030	'PS1S3(1)'	0.00000	'CLITTR(2,1)'
0.04200	'PS1S3(2)'	100.00000	'CLITTR(2,2)'
-0.0030	'PS2S3(1)'	0.00000	

0.01700	'PS2S3(2)'	88.00000	'RCELIT(1,1)'
0.00000	'PSECMN(1)'	300.00000	'RCELIT(1,2)'
0.00220	'PSECMN(2)'	300.00000	'RCELIT(1,3)'
0.20000	'PSECMN(3)'	66.00000	'RCELIT(2,1)'
0.00000	'PSECOC1'	300.00000	'RCELIT(2,2)'
0.00000	'PSECOC2'	300.00000	'RCELIT(2,3)'
12.00000		0.00000	'AGLCIS(1)'
'RAD1P(1,1)'		0.00000	'AGLCIS(2)'
3.00000	'RAD1P(2,1)'	0.00000	'AGLIVE(1)'
5.00000	'RAD1P(3,1)'	0.00000	'AGLIVE(2)'
220.000000		0.00000	'AGLIVE(3)'
'RAD1P(1,2)'		200.00000	'BGLCIS(1)'
5.00000	'RAD1P(2,2)'	0.00000	'BGLCIS(2)'
100.00000		1.50000	'BGLIVE(1)'
'RAD1P(3,2)'		0.45000	'BGLIVE(2)'
220.000000		0.45000	'BGLIVE(3)'
'RAD1P(1,3)'		50.00000	'STDCIS(1)'
5.00000	'RAD1P(2,3)'	0.00000	'STDCIS(2)'
100.00000		0.80000	'STDEDE(1)'
'RAD1P(3,3)'		0.20000	'STDEDE(2)'
200.00000		0.20000	'STDEDE(3)'
'RCESTR(1)'		*** Forest organic matter initial parameters	
500.00000		0.00000	'RLVCIS(1)'
'RCESTR(2)'		0.00000	'RLVCIS(2)'
500.00000		0.00000	'RLEAVE(1)'
0.01500	'RICTRL'	0.00000	'RLEAVE(2)'
0.80000	'RIINT'	0.00000	'RLEAVE(3)'
0.30000	'RSPLIG'	0.00000	'FBRCIS(1)'
-1.00000	'SEED'	0.00000	'FBRCIS(2)'
0.85000	'SPL(1)'	0.00000	'FBRCHE(1)'
0.01300	'SPL(2)'	0.00000	'FBRCHE(2)'
5000.00000		0.00000	'FBRCHE(3)'
'STRMAX(1)'		0.00000	'RLWCIS(1)'
5000.00000		0.00000	'RLWCIS(2)'
'STRMAX(2)'		0.00000	'RLWODE(1)'
1.00000	'TEXEPP(1)'	0.00000	'RLWODE(2)'
0.70000	'TEXEPP(2)'	0.00000	'RLWODE(3)'
0.00010	'TEXEPP(3)'	0.00000	'FRTCIS(1)'
0.00016	'TEXEPP(4)'	0.00000	'FRTCIS(2)'
2.00000	'TEXEPP(5)'	0.00000	'FROOTE(1)'
1.00000	'TEXESP(1)'	0.00000	'FROOTE(2)'
0.00400	'TEXESP(3)'	0.00000	'FROOTE(3)'
15.4000	'TEFF(1)'	0.00000	'CRTCIS(1)'
11.7500	'TEFF(2)'	0.00000	'CRTCIS(2)'
29.7000	'TEFF(3)'	0.00000	'CROOTE(1)'
0.03100	'TEFF(4)'	0.00000	'CROOTE(2)'
0.00000	'TMELT(1)'	0.00000	
0.00200	'TMELT(2)'	0.00000	
14.00000		0.00000	

'VARAT1(1,1)'	0.00000	'CROOTE(3)'
3.00000	0.00000	'WD1CIS(1)'
'VARAT1(2,1)'	0.00000	'WD1CIS(2)'
2.00000	0.00000	'WD2CIS(1)'
'VARAT1(3,1)'	0.00000	'WD2CIS(2)'
150.0000	0.00000	'WD3CIS(1)'
'VARAT1(1,2)'	0.00000	'WD3CIS(2)'
30.00000	0.00000	
'VARAT1(2,2)'		
2.00000		
'VARAT1(3,2)'		
200.0000		
'VARAT1(1,3)'		
50.00000		
'VARAT1(2,3)'		
2.00000		
'VARAT1(3,3)'		
15.00000		
'VARAT2(1,1)'		
12.00000		
'VARAT2(2,1)'		
2.00000		
'VARAT2(3,1)'		
400.00000		
'VARAT2(1,2)'		
100.0000		
'VARAT2(2,2)'		
2.00000		
'VARAT2(3,2)'		
400.00000		
'VARAT2(1,3)'		
100.0000		
'VARAT2(2,3)'		
2.00000		
'VARAT2(3,3)'		
5.50000		
'VARAT3(1,1)'		
6.00000		
'VARAT3(2,1)'		
2.00000		
'VARAT3(3,1)'		
200.00000		
'VARAT3(1,2)'		
50.00000		
'VARAT3(2,2)'		
2.00000		
'VARAT3(3,2)'		
200.00000		
'VARAT3(1,3)'		
50.00000		
'VARAT3(2,3)'		
2.00000		
'VARAT3(3,3)'		
0.02000		'VLOSSE'

1.00000	'VLOSSG'
values	

Tabela 4. Parametros CROP da simulação de espécies em pastagens

<u>PASTAGEM <i>Braquiária</i></u>		<u>Pastagem <i>Andropogon</i></u>	
0.60000	'PRDX(1)'	0.40000	'PRDX(1)'
22.00000	'PPDF(1)'	22.00000	'PPDF(1)'
45.00000	'PPDF(2)'	45.00000	'PPDF(2)'
1.00000	'PPDF(3)'	1.00000	'PPDF(3)'
2.50000	'PPDF(4)'	2.50000	'PPDF(4)'
1.00000	'BIOFLG'	1.00000	'BIOFLG'
60.00000	'BIOK5'	60.00000	'BIOK5'
1.00000	'PLTMRF'	1.00000	'PLTMRF'
100.00000	'FULCAN'	100.00000	'FULCAN'
1.00000	'FRTCINDEX'	1.00000	'FRTCINDEX'
0.60000	'FRTC(1)'	0.60000	'FRTC(1)'
0.60000	'FRTC(2)'	0.60000	'FRTC(2)'
4.00000	'FRTC(3)'	4.00000	'FRTC(3)'
0.20000	'FRTC(4)'	0.20000	'FRTC(4)'
0.10000	'FRTC(5)'	0.10000	'FRTC(5)'
0.30000	'CFRTCEN(1)'	0.30000	'CFRTCEN(1)'
0.25000	'CFRTCEN(2)'	0.25000	'CFRTCEN(2)'
0.40000	'CFRTCEN(1)'	0.40000	'CFRTCEN(1)'
0.10000	'CFRTCEN(2)'	0.10000	'CFRTCEN(2)'
400.00000	'BIOMAX'	400.00000	'BIOMAX'
10.00000	'PRAMN(1,1)'	10.00000	'PRAMN(1,1)'
390.00000	'PRAMN(2,1)'	390.00000	'PRAMN(2,1)'
340.00000	'PRAMN(3,1)'	340.00000	'PRAMN(3,1)'
40.00000	'PRAMN(1,2)'	40.00000	'PRAMN(1,2)'
390.00000	'PRAMN(2,2)'	390.00000	'PRAMN(2,2)'
340.00000	'PRAMN(3,2)'	340.00000	'PRAMN(3,2)'
20.00000	'PRAMX(1,1)'	20.00000	'PRAMX(1,1)'
440.00000	'PRAMX(2,1)'	440.00000	'PRAMX(2,1)'
440.00000	'PRAMX(3,1)'	440.00000	'PRAMX(3,1)'
60.00000	'PRAMX(1,2)'	60.00000	'PRAMX(1,2)'
440.00000	'PRAMX(2,2)'	440.00000	'PRAMX(2,2)'
440.00000	'PRAMX(3,2)'	440.00000	'PRAMX(3,2)'
60.00000	'PRBMN(1,1)'	60.00000	'PRBMN(1,1)'
390.00000	'PRBMN(2,1)'	390.00000	'PRBMN(2,1)'
340.00000	'PRBMN(3,1)'	340.00000	'PRBMN(3,1)'
0.00000	'PRBMN(1,2)'	0.00000	'PRBMN(1,2)'
0.00000	'PRBMN(2,2)'	0.00000	'PRBMN(2,2)'
0.00000	'PRBMN(3,2)'	0.00000	'PRBMN(3,2)'
80.00000	'PRBMX(1,1)'	80.00000	'PRBMX(1,1)'
420.00000	'PRBMX(2,1)'	420.00000	'PRBMX(2,1)'
420.00000	'PRBMX(3,1)'	420.00000	'PRBMX(3,1)'

0.00000	'PRBMX(1,2)'	0.00000	'PRBMX(1,2)'
0.10000	'PRBMX(2,2)'	0.10000	'PRBMX(2,2)'
0.00000	'PRBMX(3,2)'	0.00000	'PRBMX(3,2)'
0.12000	'FLIGNI(1,1)'	0.12000	'FLIGNI(1,1)'
0.00000	'FLIGNI(2,1)'	0.00000	'FLIGNI(2,1)'
0.50000	'FLIGNI(1,2)'	0.50000	'FLIGNI(1,2)'
0.00000	'FLIGNI(2,2)'	0.00000	'FLIGNI(2,2)'
0.00000	'HIMAX'	0.00000	'HIMAX'
0.00000	'HIWSF'	0.00000	'HIWSF'
0.00000	'HIMON(1)'	0.00000	'HIMON(1)'
0.00000	'HIMON(2)'	0.00000	'HIMON(2)'
0.0000	'EFRGRN(1)'	0.0000	'EFRGRN(1)'
0.0000	'EFRGRN(2)'	0.0000	'EFRGRN(2)'
0.0000	'EFRGRN(3)'	0.0000	'EFRGRN(3)'
0.04000	'VLOSSP'	0.04000	'VLOSSP'
0.00000	'FSDETH(1)'	0.00000	'FSDETH(1)'
0.50000	'FSDETH(2)'	0.50000	'FSDETH(2)'
0.20000	'FSDETH(3)'	0.20000	'FSDETH(3)'
500.00000	'FSDETH(4)'	500.00000	'FSDETH(4)'
0.10000	'FALLRT'	0.10000	'FALLRT'
0.10000	'RDR'	0.10000	'RDR'
2.00000	'RTDTMP'	2.00000	'RTDTMP'
0.40000	'CRPRTF(1)'	0.40000	'CRPRTF(1)'
0.00000	'CRPRTF(2)'	0.00000	'CRPRTF(2)'
0.00000	'CRPRTF(3)'	0.00000	'CRPRTF(3)'
0.01000	'SNFXMX(1)'	0.00000	'SNFXMX(1)'
27.00000	'DEL13C'	27.00000	'DEL13C'
1.20000	'CO2IPR(1)'	1.20000	'CO2IPR(1)'
0.80000	'CO2ITR(1)'	0.80000	'CO2ITR(1)'
1.20000	'CO2ICE(1,1,1)'	1.20000	'CO2ICE(1,1,1)'
1.00000	'CO2ICE(1,1,2)'	1.00000	'CO2ICE(1,1,2)'
1.00000	'CO2ICE(1,1,3)'	1.00000	'CO2ICE(1,1,3)'
1.20000	'CO2ICE(1,2,1)'	1.20000	'CO2ICE(1,2,1)'
1.00000	'CO2ICE(1,2,2)'	1.00000	'CO2ICE(1,2,2)'
1.00000	'CO2ICE(1,2,3)'	1.00000	'CO2ICE(1,2,3)'
1.00000	'CO2IRS(1)'	1.00000	'CO2IRS(1)'
0.00000	'KMRSP(1)'	0.00000	'KMRSP(1)'
0.00000		0.00000	
'CKMRSPMX(1)'		'CKMRSPMX(1)'	
0.00000		0.00000	
'CKMRSPMX(2)'		'CKMRSPMX(2)'	
0.25000	'NO3PREF(1)'	0.25000	'NO3PREF(1)'
4.00000	'CLAYPG'	4.00000	'CLAYPG'
10.0000	'TMPGERM'	10.0000	'TMPGERM'
900.000	'DDBASE'	900.000	'DDBASE'
7.00000	'TMPKILL'	7.00000	'TMPKILL'
10.0000	'BASETEMP'	10.0000	'BASETEMP'
100.000	'MNDDHRV'	100.000	'MNDDHRV'
200.000	'MXDDHRV'	200.000	'MXDDHRV'

Tabela 5. Parâmetros de cultivo

Arado de discos		Arado de aivecas	
0.00000	'CULTRA(1)'	0.00000	'CULTRA(1)'
0.10000	'CULTRA(2)'	0.10000	'CULTRA(2)'
0.90000	'CULTRA(3)'	0.90000	'CULTRA(3)'
0.10000	'CULTRA(4)'	0.10000	'CULTRA(4)'
0.90000	'CULTRA(5)'	0.90000	'CULTRA(5)'
0.90000	'CULTRA(6)'	0.90000	'CULTRA(6)'
1.00000	'CULTRA(7)'	1.00000	'CULTRA(7)'
1.60000	'CLTEFF(1)'	1.80000	'CLTEFF(1)'
1.60000	'CLTEFF(2)'	1.80000	'CLTEFF(2)'
1.60000	'CLTEFF(3)'	1.80000	'CLTEFF(3)'
1.60000	'CLTEFF(4)'	1.80000	'CLTEFF(4)'

Tabela 6. Simulação de aplicação de Nitrogênio via fertilizantes

60 kg N		30 kg N	
6.00000	'FERAMT(1)'	3.00000	'FERAMT(1)'
0.00000	'FERAMT(2)'	0.00000	'FERAMT(2)'
0.00000	'FERAMT(3)'	0.00000	'FERAMT(3)'
0.00000	'AUFERT'	0.00000	'AUFERT'
1.00000	'NINHIB'	1.00000	'NINHIB'

Tabela 7. Simulação de fogo no Cerrado (FIRE) (Comunicação pessoal, Heloisa Miranda, Prof. Depto Ecologia, UnB, DF e baseado em Sato, 1996;2003; Miranda et al., 2002)

Fogo no estrato herbáceo		Fogo para o desmatamento	
0.70000	'FLFREM'	0.00000	'EVNTYP'
0.70000	'FDFREM(1)'	0.99000	'REMF(1)'
0.40000	'FDFREM(2)'	0.99000	'REMF(2)'
0.36500	'FDFREM(3)'	0.99000	'REMF(3)'
0.12000	'FDFREM(4)'	0.99000	'REMF(4)'
0.17400	'FRET(1,1)'	0.99000	'REMF(5)'
0.30000	'FRET(1,2)'	1.00000	'FD(1)'
1.00000	'FRET(1,3)'	1.00000	'FD(2)'
1.00000	'FRET(1,4)'	0.00000	'RETF(1,1)'
0.00300	'FRET(2,1)'	0.00000	'RETF(1,2)'
0.20000	'FRET(2,2)'	0.00000	'RETF(1,3)'
0.00000	'FRET(2,3)'	0.00000	'RETF(1,4)'
0.00000	'FRET(2,4)'	0.00000	'RETF(2,1)'
0.00300	'FRET(3,1)'	0.00000	'RETF(2,2)'
0.20000	'FRET(3,2)'	0.00000	'RETF(2,3)'
0.00000	'FRET(3,3)'	0.00000	'RETF(2,4)'
0.00000	'FRET(3,4)'	0.00000	'RETF(3,1)'
0.20000	'FRTSH'	0.00000	'RETF(3,2)'
10.00000	'FNUE(1)'	0.00000	'RETF(3,3)'
30.00000	'FNUE(2)'	0.00000	'RETF(3,4)'

ANEXO 3

HISTÓRICO DO PROGRAMA AGRICULTURA DE BAIXO CARBONO

Apos a 15ª Conferencia das Partes (COP-15), realizada no ano de 2009, em Copenhague, Dinamarca, com o intuito de informar as Partes da Convencao, o Governo brasileiro indicou um compromisso nacional voluntario (mais conhecido como Nama), com potencial de reducao das emissoes de GEE entre 36,1% e 38,9% em relacao as emissoes brasileiras projetadas ate 2020. Esses compromissos foram ratificados no artigo 12 da Lei no 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que institui a Politica Nacional sobre Mudancas do Clima (PNMC). Consta nessa legislacao que o Poder Executivo estabeleceu planos setoriais de mitigacao e de adaptacao as mudancas climaticas, visando a consolidacao de uma economia de baixo consumo de carbono em varios setores da economia, como a agricultura. Em 9 de dezembro de 2010, foi publicado o Decreto no 7.390, que regulamenta os artigos 6o, 11 e 12 da Lei no 12.187. Para efeito dessa regulamentacao. No art. 6º do Decreto nº 7.390 está previsto que, para alcançar o compromisso nacional voluntário de que trata o art. 12º da Lei nº 12.187/2009, serão implementadas ações que almejam a redução, entre 1.168 milhões de t CO₂eq e 1.259 milhões de t CO₂eq, do total das emissões estimadas para o ano de 2020 (3.236 milhões de t CO₂eq). Nesta projeção, o setor agropecuário, tem a responsabilidade de contribuir com a redução de 22,5 % dessas emissões (Maia et al., 2011; <http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/plano-abc/metas>): **DECRETO Nº 7.390, DE 9 DE DEZEMBRO DE 2010.**