



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CAMPUS PETRÔNIO PORTELA
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
MESTRADO EM AGRONOMIA/PRODUÇÃO VEGETAL

**VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ESTOQUES DE CARBONO E
NITROGÊNIO DO SOLO SOB PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL E SUA
SIMULAÇÃO PELO MODELO CENTURY**

CLAUDYANNE DO NASCIMENTO COSTA

TERESINA – PI

2014

CLAUDYANNE DO NASCIMENTO COSTA

Engenheira Agrônoma

**VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ESTOQUES DE CARBONO E
NITROGÊNIO DO SOLO SOB PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL E SUA
SIMULAÇÃO PELO MODELO CENTURY**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Dr. Luiz Fernando Carvalho Leite

TERESINA – PI

2014

AGRADECIMENTOS

Á Deus, por estar sempre comigo.

A meus pais, pelo apoio e amor incondicional e a todos os parentes e amigos, pelo incentivo.

A meus irmãos, Carlyanne e Carlinhos, que sempre me incentivaram a ir a busca de maiores conhecimentos.

Ao Dr. Luiz Fernando Carvalho Leite, pela orientação e por ter compartilhado comigo seu conhecimento.

A Universidade Federal do Piauí, e a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia do campus Petrônio Portela.

Ao Programa Federal de Bolsa CNPq-CAPES (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e tecnológica- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível Superior), pelo apoio financeiro para realização dessa pesquisa, e pela oportunidade de crescimento intelectual e profissional.

Ao Dr. Gustavo Valadares, por ter me auxiliado na Geoestatística, e por todas as dicas que muito contribuíram para a realização dessa pesquisa.

A Dr. Elisandra Bortolon, que mesmo com tanto trabalho, dedicou um pouco de tempo e paciência para contribuir com seu conhecimento. A Embrapa Meio-Norte, pelo suporte para a realização da pesquisa.

Aos laboratoristas Afonso Abreu e José Moreira, pela amizade e pela contribuição para execução das atividades laboratoriais.

Aos amigos do curso e estagiários da EMBRAPA, em especial: Adriana Guimarães, Ana Carolina, Rossiana, Nilsa, Alcione, Neyla.

Aos meus amigos da pós graduação, em especial a Jayara, Alison Alexandrino, Ana Roberta, que sempre me apoiaram e deram muita força nesta caminhada.

As minhas amigas do coração Layla, Alane e Evanielle, Aline Sávia, Jéssica, Sandra, Adriana e Eglésia que mesmo distante estavam sempre presente na minha vida e neste momento difícil.

A minha segunda família (Gonçalves) que mesmo diante de tantos acontecimentos sempre estiveram ao meu lado, me apoiando e incentivando a lutar por meus objetivos.

A todos que de forma direta ou indireta estiveram presentes, os meus sinceros agradecimentos!

SUMÁRIO

	Páginas
Resumo Geral.....	i
General Abstract.....	ii
Lista de tabelas.....	iii
Lista de figuras.....	iv
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	10
CAPITULO 1: VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO EM ÁREAS SOB PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL NOCERRADO PIAUIENSE	
Resumo.....	14
Abstract.....	15
1. INTRODUÇÃO.....	16
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
4.CONCLUSÕES.....	32
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33
CAPITULO 2 : SIMULAÇÃO DOS ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO DO SOLO PELO MODELO CENTURY NO CERRADO PIAUIENSE	
Resumo.....	38
Abstract.....	39
1. INTRODUÇÃO.....	40
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	41
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
4. CONCLUSÕES.....	59
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
APÊNDICES	65

RESUMO GERAL

COSTA, CLAUDYANNE DO NASCIMENTO. **Variabilidade espacial dos estoques de carbono e nitrogênio do solo sob Plantio direto e Convencional e sua simulação pelo modelo Century**. 2014. 93p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) – Universidade Federal do Piauí, PI.

O avanço das fronteiras agrícolas, caracterizado pela substituição de ecossistemas naturais por áreas cultivadas, vem se intensificando nas últimas décadas, acarretando alterações na qualidade e dinâmica dos estoques de C e N do solo. Assim, o estudo dos impactos da adoção de diferentes sistemas de manejo torna-se essencial para a tomada de decisão de melhores estratégias de uso e manejo agrícola. O objetivo desse estudo foi avaliar a variabilidade espacial dos estoques de C e N em Latossolo sob plantio direto e convencional, simular os efeitos dos usos e manejos nos estoques de C e N do solo em diferentes compartimentos, comparar os resultados observados aos simulados pelo modelo Century e propor a criação de cenários futuros. O estudo foi realizado na bacia hidrográfica do riacho Sangue localizado nos municípios de Uruçuí e Sebastião Leal, onde encontram-se em rápido crescimento populacional e econômico em função da expansão agrícola, especialmente soja, milho e arroz. A MN apresentou maiores Est C, seguido do PD e PC. Para os Est N, na profundidade de 0-20 cm, o PD apresentou maiores médias, correspondentes a 80% a mais em relação ao PC. O PD acumulou 0,8 Mg.ha⁻¹ de C em relação ao PC na camada de 0-20 cm. Os Est C e N decresceram com o aumento da profundidade. O CV para todas as variáveis, em média foi considerado moderado (18 a 69%). Houve dependência espacial moderada entre os atributos avaliados, com exceção dos Est C na camada de 0-20 cm. O PD apresentou a capacidade de recuperação parcial dos Est C e N quando comparado ao PC. O Century mostrou-se sensível as mudanças de manejo, sendo os compartimentos mais lábeis (ativo e lento) mais sensíveis do que o mais estável (passivo). Em relação aos estoques de C, o modelo simulou estoques próximos aos medidos no campo. Para os Est N o modelo foi menos preciso, uma vez que houve uma diferença de 0,63 t/ha entre os estoques simulados (2,21Mg.ha⁻¹) e medidos (1,58 Mg.ha⁻¹). Houve incremento nos Est C e N com a implantação da cultura da soja. O PD 2000, foi o sistema que apresentou menores perdas de estoques de C e N do solo, mantendo ou recuperando o C e N do solo. A utilização do sistema de informação geográfica, associado a técnicas de geoestatística e o uso de modelagem podem contribuir com a tomada de decisão de implantação do manejo agrícola no cerrado piauiense.

Palavras chave: matéria orgânica do solo, fertilidade do solo, compartimentos.

¹Orientador: Prof^o. Luiz Fernando Carvalho Leite – Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI, Brasil.

GENERAL ABSTRACT

COSTA, CLAUDYANNE DO NASCIMENTO. **Spatial variability of stocks of carbon and nitrogen of soil under no-tillage and conventional and its simulation by the Century model.** 2014. 93.p. Dissertation (master in Agronomy – crop production) – Federal University of Piauí, PI.

The advance of the agricultural frontier, characterized by replacement of natural ecosystems by cultivated areas, has been intensifying over the last few decades, leading to changes in quality and dynamics of C and N stocks of soil. Thus, the study of the impacts of the adoption of different management systems becomes essential for decision making of best agricultural use and management strategies. The aim of this study was to evaluate the spatial variability of stockpiles of C and N in Latosol under no-tillage and conventional, simulate the effects of inventory management and uses of C and N in different soil compartments, compare the results observed the simulated by Century model and propose the creation of future scenarios. The study was conducted on Blood Creek basin located in the municipalities of Uruçuí and Sebastian Leal, where are in rapid population growth and economic function of agricultural expansion, especially soybeans, corn and rice. MN presented major Est C, followed by the PD and PC. For the Est N, at a depth of 0-20 cm, the PD presented major averages, corresponding to 80% more in relation to the PC. The PDS garnered 0.8 Mg. ha⁻¹ of C in relation to the PC in the 0-20 cm layer. The Est C and N decreased with increasing depth. The CV for all variables on average was considered moderate (18 to 69 %). There was moderate spatial dependence between the attributes evaluated, with the exception of Est C at 0-20 cm layer. PD introduced partial recoverability of Est C and N when compared to PC. The Century has shown itself sensitive to management changes, with more pools labile (active and slow) more sensitive than the most stable (passive). In relation to stocks of C, the model simulated stocks close to those measured in the field. For the Est N the model was less accurate, since there was a difference of 0.63 t/ha between the simulated stocks (2, 21 Mg. ha⁻¹) and measured (1.58 Mg ha⁻¹). There was an increase in Est C and N with the deployment of the culture of soybean. The PD 2000, was the system that performed smaller losses of C and N stocks of soil, maintaining or recovering the C and N soil. The use of the geographic information system, associated with the techniques of geostatistics and modeling use can contribute to the decision making of agricultural management deployment in the cerrado of Piauí.

Keywords: soil organic matter, soil fertility, pools

.

¹Orientador: Prof^o. Luiz Fernando Carvalho Leite – Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI, Brasil.

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

Tabela 1. Estatística descritiva para Est C e N em Latossolo sob plantio direto, convencional e mata nativa, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, na bacia hidrográfica do Riacho Sangue, Uruçuí e Sebastião Leal, Piauí.....	23
Tabela 2. Estatística descritiva da densidade e argila em sistemas de plantio direto, convencional e mata nativa na bacia hidrográfica do Riacho Sangue, Uruçuí e Sebastião Leal, Piauí.....	23
Tabela 3. Estimativas dos parâmetros dos modelos dos semivariogramas ajustados de estoques de carbono, nitrogênio em Latossolo sob plantio direto, convencional e mata nativa na bacia hidrográfica do Riacho Sangue, Uruçuí e Sebastião Leal, Piauí.....	26

Capítulo 2

Tabela 1. Sequência de culturas usadas na simulação pelo modelo Century.....	45
Tabela 2. Principais variáveis de entrada usadas para simulação do modelo Century...	47
Tabela 3. Valores simulados e medidos para Est C e N para o Cerrado (simulação de equilíbrio) no sul do Piauí na bacia hidrográfica do Riacho Sangue, Uruçuí e Sebastião Leal, Piauí.....	48
Tabela 4. Valores simulados para Est C nos sistemas PC 2000, 2009 e PD 2000, 2005, 2009 no Cerrado piauiense na bacia hidrográfica do Riacho Sangue, Uruçuí e Sebastião Leal, Piauí.....	51
Tabela 5. Valores medidos e simulados para Est C para o plantio convencional 2000 e 2009 e plantio direto 2000, 2005, 2009 no cerrado piauiense na bacia hidrográfica do Riacho Sangue, Uruçuí e Sebastião Leal, Piauí.....	52
Tabela 6. Valores simulados dos compartimentos ativo , lento e passivo dos Est C e N no plantio convencional 2000, 2009 e plantio direto 2000, 2005 e 2009, na bacia hidrográfica do Riacho Sangue, Uruçuí e Sebastião Leal, Piauí.....	53

Tabela 7. Valores medidos e simulados para Est N para o plantio convencional 2000, 2009 e plantio direto 2000, 2005, 2009 na bacia hidrográfica do Riacho Sangue, Uruçuí e Sebastião Leal, Piauí..... **53**

Tabela 8. Valores simulados para Est N para o plantio convencional 2000, 2009 e plantio direto 2000, 2005, 2009 no cerrado piauiense na bacia hidrográfica do Riacho Sangue, Uruçuí e Sebastião Leal, Piauí..... **55**

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

Figura 1. Localização amostral da área de estudos dos municípios de Uruçuí e Sebastião Leal**18**

Figura 2. Semivariogramas dos Est C no cerrado piauiense nas profundidades 0-20 (A) e 20-40 (B) cm na bacia hidrográfica do Riacho Sangue, Uruçuí e Sebastião Leal, Piauí.....**27**

Figura 3. Semivariogramas dos Est N no cerrado piauiense nas profundidades 0-20 (A) e 20-40 (B) cm na bacia hidrográfica do Riacho Sangue, Uruçuí e Sebastião Leal, Piauí.....**28**

Figura 4. Distribuição espacial dos Est C (Mg.ha^{-1}) nas profundidades 0-20 cm (A) e 20-40 cm (B), sob diferentes manejos em um Latossolo na bacia hidrográfica do Riacho Sangue, Uruçuí e Sebastião Leal, Piauí.....**30**

Figura 5. Distribuição espacial dos Est N (Mg.ha^{-1}) nas profundidades 0-20cm (A) e 20-40 cm(B), sob diferentes manejos em um Latossolo na bacia hidrográfica do Riacho Sangue, Uruçuí e Sebastião Leal, Piauí..... **31**

Capítulo 2

Figura 1. Localização amostral da área de estudo nos municípios de Uruçuí e Sebastião Leal..... **41**

Figura 2. Estimativa por meio do modelo Century dos Est C e dos compartimentos de carbono orgânico de um Latossolo Vermelho Amarelo (0-20cm) sob Cerrado..... 48

Figura 3. Variação dos Est C medidos e simulados pelo Century para os sistemas PD 2000 (plantio direto 2000), PD2005 (plantio direto 2005), PD2009 (plantio direto 2009), PC 2000 (plantio convencional 2000) e PC 2009 (plantio convencional 2009) na bacia hidrográfica do Riacho Sangue, Uruçuí e Sebastião Leal, Piauí..... 49

Figura 4- Variação dos compartimentos ativo (C ativo), lento (C lento) e passivo (C passivo) de COT simulados pelo modelo Century para os sistemas sistemas PD 2000 (plantio direto 2000), PD2005 (plantio direto 2005), PD2009 (plantio direto 2009), PC 2000 (plantio convencional 2000) e PC 2009 (plantio convencional 2009) na bacia hidrográfica do Riacho Sangue, Uruçuí e Sebastião Leal, Piauí..... 50

Figura 5. Variação dos Est C medidos e simulados pelo Century PD 2000 (plantio direto 2000), PD2005 (plantio direto 2005), PD2009 (plantio direto 2009), PC 2000 (plantio convencional 2000) e PC 2009 (plantio convencional 2009) na bacia hidrográfica do Riacho Sangue, Uruçuí e Sebastião Leal, Piauí 54

Figura 6. Variação dos compartimentos ativo (N ativo), lento (N lento) e passivo (N passivo) de est N para os sistemas simulados pelo modelo Century PD 2000 (plantio direto 2000), PD2005 (plantio direto 2005), PD2009 (plantio direto 2009), PC 2000 (plantio convencional 2000) e PC 2009 (plantio convencional 2009) na bacia hidrográfica do Riacho Sangue, Uruçuí e Sebastião Leal, Piauí 55

Figura 7. Variação dos Est C medidos e simulados para cenários atuais e futuros (substituição de milho por braquiária no ano de 2011 até 2050) na bacia hidrográfica do Riacho Sangue, Uruçuí e Sebastião Leal, Piauí57

Figura 8. Variação dos Est N medidos e simulados para cenários atuais e futuros (substituição de milho por braquiária no ano de 2011 até 2050) na bacia hidrográfica do Riacho Sangue, Uruçuí e Sebastião Leal, Piauí58

1. INTRODUÇÃO GERAL

No estado do Piauí, estima-se que cerca de 8,5 milhões de hectares compreendam a região do cerrado, representando cerca de 29% da área total do Cerrado setentrional brasileiro. Presume-se que, só no Piauí, cerca de cinco milhões de hectares de cerrado poderão ser explorados com agricultura intensiva, especialmente nas culturas de soja, arroz e milho (Fazendas Piauí, 2014).

Nas últimas décadas tem sido expressivo o aumento das atividades agrícolas em áreas do cerrado, com intensa substituição da vegetação nativa por áreas cultivadas, especialmente para produção de alimentos, fibras e energia (Ferreira, et al 2007). A transformação desses ambientes naturais para sistemas agrícolas tem provocado a degradação do solo em consequência da sua exploração inadequada (Fonseca et al, 2007).

Considerando-se que o estado do Piauí apresenta-se como uma das últimas fronteiras agrícolas do Brasil, sistemas de manejo conservacionistas devem ser adotados nessa área para evitar perdas de solo, água e nutrientes. Uma alternativa viável para assegurar a sustentabilidade do uso agrícola do solo, tem sido o plantio direto (PD), principalmente nos Latossolos (Bayer et al., 2004), considerados ácidos, com baixa fertilidade natural e potencial de produção condicionado ao uso de corretivos e fertilizantes (Azevedo et al., 2007).

Neste sistema, o acúmulo e a qualidade dos diferentes materiais de cobertura produzidos nos vários sistemas de sucessão e rotação de culturas adotados, o não revolvimento do solo, e as frequentes adubações e calagens em superfície e nas linhas de cultivo, formam um gradiente de concentração superficial de matéria orgânica e nutrientes, possibilitando a criação de um ambiente favorável à recuperação e à manutenção da qualidade do solo (Kliemann & Braz, 2006), além de proporcionar aumento de rendimentos em sistemas produtivos. (Topakci *et al.*, 2011., Amado et al, 2007).

O estudo e a compreensão da dinâmica da matéria orgânica do solo (MOS) são fundamentais na sustentabilidade de diferentes sistemas agrícolas, no ciclo global do C e N, no fluxo de nutrientes e na capacidade do solo em resistir a danos físicos, erosão e

compactação (Ferreira, et al., 2004). Contudo tais estudos são dificultados pela grande complexidade dos agroecossistemas, pois estes se apresentam em dimensões distintas com alta variabilidade espacial, diferenças climáticas, etc.

Campos et al (2009) reforçam que o conhecimento da variabilidade espacial dos atributos físicos e químicos do solo auxilia no manejo preciso das atividades agrícolas por meio da separação de ambientes, práticas adequadas de adubação e alocação de variedades.

Além do uso da variabilidade espacial para estimar as alterações nos estoques de C e N do solo, a utilização de modelos de simulação também tem se mostrado eficiente, pois auxilia na compreensão destas alterações, além de permitir estudar cenários históricos e futuros, por meio do conhecimento atual da dinâmica do C (Cerri et al., 2003, 2004; Leite et al., 2004; Tornquist, 2007).

Dentre os modelos que se mostraram eficientes para simular a dinâmica da MOS em termos globais, o Century (Parton, et al 1987; Smith et al, 1997) tem produzido resultados consistentes na simulação de balanço de C e N, particularmente em ecossistemas tropicais (Parton et al, 1994). A grande vantagem do seu uso está no fato de que, quando validado para determinada condição de clima, solo e cultura, permite a realização de projeções futuras. Considerando diferentes cenários futuros, pode-se prever os impactos destes no curto, médio e longo prazo sobre a qualidade do solo, e assim, optar por práticas menos impactantes ao meio ambiente como um todo.

Sendo assim, os objetivos deste trabalho foram: (a) avaliar a variabilidade espacial dos Est C e N sob plantio direto (PD), plantio convencional (PC) e mata nativa (MN); (b) simular os efeitos dos manejos nos Est C e N do solo em diferentes compartimentos da MOS; (c) Comparar os resultados observados aos simulados pelo modelo; (d) propor cenários futuros até o ano de 2050.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADO, T. J. C. et al. **Variabilidade espacial e temporal da produtividade de culturas sob sistema plantio direto**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 42, n. 08, p. 1101- 1110, 2007.

AZEVEDO, D. M. P.; LEITE, L. F. C.; TEIXEIRA Neto, M. L.; DANTAS, J. S. **Atributos físicos e químicos de um Latossolo Amarelo e distribuição do sistema**

radicular da soja sob diferentes sistemas de preparo no cerrado maranhense.

Revista Ciência Agronômica, v.38, n.1, p.32-40, 2007.

BAYER,C., MARTIN-NETO,L., MIELNICZUK, J & PAVINATO,A.

Armazenamento de carbon em frações lábeis da matéria orgânica de um latossolo vermelho sob plantio direto. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 39(7): 677-683, 2004.

CAMPOS, M. C. C.; JÚNIOR, J. M.; PEREIRA, G. T.; SOUZA, Z. M.;

MONTANARI, R. **Planejamento agrícola e implantação de sistema de cultivo de cana-de-açúcar com auxílio de técnicas geoestatísticas.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 13, n. 3, maio/jun. 2009.

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

CERRI, C.E.P.; PAUSTIAN, K.; BERNOUX, M.; VICTORIA, R.L.; MELILLO, J.M. & CERRI, C.C. **Modeling changes in soil organic matter in Amazon forest to pasture conversion with the Century model.** Global Change Biol., 10:815-832, 2004.

FAZENDAS PIAUI. Disponível em: < <http://www.fazendaspiaui.com.br/piaui.html>>. Acesso em 14 abr. 2014.

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

FERREIRA, J. A. et al. **Caracterização espectroscópica da matéria orgânica do solo** Society, v. 7, p. 1–3, 2004.

FONSECA, G. C.; CARNEIRO, M. A. C.; COSTA, A. R. da; OLIVEIRA, G. C.; BALBINO, L. C. **Atributos físicos, químicos e biológicos de um Latossolo Vermelho Distrófico de cerrado sob duas rotações de cultura.** Pesquisa Agropecuária Tropical, v.37, n.1, p.22-30, 2007

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. P. B. **Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho distroférico.** Pesquisa Agropecuária Tropical, v.36, n.1, p.21- 28, 2006.

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

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

PARTON,W., WOOMER,P., MARTIN,A. **Moddeling soil organic matter dynamics and plant productivity in tropical ecosystems. In: --. The biological management of tropical soil fertility.** [S.I]: John Wiley e sons,1994.p.171-188.

SILVA, V. R.; Reinert, D. J.; Reichert, J. M. **Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.24, n.1, p.191-199, 2000.

SMITH, P; SMITH,J.U; POWLSON,D.S; MCGILL,W.B;ARAH,JRM;
CHERTOV,O.G; COLEMAN,K; FRANKO, U; FROLKING,S; JENKINSON, D.S;
JENSEN, L.S; KELLY,R.H; KLEIN GUNNEWIEK,H; KOMAROV,A.S; LI, C;
MOLINA,J.A.E; MULLER, T; PARTON, W.J; THORNLEY, J.H.M; WHITMORE,A.
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.

TOPAKCI, M. *et al.* **Sesame hill dropping performance of a vacuum seeder for different tillage practices.** Applied Engineering in Agriculture, v. 27, n. 02, p. 203-209, 2011.

TORNQUIST , C.G. **Simulação da dinâmica do carbono orgânico do solo em escala regional: aplicação do modelo Century e sistemas de informações geográficas.** Porto Alegre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2007. 156p. (Tese Doutorado)

CAPÍTULO 1

VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO DO SOLO EM ÁREAS SOB PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL NO CERRADO PIAUIENSE

RESUMO

COSTA, Claudyanne do Nascimento. **Variabilidade espacial dos estoques de carbono e nitrogênio do solo sob Plantio direto e Convencional no Cerrado piauiense.** Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) – Universidade Federal do Piauí, PI.

A variabilidade espacial é uma ferramenta importante para determinação das práticas adequadas de manejo do solo. O objetivo deste estudo foi avaliar a variabilidade espacial dos estoques de carbono (EstC) e Nitrogênio (EstN) em um Latossolo sob Plantio Direto (PD); Plantio Convencional (PC) e Mata Nativa (MN). Com o auxílio do Sistema de Informação Geográfica (SIG) foram escolhidos 45 pontos considerados representativos espacialmente e diferenciados quanto ao sistema de manejo, localizados nos municípios de Uruçuí e Sebastião Leal. Foram coletadas amostras nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm para determinação de Est C e Est N e textura do solo. Os dados foram submetidos à estatística descritiva, geoestatística e interpolação por krigagem. Por meio da interpolação por krigagem ordinária foram gerados mapas temáticos dos Est C e N nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, utilizando o programa ArcGis 10.1. Houve dependência espacial moderada entre os atributos avaliados, com exceção dos Est C na camada de 0-20 cm que apresentou forte dependência. A MN apresentou maiores Est C, seguido do PD e PC. Maiores Est N foram observados no PD quando comparado aos demais. Os Est C e N decresceram com o aumento da profundidade. O PD apresentou a capacidade de recuperação parcial dos estoques de C e N quando comparado ao PC. A utilização do sistema de informação geográfica, associado a técnicas de geoestatística pode contribuir com a tomada de decisão de implantação do manejo agrícola no cerrado piauiense.

Palavras chaves: manejo do solo, agroecossistemas, krigagem e geoestatística.

¹Orientador: Prof^o. Luiz Fernando Carvalho Leite – Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI, Brasil.

ABSTRACT

COSTA. Claudyanne do Nascimento. **Spatial variability of soil carbon stocks and nitrogen soil under no Tillage and Conventional Cerrado in Piauí.** Dissertation (MSc in Agronomy - Crop Production) - Federal University of Piauí, PI.

The spatial variability is an important tool for determining the appropriate soil management practices. The objective of this study was to evaluate the spatial variability of carbon stocks (EstC) and nitrogen (EstN) in a no-tillage under oxisol (PD); Conventional tillage (PC) and native forest (MN). With the help of the geographic information system (GIS) were chosen 43 points considered representative spatially and differentiated management system, located in the municipalities of Uruçuí and Sebastian Leal. Samples were collected at depths of 0-20 and 20-40 cm for determination of C and N Est and soil texture. The data were submitted to descriptive statistics, geostatistics and interpolation by kriging. Through interpolation by ordinary kriging were generated thematic maps of Est C and N in the depths of 0-20 and 20-40 cm, using the program ArcGis 10.1. There was moderate spatial dependence between the attributes evaluated, with the exception of Est C at 0-20 cm layer which showed strong dependence. The MN showed higher Est C, followed by the PD and PC. Largest Est N were observed in PD when compared to others. The Est C and N decreased with increasing depth. The PD presented partial recoverability of C and N stocks when compared to PC. The use of the geographic information system, associated with the geostatistics techniques can contribute to the decision-making process of agricultural management deployment in the cerrado of Piauí.

Key words: soil management , agroecosystems , kriging and geoestatistic

¹Orientador: Prof^o. Luiz Fernando Carvalho Leite – Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI, Brasil.

INTRODUÇÃO

A crescente necessidade de aumentar a produção e a redução das margens de lucro das propriedades levam os produtores rurais a buscarem novas tecnologias, no intuito de minimizar o impacto econômico (Petilio et al, 2007). Entre os avanços tecnológicos da agricultura nas últimas décadas, destaca-se a agricultura de precisão que demanda a coleta e processamento de uma grande quantidade de informações possibilitando a investigação da variabilidade espacial dos principais fatores de produção. (Passos et al., 2011; Molin 2010; Nogara Neto et al. 2011).

O estudo da variabilidade espacial por meio da geoestatística possibilita a interpretação dos resultados com base na estrutura da variabilidade natural dos atributos avaliados, além da quantificação da sua magnitude, gerando subsídios para um manejo eficiente do solo (Grego;Vieira, 2005; Silva et al, 2007). Neste sentido, práticas de manejo conservacionista para a produção agrícola têm sido uma constante nos últimos anos e estão alicerçadas, principalmente, na necessidade de sustentabilidade, preservação ambiental, melhoria da qualidade de solos agrícolas e redução dos custos de produção, além da manutenção de um ambiente diferente do encontrado no sistema convencional.

A adoção do sistema de plantio direto (PD), por exemplo, torna-se eficiente no atendimento de tais exigências, aumentando a fertilidade do solo tanto no sentido vertical quanto horizontal. (Amaral & Anghinoni, 2001; Junior, et al, 2007, Topakci,2011). Neste sistema, o acúmulo e a qualidade dos diferentes materiais de cobertura produzidos nos vários sistemas de sucessão e rotação de culturas adotados, o não revolvimento do solo e as frequentes adubações e calagens em superfície e nas linhas de cultivo formam um gradiente de concentração superficial de matéria orgânica e nutrientes, proporcionando aumento de rendimentos em sistemas produtivos. (Topakci et al., 2011., Amado et al, 2007; Silva; Reichert: Reinert, 2004).

Por outro lado, o preparo convencional (PC), com intenso revolvimento do solo, propicia perda do estoque original da matéria orgânica de até 50% em relação a solos não cultivados e mata nativa em períodos que variam de 15 a 23 anos devido ao aumento da oxidação do C e a mineralização do N pela incorporação dos resíduos, pela quebra dos agregados e pelo aumento da aeração do solo.(Bayer et al., 2003; Alkaisi; Yin, 2005; Bernoux, et al.,2009).

No entanto, a maioria dos estudos realizados no país e exterior tem mostrado que, comparado ao PC, o PD permite que quantidades significativas de C sejam estocadas apenas nos primeiros 20 a 30 cm do perfil do solo, diferente de solos sob PC que apresentam maior conteúdo de C ao longo do perfil (Blanco – Canqui e Lal, 2008; Urquiaga, et al 2010). Embora o PD tenha potencial para acumular C no solo, podendo acumular anualmente cerca de -0,5 a 0,9 Mg ha⁻¹ ano⁻¹C, com valor médio de 0,65 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ (Bernoux et al 2009), em comparação ao PC, essa condição vai depender das rotações de culturas utilizadas, especialmente do tipo de cultura e da forte influência da contribuição do sistema radicular e da quantidade e qualidade dos resíduos.

Desta forma, o entendimento da variabilidade dos Est C e N torna-se necessário para melhor compreensão da heterogeneidade desses sistemas. Essa informação pode ser conseguida por meio do uso da geoestatística, que permite a visualização do comportamento da variação destes atributos (Gomes et al., 2007)

Este trabalho teve como objetivo avaliar a variabilidade espacial dos estoques de C e N em um Latossolo Vermelho, sob Plantio direto, Convencional e Cerrado Nativo nos municípios de Uruçuí e Sebastião Leal.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização da área experimental

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do Riacho do sangue, perfazendo uma área amostral de 2187 km², localizada entre os municípios de Uruçuí (07°13'46" S, 44°33'22" W, altitude de 167 m) e Sebastião Leal (7° 33' 57" S, 44° 3' 50" W, altitude de 360m). A precipitação médias anuais são de 1200mm e 1400mm, respectivamente para Uruçuí e Sebastião Leal. O período chuvoso situa-se entre outubro e março e o período seco, com déficit hídrico, de abril a setembro. Há predominância de Latossolos (+ de 50%) e a vegetação varia de campos limpos, com predomínio de capins, até cerradões. Os municípios estão em rápido processo de crescimento populacional e econômico em função da expansão na área agrícola, especialmente para produção de soja, milho e arroz.

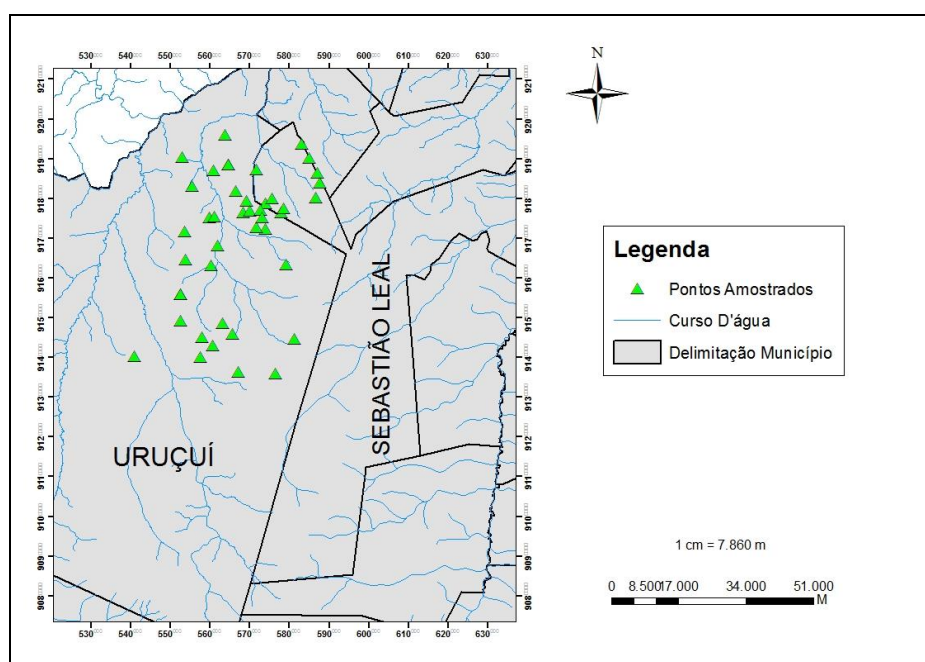


Figura 01. Localização amostral da área de estudo nos municípios de Urucuí e Sebastião Leal

Coleta e amostragem do solo

Para se estudar os sistemas em escala regional, inicialmente, foram obtidas imagens do satélite LandSat, sensor TM (*Thematic Mapper*), resolução espacial de 30 metros. As cenas utilizadas foram 220/67 e 220/66, ambas com data de passagem de 12 de junho de 2010. Utilizaram-se as bandas TM3, TM4 e TM5 - correspondentes às faixas espectrais do visível (região do vermelho), infravermelho próximo e infravermelho médio, respectivamente. Foi utilizada a imagem GeoCover S-23-05 2000, disponibilizada pela NASA, como base para o georreferenciamento das imagens LandSat. O sistema de coordenadas geográficas WGS84 foi adotado como elipsóide de referência. Com o auxílio de um SIG, foram escolhidos 43 pontos, considerados representativos espacialmente e diferenciados quanto aos sistemas de manejo: plantio direto (PD- 15 pontos) e plantio convencional (PC – 19 pontos) tendo como culturas principais soja, milho e arroz, além do milheto, como cultura de cobertura no PD, além da Mata Nativa (MN -11 pontos) como referência.

Nestes pontos foram coletadas amostras de solo, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, para determinação dos estoques totais de carbono e nitrogênio e determinação da textura do solo.

Para determinação do carbono orgânico total (C), nitrogênio (N) e textura, foram escavadas mini-trincheiras, com dimensões aproximadas de 30 cm de largura, 20 cm comprimento e 40 cm de profundidade. O solo foi coletado com espátula em duas camadas (0-20 e 20-40 cm), separado e transportado para o laboratório. Posteriormente, as amostras foram secas ao ar e passadas por peneira de malha 2 mm.

A densidade do solo foi determinada por meio do método do anel volumétrico (5 cm, aprox. 5 cm profundidade), inseridos em uma das paredes laterais da mini-trincheira. Os anéis foram inseridos de maneira a amostrar a parte central das camadas. Após limpeza, foram acondicionados em sacos plásticos identificados e em seguida levados ao laboratório para determinação da massa do solo úmido e por fim, secou-se o material em estufa de circulação forçada a 105° C, até a massa constante e calculou-se a densidade do solo de cada camada pela eq (1):

$$\text{Eq (1): Densidade} = \frac{\text{Massa do solo seco (g)}}{\text{Volume do anel (cm}^3\text{)}} \quad (\text{g cm}^{-3})$$

Análises de solo

As análises de C e N do solo foram realizadas no Laboratório de Solos da Embrapa Meio Norte. As análises físicas foram realizadas no Laboratório de Análises de Solos (LASO) do Departamento de Solos e Água da Universidade Federal do Piauí.

O C foi quantificado por oxidação da matéria orgânica via úmida, empregando solução de dicromato de potássio em meio ácido, com fonte externa de calor (Yeomans & Bremner, 1988). O N foi determinado por meio da digestão sulfúrica e quantificado por destilação Kjeldhal (Bremner, 1996). Para determinação da textura (separação das frações areia (>0,02 mm), silte (0,002-0,02 mm) e argila (<0,002 mm)), as amostras foram analisadas segundo o método da pipeta (Camargo et al., 1986), com modificações. A dispersão do solo foi realizada com solução NaOH 1mol L⁻¹ por 24h seguido de agitação em agitador horizontal recíproco a 200 rpm por 3,5 horas. As amostras relativas à densidade do solo foram levadas à estufa de convecção a 105° C por 24 h e, após secas, foram pesadas para determinação da massa de solo. Os Est C e N originais foram definidos como aqueles existentes nos solos sob vegetação nativa até a introdução da agricultura. Os Est C e N por área (Mg C ha⁻¹), em uma determinada profundidade foram calculados pela equação: Estoque = C ou N x prof x ρ x 10, onde,

Estoque = Est C ou N (Mg C ou N ha⁻¹), C ou N = concentração de C ou N (dag kg⁻¹),
 prof = espessura da camada (m), ρ = densidade do solo (Mg m⁻³).

Análise Estatística

Como etapa anterior ao estudo da variabilidade espacial foi realizada uma análise estatística descritiva dos Est C e N para as profundidades amostradas. Nesta etapa, calcularam-se as seguintes medidas: de posição (média, mediana, valor máximo e mínimo), de dispersão (coeficiente de variação) e a forma da dispersão (assimetria e curtose). Ainda foram adotados os limites de coeficiente de variação (CV) propostos por Warrick e Nielsen (1980), para a classificação da variabilidade dos atributos analisados, sendo: CV < 12 %, 12 % < CV < 60 % e CV > 60 %, considerados de baixa, média e alta variabilidade, respectivamente. A análise descritiva, embora não considere a estrutura de dependência espacial é importante, pois permite identificar dados atípicos que exercem algum tipo de influência nas análises geoestatísticas, como também verificar a normalidade e homogeneidade dos dados, e indicar a forma da distribuição.

Análise Geoestatística

No segundo estágio da análise estatística, os dados foram relacionados a suas coordenadas geográficas correspondentes e a variabilidade espacial dos atributos foi avaliada utilizando a teoria das variáveis regionalizadas, apresentada primeiramente por Matheron (1971) e aplicada a ciência do solo por Burgess e Webster (1980ab).

Os Est C e N, foram analisados por meio de métodos geoestatísticos utilizando a função do semivariograma (Matheron, 1965) (Eq. 2) para a construção dos semivariogramas experimentais e identificação das estruturas espaciais.

$$\text{Eq. (2): } \hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_1^{N(h)} [Z(s) - Z(s+h)]^2$$

onde $\gamma(h)$ é a variância média entre pares de pontos separados por uma distância h . $N(h)$ é o numero de pares de pontos amostrados separados por uma distância h , $Z(x_i)$, $Z(x_i + h)$ representam os valores do atributo em dois pontos separados por uma distância h .

O programa GS+ Gamma Design Software (Robertson, 1998) foi utilizado para construir os semivariogramas experimentais de cada atributo do solo avaliado em cada profundidade de solo amostrada. Após a etapa de construção dos semivariogramas, foram escolhidos os modelos que melhor se ajustaram aos dados que apresentaram estrutura de dependência espacial. Os modelos de dependência espacial utilizados foram: modelo esférico Eq. (3), modelo exponencial Eq. (4), modelo linear Eq. (5) e Gaussiano Eq. (6).

$$\text{Eq. (3): } y(h) = C_0 + C \left(1,5 h/a - (h/a)^3\right) \quad (a) \text{ para } h < a;$$

$$y(h) = C_0 + C_1 \text{ para } h \geq a;$$

$$\text{Eq. (4): } Y(h) = C_0 + C_1 [1 - \exp(-h/a)^2] \text{ para } h > 0;$$

$$\text{Eq. (5): } y(h) = C_0 + a \quad \text{e } y(h) = C_0 + C_1 \text{ para } h > a$$

$$\text{Eq. (6): } y(h) = C_0 + C_1 [1 - \exp(-(h/a)^2)]$$

sendo C_0 , $C_0 + C_1$ e a denominados efeito pepita, patamar e alcance da dependência espacial, respectivamente.

Uma vez selecionados os modelos, as características destes semivariogramas foram utilizadas para determinar e classificar a dependência espacial de cada atributo.

A razão entre o efeito pepita e o patamar $C_0/(C_0 + C_1)$ permite a classificação e a comparação entre atributos do solo. Para analisar o grau de dependência espacial dos atributos em estudo, utilizou-se a classificação proposta por Cambardella et al. (1994), em que os semivariogramas com dependência espacial forte têm razão menor ou igual a 25 %, os semivariogramas com dependência espacial moderada possuem razão superior a 25 % e inferior a 75 % e os de dependência fraca possuem razão superior a 75 %.

Uma vez descrita a dependência espacial, as características dos semivariogramas foram usadas na construção de mapas para cada atributo por meio do método de interpolação por krigagem ordinária, baseada em minimização da variância do erro, construindo os respectivos mapas de variabilidade espacial de cada atributo utilizando o programa ArcGis 10.1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os Est C, os valores de média e mediana em todos os sistemas nas diferentes profundidades foram similares, com as medianas apresentando valores menores que as médias (Tabela 1). Isto pode ser indicativo de que as medidas de tendência central não são dominadas por valores atípicos na distribuição, demonstrando que todos atributos envolvidos no estudo estão se aproximando de uma distribuição normal. (Cambardella et al., 1994; Leão et al., 2010)

Na profundidade de 0-20 cm a MN ($37,4 \text{ Mg.ha}^{-1}$) apresentou valores mais elevados de Est C seguidos do PD ($32,9 \text{ Mg.ha}^{-1}$) e PC ($32,0 \text{ Mg.ha}^{-1}$) (Tabela 1). O declínio das médias de Est C em PD e PC em relação a MN são decorrentes da substituição de ecossistemas naturais em sistemas de uso e manejo do solo, onde há uma redução no aporte de material vegetal e o aumento da oxidação da matéria orgânica, devido a intensificação da atividade biológica provocada pelo revolvimento do solo, pela correção e pela adubação, proporcionando um ambiente mais favorável à ação dos microrganismos (Paustian et al, 1997; Araújo et al., 2007; Resck et al., 2008; Costa Junior et al., 2011), conforme evidenciado em inúmeros trabalhos (Cardoso et al., 2010; Silva et al., 2011). Notou-se tendência de decréscimo dos est C e N com o aumento da profundidade em todos os sistemas avaliados.

Neste estudo, o PD acumulou $0,9 \text{ Mg.ha}^{-1}$ de C em relação ao PC na camada de 0-20 cm (Tabela 1), concordando com Bernoux et al (2006) em estudos de revisão em áreas de cerrado sob Latossolo, obtendo acúmulo de C de $0,8 \text{ Mg ha}^{-1}$ por ano na camada de 0-20 cm de solo. Esse acúmulo geralmente é verificado nas camadas superficiais em sistemas de PD quando comparados ao PC. (Castro Filho et al., 1998; Lovato et al., 2004; D' Andréa et al., 2004; Argenton et al., 2005).

O aumento do Est C em solos submetidos a sistemas conservacionistas de manejo pode estar associado a dois fatores principais: proteção física dos compostos orgânicos contra a decomposição microbiana, favorecida pela oclusão do carbono orgânico nos agregados do solo; e proteção química dos compostos orgânicos por meio da interação destes com os minerais e cátions do solo, que dificulta a sua decomposição. (Jantalia et al., 2007 ; Rangel., 2007).

Segundo Lovato et al (2004) e Bayer et al (2006), o plantio direto ou sistemas de cultivo com grande aporte de resíduos orgânicos de longa duração resulta num

Tabela 01. Estatística descritiva para Est C e N em Latossolo sob plantio direto, convencional e mata nativa, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, na bacia hidrográfica do Riacho Sangue, Uruçuí e Sebastião Leal, Piauí.

Sistemas	Média		Mediana		Mínimo		Máximo		CV (%)		Assimetria		Curtose	
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
	-----Mg.ha-1 -----													
	ESTOQUES DE CARBONO (Est C)													
PD	32,9	11,0	31,3	10,0	19,7	6,0	44,5	21,8	18	38	-0,1	1,6	0,4	2,2
PC	32,0	11,7	31,4	10,9	18,3	4,6	43,6	20,9	21	39	-0,1	0,4	-0,2	-0,4
MN	37,4	14,4	37,5	12,5	20,6	9,7	59,8	21,8	32	34	0,3	0,8	-0,2	-1,2
	ESTOQUES DENITROGÊNIO (Est N)													
PD	2,0	0,5	2,0	0,5	1,4	0,2	3,2	0,9	23	32	1,0	0,6	1,4	1,1
PC	1,7	0,4	1,7	0,3	1,1	0,2	2,7	0,9	22	38	0,7	1,1	1,4	1,1
MN	1,6	0,4	1,4	0,4	1,0	0,1	2,9	1,3	39	74	1,2	1,7	0,9	3,6

(PD: plantio direto; PC: plantio convencional; MN: mata nativa)

Tabela 02. Estatística descritiva da densidade e argila em sistemas de plantio direto, convencional e mata nativa na bacia hidrográfica do Riacho Sangue, Uruçuí e Sebastião Leal, Piauí.

Sistemas de Manejo	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	CV (%)	Assimetria	Curtose
	DENSIDADE DO SOLO (g/kg)						
PD	0,8	0,7	0,5	1,2	28	0,7	-1,0
PC	1,0	1,1	0,5	1,5	28	-0,5	-0,6
MN	1,1	1,1	0,6	1,4	20	-0,6	0,1
	ARGILA (%)						
PD	25,1	24,6	15,3	34,1	24	-0,07	-1,1
PC	23,0	20,5	9,9	51,4	40	1,5	4,1
MN	22,5	24,0	11,4	32,1	30	-0,2	-1,3

(PD: plantio direto; PC: plantio convencional; MN: mata nativa)

aumento dos estoques de carbono orgânico do solo. Em estudos realizados por Costa et al (2008), no sul do Brasil em Latossolos Vermelhos sob PD com culturas de cobertura em rotação e consórcio com leguminosas e gramíneas observaram-se acúmulo de 2,7 Mg.ha⁻¹ de C até 20 cm de profundidade, após 18 anos de condução. Por sua vez, no sistema convencional os resíduos são incorporados ao solo e distribuídos até a profundidade alcançada pelos implementos, durante o preparo. Com isto, a maior aeração proporcionada neste manejo, tal como o aumento da temperatura na camada revolvida e a destruição dos agregados pela ação dos implementos, expõem a matéria orgânica fisicamente protegida ao ataque microbiano, o que causa a perda de C orgânico e seu estoque no solo (Costa et al., 2008).

O plantio direto apresentou melhores condições estruturais, evidenciadas, principalmente, pela redução da densidade (0,8 g/kg) e maior teor de argila PD (25,1g/kg) quando comparado ao PC (23,0g/kg) em subsuperfície (Tabela 2). A redução da densidade indica melhoria na qualidade física do solo decorrente, possivelmente, da atividade da fauna e de raízes, as quais atuam na formação de bioporos. Em longo prazo, é possível que o acúmulo de matéria orgânica e a redução do tráfego de máquinas contribuam para diminuir a densidade do solo no sistema de plantio direto.

Para os Est N, na profundidade de 0-20 cm, o PD apresentou maiores médias, correspondentes a 80% a mais em relação ao PC (Tabela 1). De acordo com Salton et al. (2008) sistemas de cultivo com a ausência de revolvimento do solo, rotação de culturas e da permanência de resíduos vegetais na superfície do solo, favorecem a agregação e oferecem maior proteção à matéria orgânica, e, conseqüentemente, apresentam maiores Est N, além disso, a fertilização nitrogenada utilizada no sistema PD favorece a manutenção dos estoques de N no solo (Matias et al., 2009).

Na camada 20-40 cm, o PC apresentou média de Est N próximo ao PD (Tabela 3). Sistemas em que o solo é revolvido, a MOS é distribuída por toda a camada arável, fazendo com que os teores de COT em profundidades maiores, possam ser semelhantes ou até maiores que no sistema PD (Ussiri e Lal, 2009); isto pode contribuir para a adição de N ao solo em camada subsuperficial por meio da MOS, já que cerca de 95% do N está associado a MOS incorporados aos esqueletos de C (Silva e Mendonça, 2007).

Os valores de assimetria e de curtose para a distribuição normal devem ser de 0 e 3, respectivamente (SNEDECOR & COCHRAN, 1967); porém, o programa GS+ utiliza o valor de 0 para estes dois parâmetros.

A maioria das variáveis nas diferentes profundidades apresentou coeficientes de assimetria positivos, sendo os maiores valores para Est N na MN (20-40 cm) (tabela 1). Coeficientes de assimetria negativos também foram verificados, sendo maior para Est C 0-20 cm no PD e PC. Verifica-se menor número de coeficientes de assimetria negativos (2).

Para os Est C, o PC e MN apresentaram valores menores que 0,263 de curtose indicando distribuição leptocúrtica. Isto significa que apresenta uma curva de frequência mais fechada que a distribuição normal ou mais aguda ou afilada em sua parte superior. Para os Est N, todos os valores de curtose foram superiores a 0,263, indicando uma distribuição platicúrtica, ou seja, uma curva de frequência mais lenta que a normal ou mais achatada em sua parte superior (tabelas 1).

O Coeficiente de Variação (CV) para o Est C variou de 18 % no PD 0-20 cm a 39% no PC 20-40 cm. Para o Est N o CV variou de 22% no PC a 74 % MN. Segundo a classificação proposta por Warrick & Nielsen (1980), o CV para todas as variáveis, foi considerado de média variabilidade (variando entre 12 e 60%), com exceção apenas para os Est N na MN 20-40 cm, que apresentou alta variabilidade com $CV > 60\%$. Mesmo que os valores do CV de média variabilidade, este não é necessariamente um bom indicador da variabilidade espacial dos atributos do solo, haja vista a ocorrência de locais no campo com valores extremamente altos ou baixos (Wollenhaupt et al. 1997); isto pode ser observado pelos valores de Est C e N mínimo e máximo (Tabelas 1).

Os valores de Est C e N apresentaram, dependência espacial nas profundidades estudadas expressa pelos modelos de semivariogramas (Figura 2 e 3). Para os Est C na camada de 0-20 cm foi observado o modelo exponencial, para os Est N nas camadas 0-20 cm e Est C na profundidade de 20-40 cm, modelo foi esférico, concordando com os resultados de várias pesquisas que indicam os modelos esféricos e exponenciais como os de maiores ocorrências para os atributos do solo (Souza et al., 1997; Bertolani; Vieira, 2001; Souza et al., 2004; Corá et. al., 2004; Silva et al., 2007; Carvalho et al., 2003). Para os Est N na profundidade de 20-40 cm, observa-se o modelo Gaussiano, onde sua curva é não linear e sua tangente indica pequena variabilidade para curtas distâncias (Tabela 4).

Tabela 03. Estimativas dos parâmetros dos modelos dos semivariogramas ajustados de estoques de carbono, nitrogênio em Latossolo sob plantio direto, convencional e mata nativa na bacia hidrográfica do Riacho Sangue, Uruçuí e Sebastião Leal, Piauí.

Variáveis	Efeito pepita (C_0)		Patamar (C_0+C)		Alcance (m)		Modelo		Grau de dependência (C_0/C_0+C)x100	
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
C (Mg.ha⁻¹)	1,7	3,3	67,5	23,7	600	25200	Exp	Esf	2,5	14
N (Mg.ha⁻¹)	0,2	0,04	0,2	0,04	51789	51789	Linear	Linear	1	1
Modelo: (Exp: exponencial; Esf: esférico; Gau: Gaussiano); Grau de dependência: (BD: Baixa dependência; MD: Moderada dependência)										

Os resultados da análise geoestatística mostraram os Est C apresentaram dependência espacial nas duas profundidades estudadas (Tabela 3). A análise dos semivariogramas para os Est C não indicou nenhuma direção preferencial, ou seja, os semivariogramas não indicaram presença de anisotropia, a variabilidade espacial dos dados ocorre com um mesmo padrão em todas as direções (Fig 2 e 3). (Vieira, 2000). Para os Est N houve efeito pepita puro, ou seja, ausência de dependência espacial.

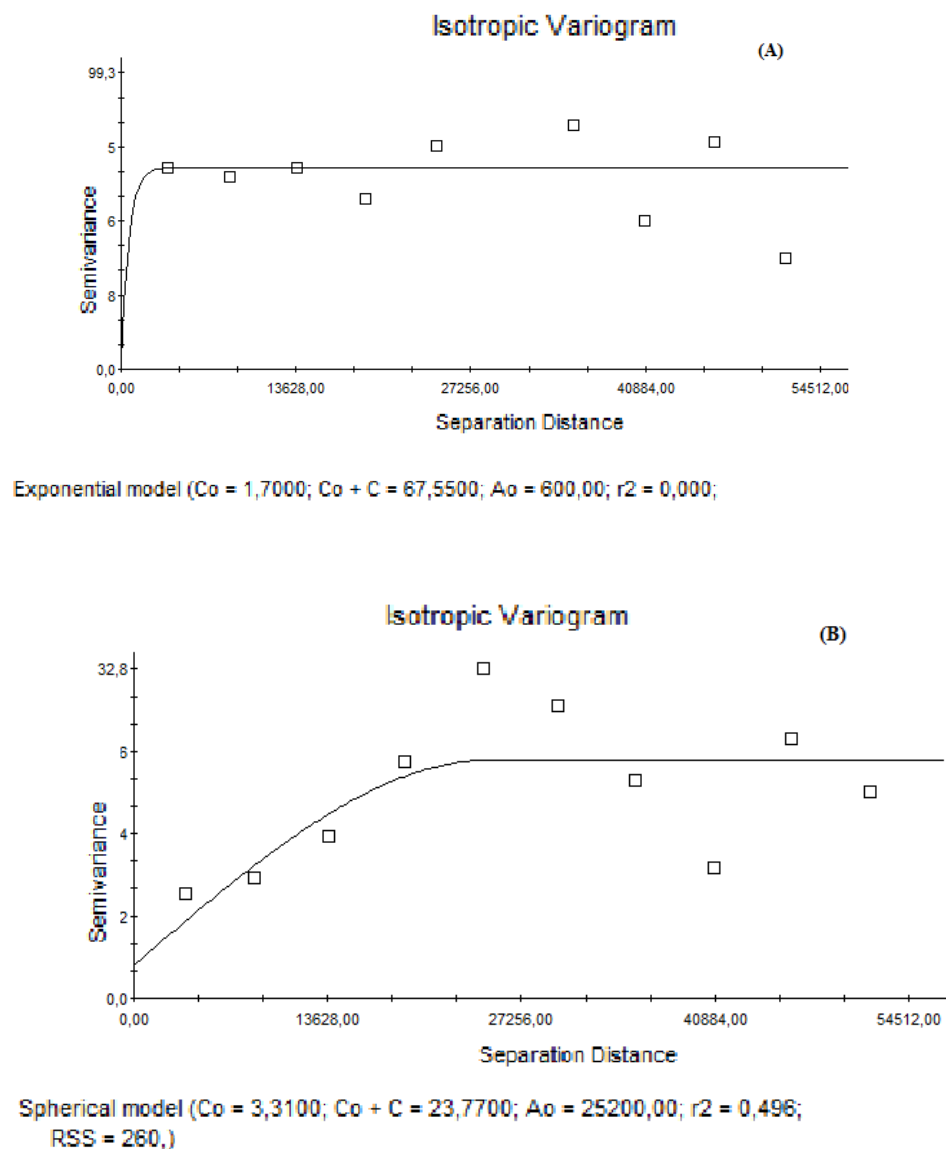


Figura 2- Semivariogramas dos estoques de carbono no Cerrado piauiense, nas profundidades 0-20 (A) e 20-40 cm (B), em Uruçuí e Sebastião Leal, Piauí.

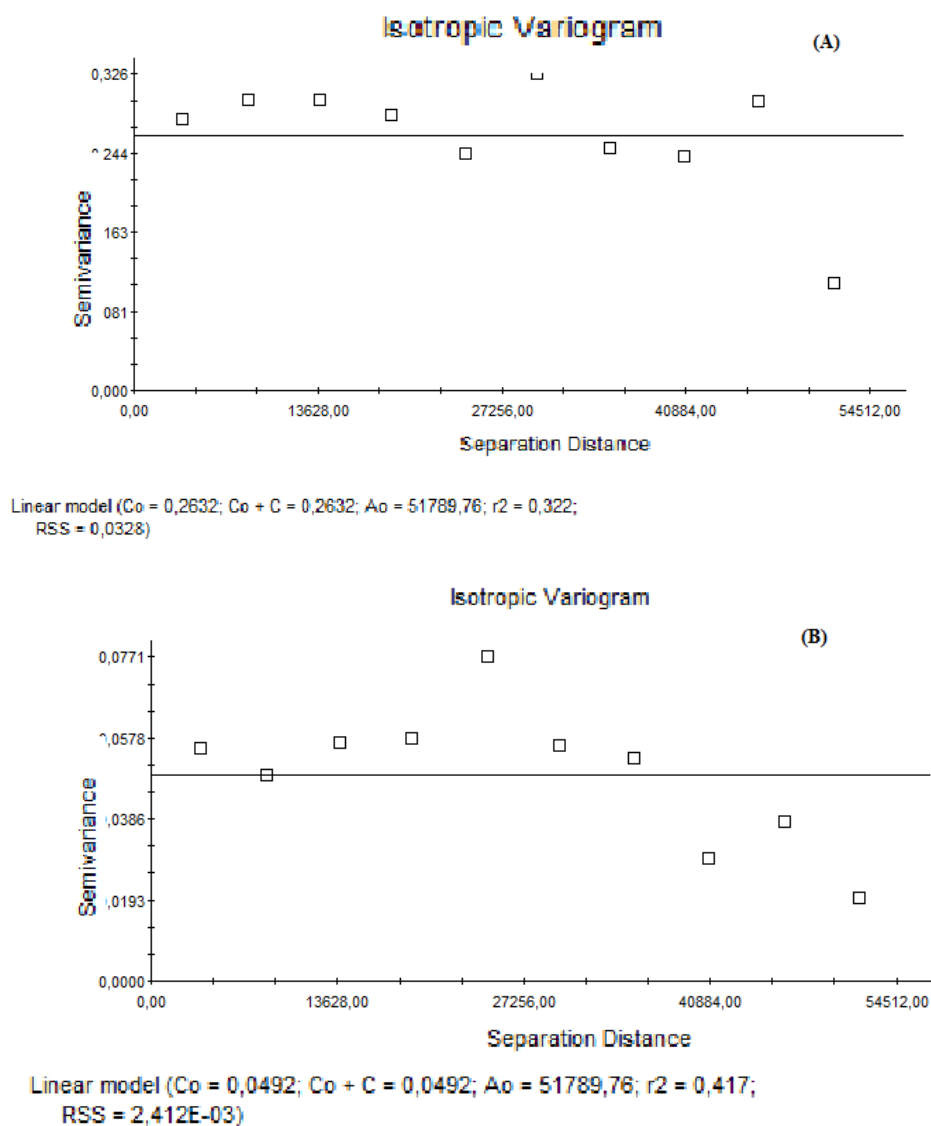


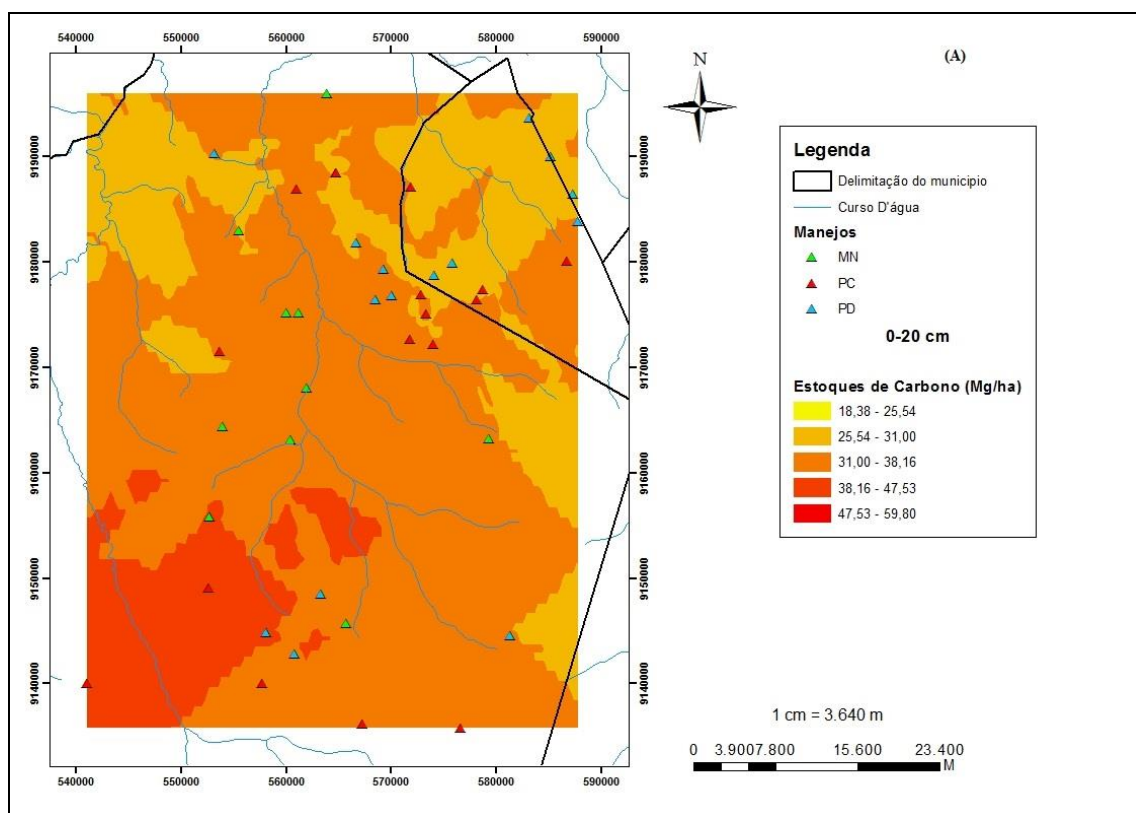
Figura 3- Semivariogramas dos Estoques de nitrogênio no Cerrado piauiense, nas profundidades 0-20 (A) e 20-40 cm (B) em Urucuí e Sebastião Leal, Piauí.

A análise da relação $C_0/(C_0+C_1)$, que demonstra o grau de dependência espacial, apresentou todas as variáveis dentro do patamar moderado, com exceção aos Est C na camada de 0-20 cm que foi forte (Tabela 3).

O alcance foi uma medida importante para o planejamento e avaliação experimental, já que pôde auxiliar na definição de procedimento de amostragem (Burgess et al., 1981; Webster, 1985). Este parâmetro representa a distância, em metros, em que os pontos amostrais estão correlacionados entre si (Journel e Huijbregts, 1991).

Os valores de alcance (A_0) para os Est C na profundidade de 0-20 cm (600m) foram menores que aqueles referentes a profundidade de 20-40 cm (25200), o que demonstra que na camada superficial a homogeneidade dos valores de Est C ocorre em área de menor raio e nas camadas subsuperficiais há menor descontinuidade na distribuição espacial desses valores, indicando assim que as camadas mais profundas estão menos sujeitas aos efeitos do manejo do solo realizado na superfície (Corá , 2004). (Tabela 3)

Com os valores estimados por krigagem, foram gerados mapas de distribuição espacial dos atributos analisados (Figura 4), e os valores observados foram divididos em quatro classes para todos os atributos. Observou-se um arranjo de distribuição espacial dos atributos mais estruturados na profundidade de 0-20 cm m (Figuras 1 e 2). Pode-se observar que os maiores valores de estoque de carbono e nitrogênio estão na camada superficial (0-20cm), com valores máximos de 37,4 (MN) e 2,0 (PD) Mg ha^{-1} , respectivamente. De acordo com os mapas apresentados, os Est C e N, decrescem com o aumento da profundidade.



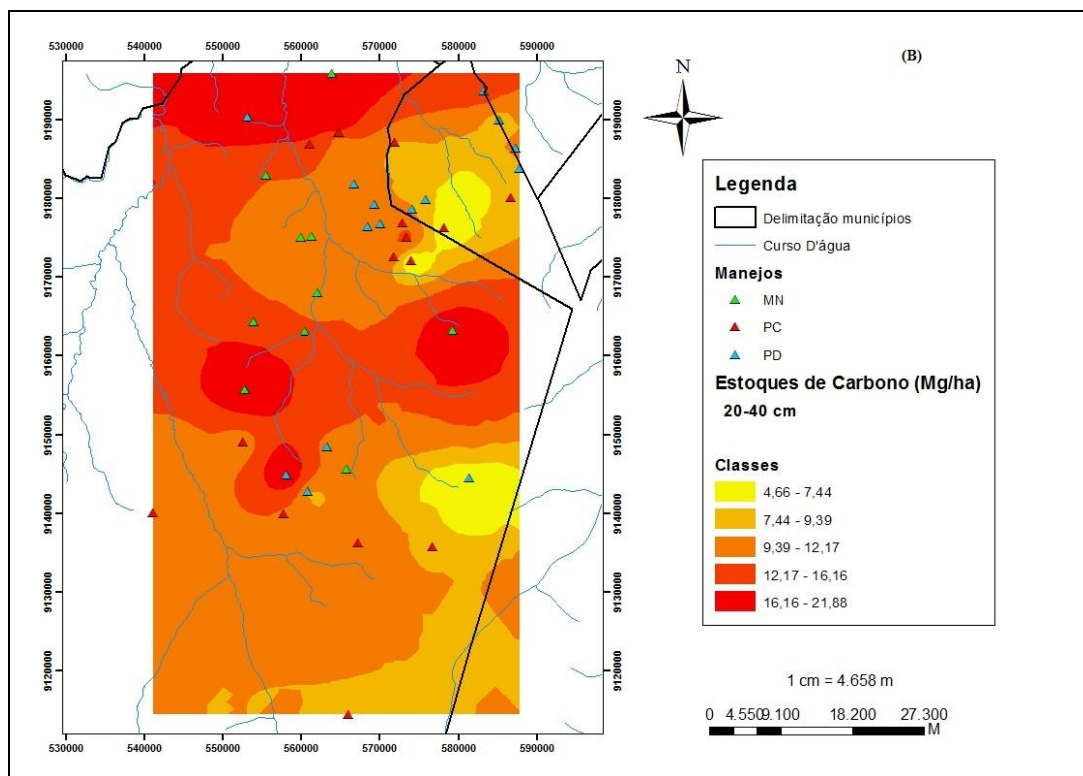
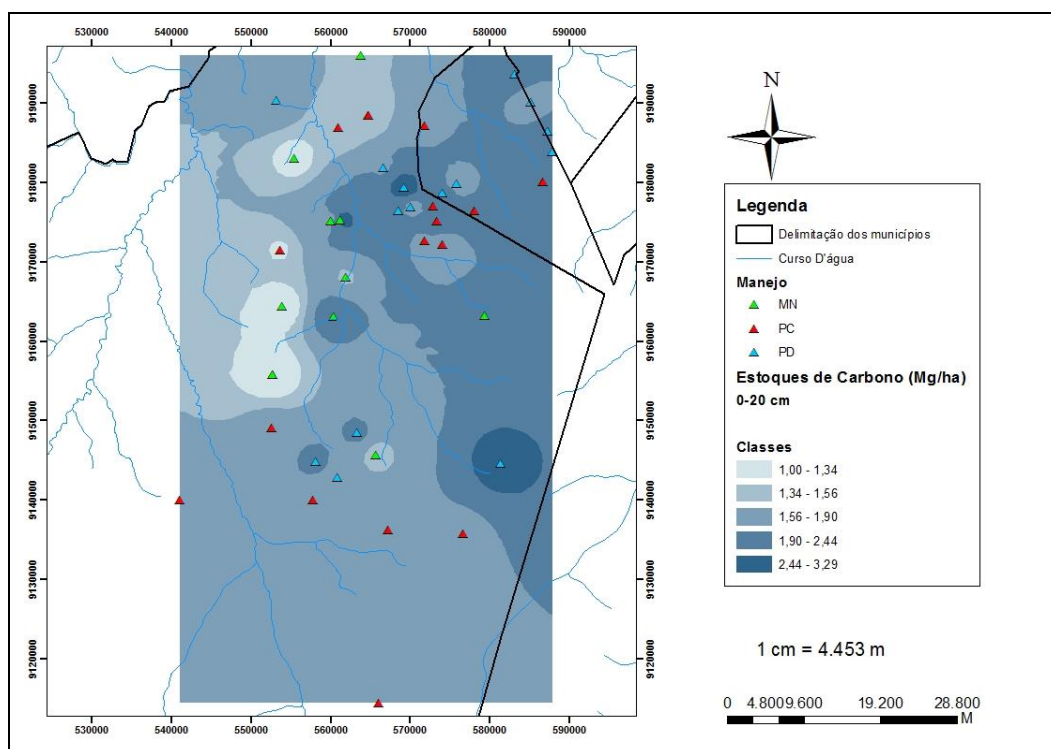


Figura 4 – Distribuição espacial dos Est C ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) nas profundidades 0-20 cm (A) e 20-40 cm (B), sob diferentes manejos em um Latossolo) em Uruçuí e Sebastião Leal, Piauí.



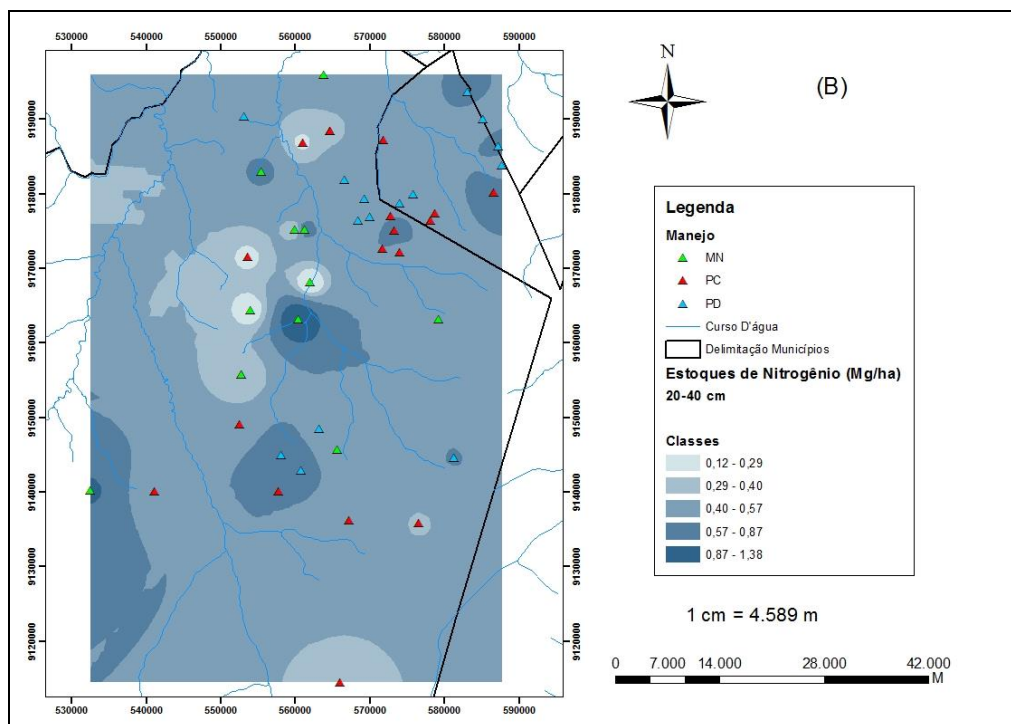


Figura 5 – Distribuição espacial dos Est N ($\text{Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$) nas profundidades 0-20 cm (A) e 20-40 cm (B), sob diferentes manejos em um Latossolo em Uruçuí e Sebastião Leal, Piauí.

1. CONCLUSÕES

- O plantio direto apresentou a capacidade de recuperação parcial dos Est C e N quando comparado ao plantio convencional.
- Houve dependência espacial moderada, com exceção do Est C na profundidade de 0-20 cm que apresentou baixa dependência.
- A utilização do sistema de informação geográfica, associado a técnicas de geoestatística pode contribuir com a tomada de decisão de implantação do manejo agrícola e com a agricultura de precisão, aumentando o potencial de utilização da prática desses métodos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-KAISI, M. M.; YIN, X. **Tillage and crop residue effects on soil carbon and carbon dioxide emission in corn-soybean rotations.** *J. Environ. Qual.*, Madison, v. 34, n. 2, p. 437-445, 2005.
- AMADO, T. J. C. *et al.* **Variabilidade espacial e temporal da produtividade de culturas sob sistema plantio direto.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, n. 08, p. 1101- 1110, 2007.
- AMADO, T.J.C. *et al.* **Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.25, p.189-197, 2001.
- AMARAL, A.S.; ANGHINONI, I. **Alterações de parâmetros químicos do solo pela reaplicação superficial de calcário no sistema plantio direto.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.36, n.4, p.695-702, 2001.
- ARAÚJO, R.; GOEDERT, W.J.; LACERDA, M.P.C. **Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo.** *Revista Brasileira de Ciência do solo*, Viçosa, v. 31, p. 1099-1108, 2007.
- ARGENTON, J.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; WILDNER, L.P. **Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Viçosa, v.29, p.425-435, 2005.
- BAYER, C.; SPAGNOLLO, E.; WILDNER, L.P.; ERNANI, P. R.; ALBURQUEQUE, J.A. **Incremento de carbono e nitrogênio num Latossolo pelo uso de plantas estivais para cobertura do solo.** *Ciência Rural*, v. 33, n. 03, p. 469-475, 2003.
- BERNOUX, M; CERRI,C.C; CERRI,C.E.P; SIQUEIRA NETO,M; METAY, A; PERRIN,A.S; SCOPEL,E; RAZAF,M; BELO,T; BLAVET,D; PICCOLO,M.C; PAVEI,M;MILNE,E. **Cropping systems, carbono sequestration and erosion in Brazil: a review.** In: E. Lichetfouse. (org). *Sustainable Agriculture*. 1 ed. Netherlands: Springer, 2009. V.1,p.45-46.
- BERTOLANI, F. C.; VIEIRA, S. R. **Variabilidade espacial da taxa de infiltração de água e da espessura do horizonte A, em um Argissolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes usos.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 25, n. 4, p. 987-995, 2001.
- BREMNER, J.M. Nitrogen total. In: SPARKS, D.L., ed. **Methods of soil analysis**. Part 3. Madison, America Society of Agronomy, 1996. p.1085-1121 (SSSA [BOOK](#) Series, 5)

- BURGESS, T. M.; WEBSTER, R.; MCBRATNEY, A. B. **Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties. II. Block Kriging.** Journal of Soil Science, New York, v. 31, p. 333-341, 1980.
- CARDOSO, E.L.; SILVA, M.L.N.; SILVA, C.A.; CURTI, N.; FREITAS, D.A.F. **Estoque de carbono e nitrogênio em solo sob florestas nativas e pastagens no bioma Pantanal.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 45, p. 1028-1035, 2010.
- CAMARGO, O.A. **Métodos de análises químicas, mineralógicas e Física de solos do Instituto Agronômico de Campinas.** Instituto Agronômico de Campinas. Campinas, 1986. 94p.
- CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURVO, R.F.; KONOPA A.E. **Field scale variability of soil properties in central Iowa soils.** Soil Science Society of American Journal, v.58, n.5, p.1501-1511, 1994.
- CARVALHO, M. P.; TAKEDA, E.Y.; FREDDI, O.S. **Variabilidade espacial de atributos de um solo sob videira em Vitória Brasil (SP).** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, vol.27, n.4, p.695-703, 2003.
- CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O. & PODANOSCHI, A.L. **Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num latossolo roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras.** R. Bras. Ci. Solo, 22:527-538, 1998.
- CHIODEROLI, C. A.; MELLO, L. M.; GRIGOLLI, P. J; FURLANI, C. E. A.; SILVA, J. O. R.; CESARIN, A. L. **Atributos físicos do solo e produtividade de soja em sistema de consórcio milho e braquiária.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.16, p.37-43, 2012.
- CORÁ, J.E; ARAUJO, A.V; PEREIRA, G.T; BERALDO, J.MG. **Variabilidade Espacial de atributos do Solo para Adoção do Sistema de Agricultura de Precisão na cultura da cana-de açúcar.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 28: 1013-1021, 2004.
- 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.
- COSTA, D.M. **Impactos da irrigação na variabilidade espacial e temporal da salinidade de um solo aluvial no semi-árido Potiguar.** Holos environment, London. V.2, P. 62-71, 2008.
- COSTA, F de s; BAYER, C; ZANATTA, J.A; MIELNICZUK, J. **Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de**

manejo no sul do Brasil. Revista Brasileira de Ciência do solo. Viçosa, v.32,n.1, p.323-332, 2008.

COSTA JÚNIOR, C.; PICCOLO, M.C.; SIQUEIRA NETO, M.; CAMARGO, P.B.; CERRI, C.C.; BERNOUX, M. **Carbono total e ¹³C em agregados do solo sob vegetação nativa e pastagem no bioma cerrado.**

D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N. & GUILHERME, L.R.G. **Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo.** Pesq. Agropec. Bras., 39:179-186, 2004.

FREIXO, A.A. **Caracterização da matéria orgânica de latossolo sob diferentes sistemas de cultivo através de fracionamento físico e espectroscopia de infravermelho.** Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2000. 86p. (Tese de Mestrado)

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

GOMES, N.M.; FARIA, M.A.; SILVA, A.M.; MELLO, C.R.; VIOLA, M.R. **Variabilidade espacial de atributos físicos do solo associados ao uso e ocupação da paisagem.** R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.11, n.4, p.427-435, 2007.

GREGO, C. R.; VIEIRA, S. R. **Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.29, p.169-177, 2005.

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.

JOURNEL, A. G.; HUIJBREGTS, C. J. **Mining geostatistics.** London: Academic Press, 1991. 600 p.

JUNIOR, L.A.Z; LANA, R.M.Q; GUIMARÃES, E.C. **Variabilidade espacial do pH, teores de matéria orgânica e micronutrientes em profundidades de amostragem num Latossolo Vermelho sob semeadura direta.** Ciência Rural, Santa Maria, v.37, n.4, p 1000-1007, jul-ago, 2007.

LEÃO, M.G.A; JUNIOR,J.M; SOUZA,Z.M; PEREIRA,G.T. **Variabilidade espacial da textura de um latossolo sob cultivo de citros.** Ciência e Agrotecnologia. Vol. 34. Nº1. Lavras Jan/Fev.2010.

- LOVATTO, T; MIELNICZUK, J; BAYER,C; VEZZANI,F. **Adições de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo.** Revista Brasileira de Ciência do solo. Viçosa, V.28, p.175-187, 2004.
- MATHERON, G. **The theory of regionalized variables and its applications forintanebleau: Cahiers du center de Morphologie Mathematique de Fointanebleau, 1971. 211p.**
- MATIAS, M.C.B.; SALVIANO, A.A.C.; LEITE, L.F.C.; GALVÃO, S.R.S. **Propriedades químicas em Latossolo Amarelo de Cerrado do Piauí sob diferentes sistemas de manejo.** Revista Ciência Agronômica, v.40, p.356-362, 2009.
- MOLIN, J.P.; FRASSON, F.R.; AMARAL, L.R.; POVH, F.P . SALVI, J.V. **Capacidade de um sensor ótico em quantificar a resposta da cana-de-açúcar a doses de nitrogênio.** Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental , vol.14, n.12, pp. 1345-1349, 2010.
- NOGARA NETO, F.; ROLOFF, G.; DIECKOW, J.; MOTTA, A. C.V. **Atributos de solo e cultura espacialmente distribuídos relacionados ao rendimento do milho.** Revista Brasileira de Ciência do Solo , vol.35, n.3, pp. 1025-1036, 2011.
- PAUSTIAN, K.; ANDRÉN, O.; JANZEN, H.H.; LAL, R.; SMITH, P.; TIAN, G.; TIESSEN, H.; VAN NOORDWIJK, M.; WOOMER, P. **Agricultural soils as a sink to mitigate CO2 emissions.** Soil use Management., Wallingford,v. 13, p. 230-244, 1997.
- PETILIO,A;PEREIRA,M;PERÃO,G;TAMAE,R.Y. **Um breve estudo da variabilidade de aplicação de técnicas de agricultura de precisão.** Revista Científica Eletrônica de Agronomia. Ano VI. N.11, junho, 2007.
- RANGEL, O.J.P. SILVA,C.A. **Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de manejo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 31: 1609-1623, 2007.
- RESCK, D. V. S.; FERREIRA, E. A. B.; FIGUEIREDO, C. C.; ZINN, Y. L. **Dinâmica da matéria orgânica no Cerrado.** In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. O. (Ed.). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 359-417.
- ROBERTSON, G. P. **GS+ geostatistics for the environmental sciences: GS+ user's guide.** Plainwell: Gamma Design Software, 1998. 152p.
- SILVA, E.F.; LOURENTE, E.P.R.; MARCHETTI, M.E.; MERCANTE, F.M.; FERREIRA, A.K.T.; FUJII, G.C. **Frações lábeis e recalcitrantes da matéria orgânica em solos sob integração lavoura-pecuária.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.46, p.1321-1331, 2011.b

- SILVA, V. R.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. **Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração em plantio direto do solo à penetração em plantio direto.** Ciência Rural, v. 34, n. 02, p. 399-406, 2004.
- SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. **Matéria Orgânica do Solo.** In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. eds. Fertilidade do Solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo 2007. p. 275-374.
- SILVA, F.M.; SOUZA, Z.M.; FIGUEIREDO, C.A.P.; MARQUES, J.J. & MACHADO, R.V. **Variabilidade espacial de atributos químicos e de produtividade na cultura do café.** Ciência Rural, v.37, n. 02, p.401-407, 2007.
- Schaffrath, V. R.; Tormena, C. A.; Gonçalves, A. C. A.; Fidalski, J. **Variabilidade e correlação espacial de propriedades físicas de solo sob plantio direto e preparo convencional.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.32, p.1369-1377, 2008.
- SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. **Variabilidade espacial de atributos físicos do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 28, n. 6, p. 937-944, 2004.
- SOUZA, L.S.; COGO, N.P. & VIEIRA, S.R. **Variabilidade de propriedades físicas e químicas do solo em um pomar cítrico.** R. Bras. Ci. Solo, 21:367-372, 1997.
- TELLES, E.C.C. 2002. **Dinâmica do carbono no solo influenciado pela textura, drenagem, mineralogia e carvões em florestas primárias na região centro-oriental da Amazônia.** Piracicaba, 92p. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.
- TOPAKCI, M. *et al.* **Sesame hill dropping performance of a vacuum seeder for different tillage practices.** Applied Engineering in Agriculture, v. 27, n. 02, p. 203-209, 2011.
- TRANGMAR, B.B.; YOST, R.S. & UEHARA, G. **Application of geostatistics to spatial studies of soil properties.** Adv. Agron., 38:45-93, 1985.
- WEBSTER, R. **Quantitative spatial analysis of soil in field.** Advances in Soil Science, v. 3, n. 1, p. 2-56, 1985.
- USSIRI, D.A.N.; LAL, R. **Long-term tillage effects on soil carbon storage and carbon dioxide emissions in continuous corn cropping system from an alfisol in Ohio.** Soil and Tillage Research, v.104, p.39-47, 2009.
- WARRICK, A.W.; NIELSEN D.R. **Spatial variability of soil physical properties in the field.** In: HILLEL, D., ed. Applications of soil physics. New York, Academic Press. p.319-344, 1980.

CAPÍTULO 2

SIMULAÇÃO DOS ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO DO SOLO PELO MODELO CENTURY NO CERRADO PIAUIENSE

RESUMO

COSTA. Claudyanne do Nascimento. **Simulação dos estoques de carbono e nitrogênio do solo pelo Modelo Century no Cerrado Piauiense**. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) – Universidade Federal do Piauí, PI.

A expansão agrícola e o aumento de práticas de manejo intensivas alteram as propriedades do solo, além da qualidade do C e N. Este estudo teve como objetivos (a) simular os efeitos dos manejos nos Est C e N do solo em diferentes compartimentos da matéria orgânica do solo (b) comparar os resultados observados aos simulados pelo modelo. As simulações foram realizadas a partir dos resultados obtidos pela simulação de equilíbrio de uma área de cerrado remanescente. Os sistemas avaliados foram baseados no ano de conversão do cerrado em áreas agrícolas e o tipo de preparo do solo, tendo a seguinte identificação (plantio direto 2000 -PD 2000, plantio direto 2005-PD 2005, plantio direto 2009-PD 2009, plantio convencional 2000-PC 2000, plantio convencional 2009 -PC 2009). A partir das amostras de campo, procedeu-se em laboratório a determinação de C, C e N da biomassa microbiana e da fração leve livre particulada. A biomassa microbiana representou o compartimento ativo de C e N, a fração leve livre particulada representou o compartimento lento de C e N e o compartimento passivo foi determinado pela diferença dos totais menos o ativo e lento (Passivo = total – (ativo +lento). O Century mostrou-se sensível as mudanças de manejo, sendo os compartimentos mais lábeis (ativo e lento) mais sensíveis do que o mais estável (passivo). Em relação aos Est de C, o modelo simulou estoques próximos aos medidos no campo. O PD 2000, foi o sistema que apresentou menores perdas de Est C e N do solo, mantendo ou recuperando o C e N do solo.

Palavras chaves: matéria orgânica do solo, modelagem e sistemas de manejo.

¹Orientador: Prof^o. Luiz Fernando Carvalho Leite – Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI, Brasil.

ABSTRACT

COSTA. Claudyanne do Nascimento. **Simulation of carbon stocks and soil nitrogen by Century Model in the Cerrado of Piauí.** Dissertation (MSc in Agronomy - Crop Production) - Federal University of Piauí, PI.

Agricultural expansion and the increase of intensive management practices affect soil properties, but the quality of C and N. This study had as its objectives (a) simulate the effects of management on soil C and N Est in different compartments of soil organic matter (b) compare the results observed the simulated by the model. The simulations were performed from the results obtained by the simulation of equilibrium of a cerrado remnant area. The systems were evaluated based on the year of conversion of cerrado in agricultural areas and the type of tillage, having the following ID (no-till 2000-PD 2000, zero tillage-PD 2005 2005, tillage 2009-2009 PD, conventional tillage 2000-2000 PC, conventional tillage 2009-PC 2009). From field samples, laboratory has been the determination of C, C and N microbial biomass and particulate free light fraction. The microbial biomass represented for active magazine of C and N, the fraction take slow compartment entry reducing particulate free of C and N and the passive compartment was determined by the difference of total less active and slow (passive = total – (active + slow). The Century has shown itself sensitive to management changes, with more magazines labile (active and slow) more sensitive than the most stable (passive). In relation to the Est of C, the model simulated stocks close to those measured in the field. The PD 2000, was the system that performed smaller losses of Est C and N soil, maintaining or recovering the C and N soil.

Key words: Matéria Orgânica soil, modeling and management systems.

¹Orientador: Prof^o. Luiz Fernando Carvalho Leite – Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI, Brasil.

INTRODUÇÃO

As atuais evidências da contribuição do CO₂ atmosférico para mudanças climáticas globais, tem despertado a atenção da comunidade científica para o ciclo biogeoquímico do C e N, sendo a conversão de áreas sob vegetação nativa em áreas destinadas a exploração agrícola, apontados como um dos principais fatores responsáveis pelas emissões de C na atmosfera (Lal, 2004; Lorenz et al, 2007; Bortolon et al., 2011)

Essas mudanças são ocasionadas pela adoção de práticas intensificadoras da decomposição ou mineralização da matéria orgânica, como o preparo convencional, que provocam a redução dos Est C e N do solo, devido ao aumento na incorporação dos resíduos, quebra dos agregados e aumento da aeração do solo (Alkaisi; Yin, 2005; Bayer et al 2006; Havstad et al., 2007).

Por outro lado, a adoção de sistemas de manejo considerados conservacionistas, como plantio direto, que ganhou adesão em meados dos anos 90, visa à manutenção da palhada no solo e menor incorporação dos resíduos, possibilitam a criação de um ambiente favorável à recuperação e à manutenção da qualidade do solo, favorecendo a sua conservação e o aumento dos estoques de C e N do solo, além de reduzir custos pela diminuição das operações mecânicas do solo (Derpsch & Benites, 2003; Kliemann & Braz, 2006; Leite, 2010).

Entre as muitas abordagens para se estimar as alterações nos estoques de C e N do solo, a utilização de modelos de simulação tem se mostrado eficiente, pois permite estudar cenários históricos e futuros, por meio do conhecimento atual da dinâmica do C (Cerri et al., 2003, 2004; Leite et al., 2004; Tornquist, 2007).

Dentre os modelos que se mostraram eficientes para simular a dinâmica da matéria orgânica do solo (MOS) em termos globais, o Century (Parton, et al 1987; Smith et al, 1997) tem produzido resultados consistentes na simulação de balanço de C e N, particularmente em ecossistemas tropicais (Parton et al, 1994), o que pode viabilizá-lo como uma ferramenta auxiliar no entendimento das mudanças ocorridas na MOS em longo prazo, especialmente após a conversão de sistemas naturais em agroecossistemas (Cerri et al., 2003; Silveira et al, 2000).

Este trabalho tem como objetivo usar o modelo Century v4.0 para simular os efeitos dos sistemas de preparo no Est C e N do solo e em diferentes compartimentos da matéria orgânica, comparar os resultados observados no campo por meio de métodos laboratoriais e os obtidos nas simulações com o modelo e propor cenários futuros, com ênfase na melhoria da qualidade dos solos.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização da área experimental

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do Riacho do Sangue, perfazendo uma área de 2187 km², localizada entre os municípios de Uruçuí (07°13'46" S, 44°33'22" W, altitude de 167 m) e Sebastião Leal (7° 33' 57" S, 44° 3' 50" W, altitude de 360m), área representativa de produção de grãos nos municípios. A precipitação média anual é de 1200mm e 1400mm, respectivamente, com temperatura média anual de 27,3 °C. O período chuvoso situa-se entre outubro e março e o período seco, com déficit hídrico, de abril a setembro. Há predominância de Latossolos (+ de 50%) e a vegetação varia de campos limpos, com predomínio de capins, até cerradões. Os municípios estão em rápido processo de crescimento populacional e econômico em função da expansão na área agrícola, especialmente para produção de soja, milho e arroz.

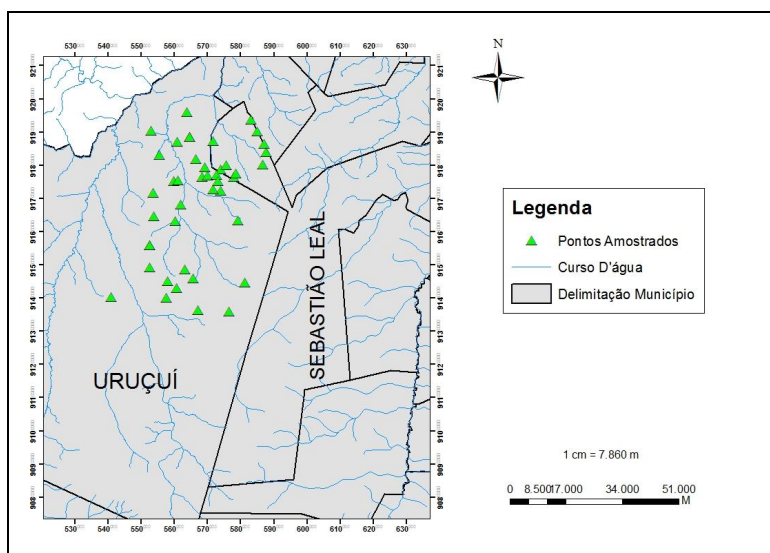


Figura 01. Localização amostral da área de estudo nos municípios de Uruçuí e Sebastião Leal

Amostragem do solo

A área da bacia foi dividida em áreas homogêneas denominadas, unidade de simulação (US), classificadas de acordo com o ano de desmate e o tipo de preparo do solo. A amostragem do solo foi realizada em março de 2011. Neste período a colheita de grãos tinha sido recentemente realizada e os restos culturais se mantinham na área sobre o solo. As US foram identificadas como PC 2000 (15 pontos), PC 2009 (4 pontos), PD 2000 (5 pontos), PD 2005 (9 pontos), PD 2009 (1 ponto) e mata nativa (10 pontos), totalizando 45 pontos, todos situados sob Latossolo.

Nestes pontos foram coletadas amostras de solo, nas camadas de 0-20 cm, para determinação dos estoques totais de carbono e nitrogênio e determinação da textura do solo.

Para determinação do carbono orgânico total (C), nitrogênio (N) e textura, foram escavadas mini-trincheiras, com dimensões aproximadas de 30 cm de largura, 20 cm comprimento e 40 cm de profundidade. O solo foi coletado com espátula, separado e transportado para o laboratório. Posteriormente, as amostras foram secas ao ar e passadas por peneira de malha 2 mm.

A densidade do solo foi determinada por meio do método do anel volumétrico (5 cm, aprox. 5 cm profundidade), inseridos em uma das paredes laterais da mini-trincheira. Os anéis foram inseridos de maneira a amostrar a parte central das camadas. Após limpeza, foram acondicionados em sacos plásticos identificados e em seguida levados ao laboratório para determinação da massa do solo úmido e por fim, secou-se o material em estufa de circulação forçada a 105° C, até a massa constante e calculou-se a densidade do solo de cada camada pela eq (1):

$$\text{Eq (1): Densidade} = \frac{\text{Massa do solo seco (g)}}{\text{Volume do anel (cm}^3\text{)}} \quad (\text{g cm}^{-3})$$

As amostras foram destorroadas e passadas em peneira de malha 2 mm e parte do material (em torno de 100g) foi separada e acondicionada sob sistema de refrigeração, com temperatura situada entre 4° e 8 ° C, para posterior determinação da biomassa microbiana. Para as demais análises, as amostras de solos foram secas ao ar (TFSA).

Análises físico/químicas

As análises de C e N e biomassa microbiana do solo foram realizadas no Laboratório de Solos da Embrapa Meio Norte. As análises físicas foram realizadas no Laboratório de análises de solos (LASO) do Departamento de Solos e Água da Universidade Federal do Piauí.

O C foi quantificado por oxidação da matéria orgânica via úmida, empregando solução de dicromato de potássio em meio ácido, com fonte externa de calor (Yeomans & Bremner, 1988). O N do solo foi determinado por meio da digestão sulfúrica e quantificado por destilação Kjeldhal (Bremner, 1996). Para determinação da textura (separação das frações areia ($>0,02$ mm), silte ($0,002-0,02$ mm) e argila ($<0,002$ mm)), as amostras foram analisadas segundo o método da pipeta Camargo et al. (1986), com modificações. A dispersão do solo foi realizada com solução NaOH 1 mol L^{-1} por 24h seguido de agitação em agitador horizontal recíproco a 200 rpm por 3,5 horas. As amostras relativas à densidade do solo foram levadas à estufa de convecção a 105°C por 24 h e, após secas, foram pesadas para determinação da massa de solo.

Os Est C e N originais foram definidos como aqueles existentes nos solos sob vegetação nativa até a introdução da agricultura. Para o cálculo dos Est C e N (Mg C ha^{-1}), em uma determinada profundidade utilizou-se a seguinte equação (Ellert e Bettany, 1995):

Eq (1): Estoque = C ou N x prof x ρ x 10, onde :

Estoque = estoque de COT ou NT (Mg C ou N ha^{-1}),

C ou N = concentração de COT ou NT (dag kg^{-1}),

prof = espessura da camada (m),

ρ = densidade do solo (Mg m^{-3}),

10 = fator de conversão para Mg.ha^{-1}

Para calcular os estoques de COT ou NT das amostras oriundas de Latossolos sob Lavoura, adotou-se o método descrito baseado na massa equivalente a do solo sob vegetação nativa, conforme descrito por Bayer (2003) e Tornquist (2007). Neste caso, a média das massas do solo das matas amostradas foi tomada como referência. Assim, descontou-se do estoque de COT calculado pela equação 1 em cada lavoura, o estoque de COT ou NT referente a massa de solo que excedeu a massa de solo da mata nativa (referência). Considerando que os solos na camada de 0 a 20 cm sob vegetação nativa

normalmente apresentam densidade menor que em lavouras, a correção consistiu em subtrair dos estoques médios dos pontos sob lavoura uma quantidade de C contida em uma camada de massa necessária para igualar a massa de solo sob lavoura à de referência.

A biomassa microbiana foi determinada pelo método da irradiação-extração, utilizando forno de microondas (Consul, frequência de 2450 MHz, potência de 900W por 180 segundos) (Islam & Weil, 1998; Ferreira et al., 1999). O extrator utilizado foi K_2SO_4 0,5 mol L⁻¹ e o carbono contido nos extratos foi quantificado por meio de procedimento por oxidação úmida (Yeomans & Bremner, 1988). O fator de conversão (Kc) usado para converter o fluxo de C para C da biomassa microbiana foi 0,33 (Sparling & West, 1988). O C da biomassa microbiana (C_{MIC}) foi usado como estimativa do compartimento ativo da matéria orgânica (Paul, 1984; Motavalli et al., 1994).

Utilizou-se o método de fracionamento granulométrico da matéria orgânica descrito por Cambardella e Elliott (1992) com a alteração de utilizar hidróxido de sódio (NaOH) 0,1N na proporção 1:5 (solo: solução) como agente dispersante, seguido de agitação por 3 horas.

Após a agitação, o material foi passado em peneira de 53 μ m com auxílio de jato d'água. O material retido foi lavado com água destilada e representou a fração 2000-53 μ m, correspondente a areia fina e areia grossa. Em seguida, foi transferido para um Becker de 250 ml previamente pesado e levado até estufa, onde à temperatura de 60 °C permaneceu até a retirada completa da umidade. Após a secagem, o material foi pesado e moído manualmente em gral de porcelana até atingir homogeneidade de cor e granulométrica. Em seguida, foi feita análise do teor de matéria orgânica (EMBRAPA, 1997). A MO retida na peneira de 53 μ m esta associada às frações areia fina e areia grossa e foi denominada de matéria orgânica particulada (MOP) representada em g de matéria orgânica por quilograma de partículas > 53 μ m, correspondendo a fração lábil da matéria orgânica.

Histórico de Uso e Manejo do solo

Foram selecionados produtores com áreas representativas de vegetação nativa e com lavouras, que representassem o período mais longo com agricultura. A abertura do Cerrado deu início ao uso agrícola dessas áreas. O cerrado foi desmatado e a madeira

retirada, possibilitando o preparo da área. No preparo convencional utilizou-se arado e grade para revolvimento e nivelamento da área para plantio. No sistema de plantio direto o manejo foi com o uso de herbicida dessecante (princípio ativo Glyphosate).

Tabela 1 - Sequência de culturas usadas na simulação pelo modelo Century.

Sistemas	Sequências de Manejo
PC 2000 (15 pontos)	1999 - Cerrado nativo 2000 - Desmatamento (retirada da madeira e posterior uso do fogo - preparo convencional com uso de arado e grade) 2001 até 2002 – Arroz - Pousio 2003 até 2005 - Soja – Pousio – 30 kg/ha N na soja 2005 até 2011 – Arroz – Soja (30 kg/há N) – Milheto – Pousio 2012 até 2050 - Arroz – Soja (30 kg/há N) – Milheto – Pousio
PC 2009 (4 pontos)	2007 – Cerrado 2008 – Desmatamento (retirada da madeira e posterior uso do fogo) 2009 até 2009 – Arroz – Pousio 2010 até 2011 – Pousio – Soja –Pousio – Soja (30kg/ha N) 2012 até 2050 - Pousio – Soja –Pousio – Soja (30kg/ha N)
PD 2000 (5 pontos)	1999 - Cerrado nativo 2000 – Desmatamento (retirada da madeira e posterior uso do fogo - preparo convencional com uso de arado e grade) 2001 até 2002 – Arroz (uso de arado e grade) – Pousio 2003 até 2004 – Soja (uso de arado e grade) – Adubação (30kg/ha N e 70 kg/ha P) – Pousio 2005 até 2011 – Soja – Milheto (Plantio direto) Adubação (30kg/ha N e 70 kg/ha P) 2012 até 2050 - Soja – Milheto (Plantio direto) Adubação (30kg/ha N e 70 kg/ha P)
PD 2005 (9 pontos)	2004 – Cerrado nativo 2005 – Desmatamento (retirada da madeira e posterior uso do fogo - preparo convencional com uso de arado e grade) 2006 até 2007 – Arroz (uso de arado e grade) – Pousio 2008 até 2009 – 2 anos de soja – 1 ano milho safrinha – Pousio (uso de arado e grade), Adubação (30kg/ha N na semeadura/85 kg/ha N em cobertura) 2010 até 2010 – Soja – Milheto (Plantio Direto) 2011 até 2011 – Soja – Feijão (Plantio Direto) 2012 até 2050 - Soja – Feijão (Plantio Direto)
PD 2009 (1 ponto)	2007 - Cerrado nativo 2008 – Desmatamento (retirada da madeira e posterior uso do fogo) 2008 até 2009 – Arroz (uso de arado e grade) 2010 até 2011 - Soja – Milho (20kg/ha N na semeadura/ 60 kg/ha N em cobertura) – Milheto (Plantio direto) 2012 até 2050 - Soja – Milho (20kg/ha N na semeadura/ 60

Simulações de cenários futuros

Foram realizadas simulações futuras em continuidade ao manejo atual com modificações após 2011, tanto para o PD2000, quanto para o PC 2000, consideradas os sistemas mais antigos. Substituindo o milheto pela *Brachiária brizanta*, com o objetivo de proporcionar maior adição de resíduos ao solo.

Calibração e Validação do modelo

A calibração é fundamental em estudos de modelagem, pois visa estabelecer coincidências entre dados medidos (observados no campo) e os dados simulados pelo modelo por meio de ajustes de parâmetros internos destes (Gomes & Varriale, 2004). Já na etapa de validação de um modelo, as suas estimativas devem ser comparadas com dados observados diversos daqueles usados na sua construção e calibração (Leal, 1996; Gomes & Varriale, 2004).

Em geral, o processo de calibração do Century é realizado de forma interativa com a execução do modelo, inspeção das saídas e alterações da máxima produção bruta mensal de biomassa da floresta e, ou, das culturas, até que o Est C simulado aproxime-se ao máximo do Est C medido.

Para a calibração nas condições de equilíbrio foram necessárias algumas alterações no arquivo de variáveis fixas (FX.100), para que as taxas de decomposição dos compartimentos se ajustassem aos do cerrado em questão. Sem esse ajuste não seria possível rodar o modelo para condições tropicais, uma vez que esse foi concebido e validade para condições de clima temperado. Assim os parâmetros modificados foram dos compartimentos: lento – VARAT2 (1,1) – que aumentou o fator de multiplicação de 20 para 25, e passivo – VARAT3 (1,1) – de 8 para 20. Adicionalmente, foi modificado o parâmetro VLOSSG (perda de N por volatilização), o qual passou de 0,010 para 0,03, de acordo com Oliveira (2005). Tais ajustes foram adotados por Tornquist et al, 2009; Bortolon et al, 2011; Lopes et al 2013.

Depois destes ajustes, o modelo foi executado simulando um período de 3000 anos (simulação de equilíbrio) para a área de cerrado nativo, utilizando como dados de entrada as variáveis do local, como textura, densidade e clima (Tabela 2). Foi criado um arquivo apropriado para realizar a simulação de equilíbrio para a vegetação do tipo cerrado. Para cada preparo de solo, o modelo simulou a derrubada do cerrado e a conversão desses para os preparos estudados, estimando os Est C e N para cada

compartimento da matéria orgânica do solo ao longo dos anos. A simulação para os tipos de preparo foi iniciada com os dados gerados pela simulação de equilíbrio. Os valores estimados pelo modelo para o mês de março foram comparados com os obtidos no campo via métodos laboratoriais, permitindo testar a validade do modelo. Foi tomado o cenário PC 200 como base para a calibração do modelo por ser o cenário com histórico de manejo com menor variação ao longo do tempo e por ter maior número de repetições de campo (15 pontos amostrados), e por ser composto pelas lavouras mais antigas amostradas na região de estudo.

As análises estatísticas, relativas à raiz quadrada do erro (RMSE) utilizada em experimentos onde há disponibilidade de repetições, foram empregadas para se verificar a acurácia das simulações, após as modificações dos parâmetros do modelo, em relação aos dados mensurados por meio da metodologia descrita em Smith et al., 1997.

Tabela 2. Principais variáveis de entrada usadas para simulação do modelo Century.

Variáveis	Valores
Areia (g.g ⁻¹)	0,57
Silte (g.g ⁻¹)	0,15
Argila (g.g ⁻¹)	0,28
Densidade do solo (g.cm ⁻³)	1,09
pH (H ₂ O)	5,5
Precipitação Mensal **	16,4;14,8;17,9;13,8;3,5;0,2;0,1;0,6;4,8;8,1;13,1
T °C média mensal mínima*	21,6;21,5;21,6;21,3;20,7;19;18,7;20;21,9;23,1;22,6;21,6
T °C média mensal máxima*	32,9;31,9;32,1;32,4;33,6;34;34,7;35,9;37,4;37;35,2;33,4

* Temperatura em Graus Celsius (T ° C), média mensal mínima e máxima dos meses de janeiro a dezembro, respectivamente; **

Precipitação expressa em (cm/mês), médias de 2004 a 2013.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após os ajustes propostos para calibração sob a vegetação nativa, o modelo Century estimou os níveis de equilíbrio do Est C e N durante 3000 anos. O Est C se estabilizou em 37,04 Mg.ha⁻¹, se igualando aos valores medidos no cerrado via análises laboratoriais (Tabela 3).

Tabela 3. Valores simulados e medidos para Est C e N para o cerrado (simulação de equilíbrio), na bacia hidrográfica do Riacho Sangue, Uruçuí e Sebastião Leal, Piauí.

ANÁLISE (Mg.ha ⁻¹)	MEDIDO	SIMULADO
C	37,04	37,04
N	1,58	2,21
C/N	23,4	17,2

Para o NT o modelo foi menos preciso, uma vez que houve uma diferença de 0,63 Mg.ha⁻¹ entre os estoques simulados (2,21Mg.ha⁻¹) e medidos (1,58Mg.ha⁻¹) (Tabela 3). Apesar desta diferença, pode-se afirmar que o modelo está apto a rodar cenários específicos para Est C e N, uma vez que os resultados simulados foram semelhantes aos observados no Cerrado.

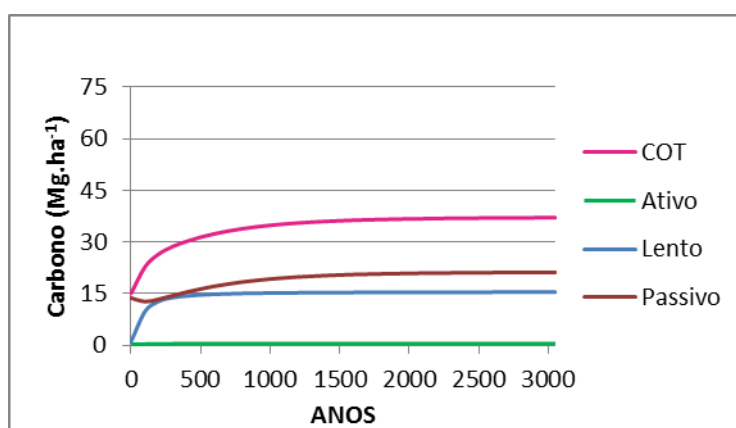


Figura 02 . Estimativa por meio do modelo Century dos Est C e dos compartimentos de carbono orgânico de uma Latossolo Vermelho Amarelo (0-20cm) sob Cerrado.

A partir dos valores observados para a simulação de equilíbrio, procedeu-se a simulação dos cenários apresentados (Tabela 1). Na Figura 3 é observada a dinâmica do C a partir dos valores de simulação de equilíbrio até o ano de 2050, onde o modelo simulou as mudanças nos preparos de solo adotados para cada sistema estudado.

Os valores medidos estão próximos aos valores estimados pelo modelo (Figura 3). Com a derrubada do cerrado e preparo do solo para a implantação da lavoura os Est C simulados aumentaram consideravelmente em todos os sistemas estudados. Esse comportamento é comum (Stevenson, 1994, Wendling, et al, 2014), pois com a derrubada do cerrado só é retirado o material vegetal de maior diâmetro permanecendo no campo parte dos restos de galhos finos, folhas e serapilheira depositada na superfície, que são incorporados ao perfil do solo. Porém, no ano seguinte, os estoques voltam a diminuir, devido ao efeito da decomposição desse material que é acelerada pelo

revolvimento do solo por ocasião da implantação da cultura do arroz independentemente do ano em que a mata foi convertida em lavoura. Neste caso, Est C reflete o comportamento dos compartimentos mais lábeis (ativo e lento) uma vez que o C passivo não apresentou a mesma tendência (Figura 4).

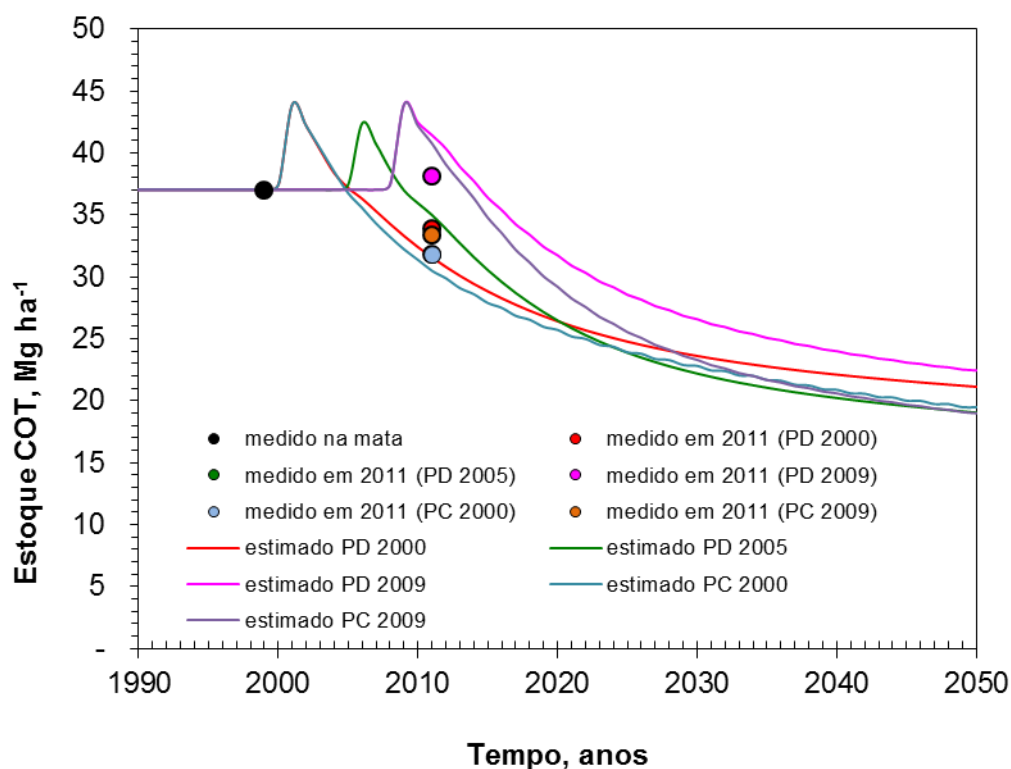


Figura 03 - Variação dos Est C medidos e simulados pelo modelo Century para os sistemas PD2000 (plantio direto 2000), PD2005 (plantio direto 2005), PD2009 (plantio direto 2009), PC2000(plantio convencional 2000) e PC2009(plantio convencional 2009), na bacia hidrográfica do Riacho Sangue, Uruçuí e Sebastião Leal, Piauí.

De acordo com as estimativas do Century, em todos os sistemas estudados, houve aumento nos Est C quando ocorreu a substituição da cultura de arroz para implantação da soja, chegando a aproximadamente 7,0 Mg ha⁻¹ nos sistemas PC 2009 e PD2009. Além dos incrementos referentes aos resíduos deixados durante o processo de desmate da área, esse aumento, pode ser atribuído, segundo Macedo (2003), as altas contribuições da fixação biológica do nitrogênio (FBN), realizado pela cultura da soja, uma vez que os conteúdos de C e N do solo estão diretamente relacionados.

O constante uso de práticas convencionais como aração e gradagem, promoveu redução dos estoques de C em torno de 12 Mg ha⁻¹ do início do plantio da soja até o ano de 2011 no PC 2000. O Est C do solo pode ser alterado com maior ou menor intensidade, dependendo do sistema agrícola instalado, sendo um dos atributos mais

sensíveis a transformações desencadeadas pelo manejo. Práticas de manejo inadequadas podem levar a um rápido declínio destes estoques. (Freixo et al., 2002; Steiner et al., 2008).

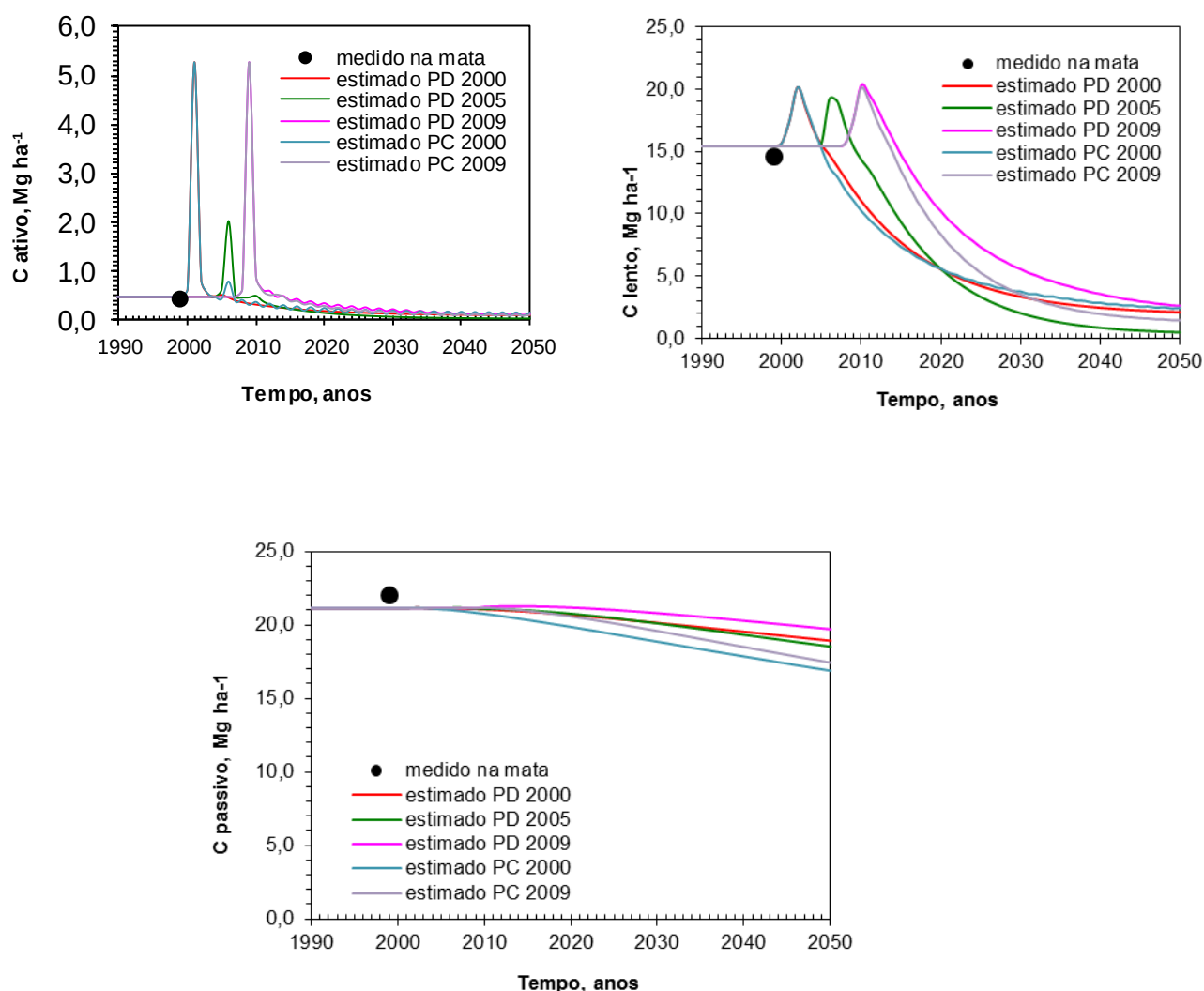


Figura 4 - Variação dos compartimentos ativo (C ativo), lento (C lento) e passivo (C passivo) de COT simulados pelo modelo Century para os sistemas PD2000 (plantio direto 2000), PD2005 (plantio direto 2005), PD2009 (plantio direto 2009), PC2000 (plantio convencional 2000) e PC2009 (plantio convencional 2009) na bacia hidrográfica do Riacho Sangue, Uruçuí e Sebastião Leal, Piauí.

Na lavoura mais antiga e sob sistema conservacionista (PD 2000), o Century estimou um decréscimo de 34,8% (de 32,4 Mg.ha⁻¹ para 21,1 Mg.ha⁻¹), do estoque original de C no ano de 2011 até o ano de 2050 (Figura 3 e Tabela 4). Para o PC 2000, o decréscimo foi de 38% (de 31,3 para 19,4 Mg.ha⁻¹). Essa menor perda no PD 2000 em relação aos demais sistemas pode estar relacionada as entradas de C como a rotação de

culturas com planta de cobertura (milheto) e adubações frequentes (Tabela 1). Em alguns estudos tem sido relatado que, independente do sistema, as variações no armazenamento de C no solo estão diretamente relacionadas com a entrada de C de resíduos de colheita e aumento na disponibilidade de N no sistema solo-planta (Paustian, 1997; Sá et al., 2001; Séguy et al., 2006; Bernoux et al., 2006; Souza et al., 2009). O Century estimou maiores perdas para lavouras iniciadas nos anos posteriores, onde PC 2009 apresentou uma perda de 58,2%, seguidas do PD 2009 e PD 2005 com 47% em relação ao ano de 2050 (Tabela 4). Em geral, maiores perdas de estoques de C no sistema de PC 2009, pode estar relacionada à perturbação do solo que tende a estimular as perdas de C, tanto por aumentar a oferta de O₂ para os organismos decompositores, como por fragmentar agregados que protegem o C do acesso microbiano (West e Post, 2002; Alvarez 2005; Gregotich et al, 2005; Jantalia., 2007).

Tabela 4- Valores simulados para Est C para o plantio convencional 2000 e 2009 e plantio direto 2000, 2005 e 2009, na bacia hidrográfica do Riacho Sangue, Uruçuí e Sebastião Leal, Piauí.

PREPARO	SIMULADO (Mg.ha ⁻¹)	
	2011	2050
PC 2000	31,3	19,4
PC 2009	42,1	17,6
PD 2000	32,4	21,1
PD 2005	35,9	19,0
PD 2009	42,4	22,4

Os estoques observados em 2011 (Tabela 5) evidenciam que as mudanças no uso do solo levaram a redução no conteúdo de C ao longo dos anos em relação a condição original, com exceção do PD 2009. As lavouras tiveram seus estoques reduzidos em torno de 5 Mg ha⁻¹ em relação ao original. Isso por que o teor de matéria orgânica do solo (MOS) e consequentemente de C é muito sensível às praticas de manejo adotadas, principalmente em regiões tropicais e subtropicais, onde segundo Mielniczuk (1999), mais de 50% de MOS previamente acumulada é perdida nos primeiros anos de cultivo por diversos processos, entre ele a decomposição microbiana e a erosão.

Com relação aos estoques estimados pelo modelo Century para o ano de 2011, as estimativas do modelo estão condizentes com os resultados observados no campo, havendo variação de no máximo 8,8 Mg ha⁻¹ de C entre os estoques estimados pelo Century e os observados, que ocorreu no sistema PC 2009. Apesar das diferenças existentes entre os valores estimados e medidos em 2011 nas áreas cultivadas (Tabela

5), estas não foram significativas, visto que a raiz quadrada do erro do modelo (RMSE) (Root mean square error of model) foi de 14,2 ficando abaixo do limite de confiança RSME 95% dos valores medidos que foi de 34,3. Tal resultado indica que as estimativas do Century descrevem adequadamente as tendências na validação e as diferenças obtidas entre valores medidos e simulados pelo modelo são menores que o erro inerente aos valores medidos.

Tabela 5- Valores medidos e simulados para Est C para o plantio convencional 2000 e 2009 e plantio direto 2000, 2005 e 2009 na bacia hidrográfica do Riacho Sangue, Uruçuí e Sebastião Leal, Piauí.

SISTEMAS	MEDIDO (Mg.ha ⁻¹)	SIMULADO (Mg.ha ⁻¹)
	2011	2011
PC 2009	33,3	42,1
PD 2000	33,9	32,4
PD 2005	31,8	35,9
PD 2009	38,1	42,4
RSME	14,2ns	
RSME (95% limite de confiança)	34,3	

Para as frações de C e N, foi observada maior perda de estoques nos compartimentos lento e ativo, em todos os sistemas, considerados mais sensíveis às mudanças de manejos. Isso provavelmente acontece devido as alterações do sistema natural para um sistema agrícola caracterizado pelo baixo aporte de C, uso do fogo e alto revolvimento do solo, ocasionando uma rápida decomposição das frações lábeis da MO (Figuras 4 A e B). O PC 2009 foi o que apresentou maior perda nos estoques de C quando comparado aos demais. Em 2011, as frações de C ativo, lento e passivo no PC 2009, foram 19, 47,8 e 50,2% do COT. Para as frações de N ativo, lento e passivo no PD 2009, seguido do PC 2009, foram os que obtiveram maiores perdas (Tabela 6). Os compartimentos ativo e lento dos Est C e N sofreram drástica queda com o passar dos anos. Já o compartimento passivo diminuiu lentamente ao longo de todo o período de simulação, constituindo 95,5% do Est C. No compartimento passivo a redução nos Est N após a transformação do cerrado para agricultura foi menos intensa o que está relacionado a recalcitrância deste compartimento (Romanyá et al., 2000).

Esses resultados corroboram com valores encontrados por Freixo 2002, onde estudando os compartimentos de C, observou que o C passivo contribui com cerca de 70-80 % do COT em solos sob cerrado. Esta contribuição ainda foi maior em solos

cultivados passando a representar mais de 90% da MOS, comprovando que este compartimento apresenta maior estabilidade.

Tabela 6. Valores simulados dos compartimentos ativo, lento e passivo do Est C e N para plantio convencional 2000 e 2009 e plantio direto 2000, 2005 e 2009, na bacia hidrográfica do Riacho Sangue, Uruçuí e Sebastião Leal, Piauí.

SISTEMAS	Est C (Mg.ha ⁻¹)					
	ATIVO		LENTO		PASSIVO	
	2011	2050	2011	2050	2011	2050
PC 2000	0,36	0,14	10,23	2,44	20,76	16,89
PC2009	0,80	0,06	20,15	0,77	21,14	16,82
PD 2000	0,30	0,08	11,02	2,10	21,06	18,93
PD 2005	0,48	0,02	14,34	0,48	21,16	18,53
PD 2009	0,88	0,11	20,32	2,60	21,23	19,73

SISTEMAS	Est N (Mg.ha ⁻¹)					
	ATIVO		LENTO		PASSIVO	
	2011	2050	2011	2050	2011	2050
PC 2000	0,07	0,021	0,57	0,13	1,60	1,36
PC2009	0,17	0,005	0,96	0,03	1,58	1,31
PD 2000	0,07	0,015	0,63	0,11	1,62	1,51
PD 2005	0,13	0,002	0,76	0,02	1,60	1,45
PD 2009	0,19	0,02	0,96	0,15	1,58	1,58

Comparando os resultados para N (Tabela 7), o modelo não apresentou o mesmo desempenho em relação ao C. Para N, os estoques foram superestimados em 31, 37, 5, 20 e 26% para PC 2000, PC 2009, PD2000, PD 2005 e PD 2009, respectivamente. Para o PC 2009 e PD 2009 o valor foi muito acima do observado, sendo que para os demais sistemas, os valores simulados não apresentaram discrepâncias muito grandes. (Figura 5).

Tabela 7- Valores medidos e simulados para Est N para o plantio convencional 2000 e 2009 e plantio direto 2000, 2005 e 2009, na bacia hidrográfica do Riacho Sangue, Uruçuí e Sebastião Leal, Piauí.

SISTEMAS	MEDIDO (Mg.ha ⁻¹)	SIMULADO (Mg.ha ⁻¹)
	2011	2011
PC 2000	1,6	2,3
PC 2009	1,7	2,7
PD 2000	2,2	2,3
PD 2005	2,0	2,5
PD 2009	2,0	2,7

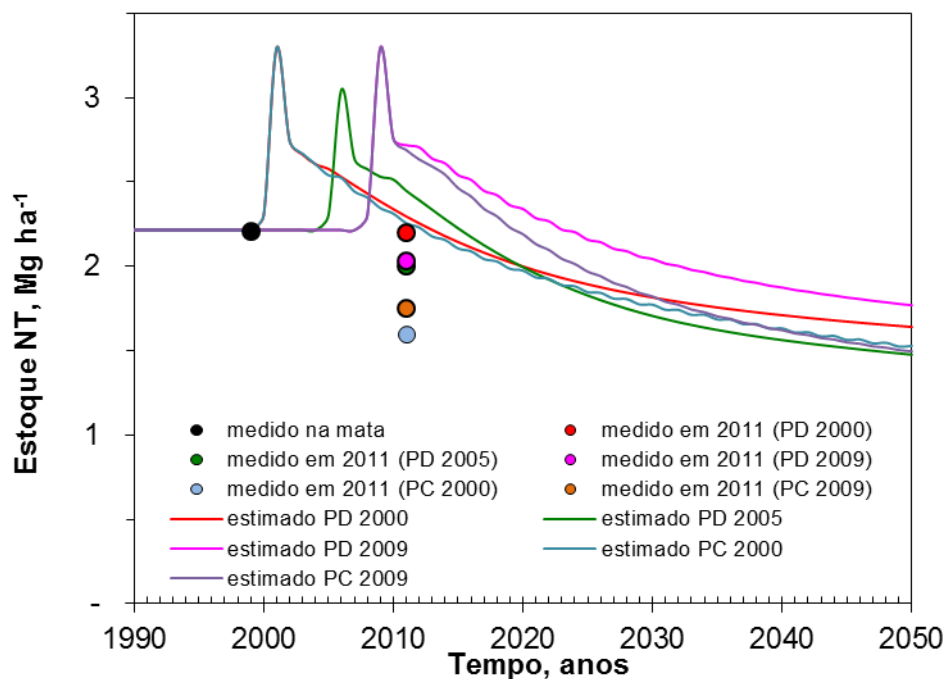
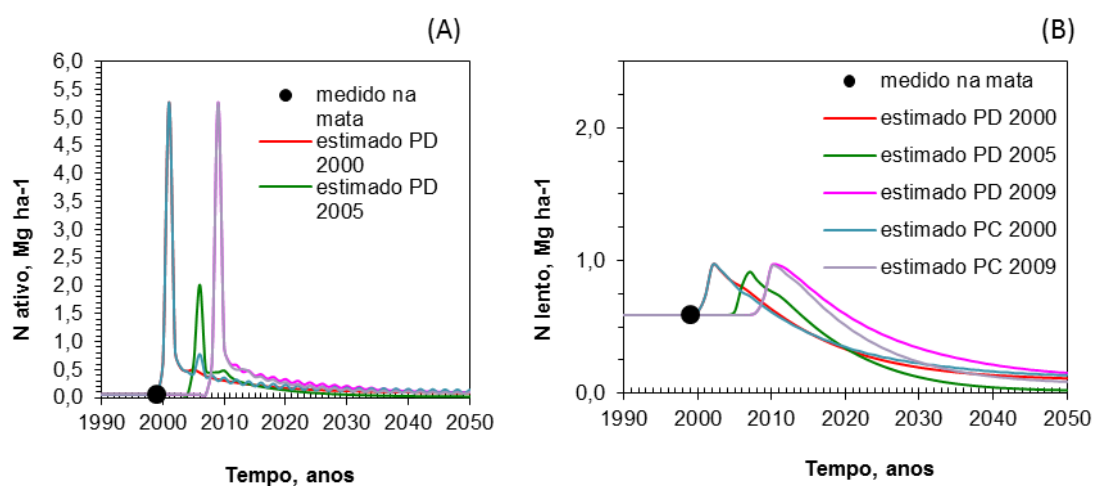


Figura 5 - Variação dos Est N medidos e simulados pelo modelo Century para os sistemas PD2000 (plantio direto 2000), PD2005 (plantio direto 2005), PD2009 (plantio direto 2009), PC2000 (plantio convencional 2000) e PC2009 (plantio convencional 2009), na bacia hidrográfica do Riacho Sangue, Uruçuí e Sebastião Leal, Piauí.



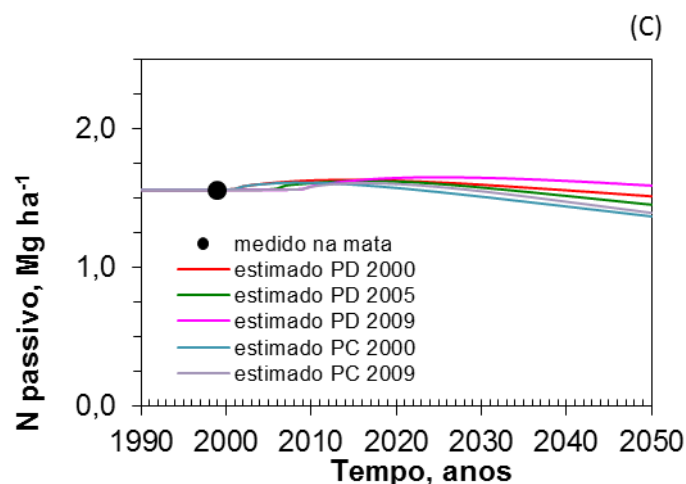


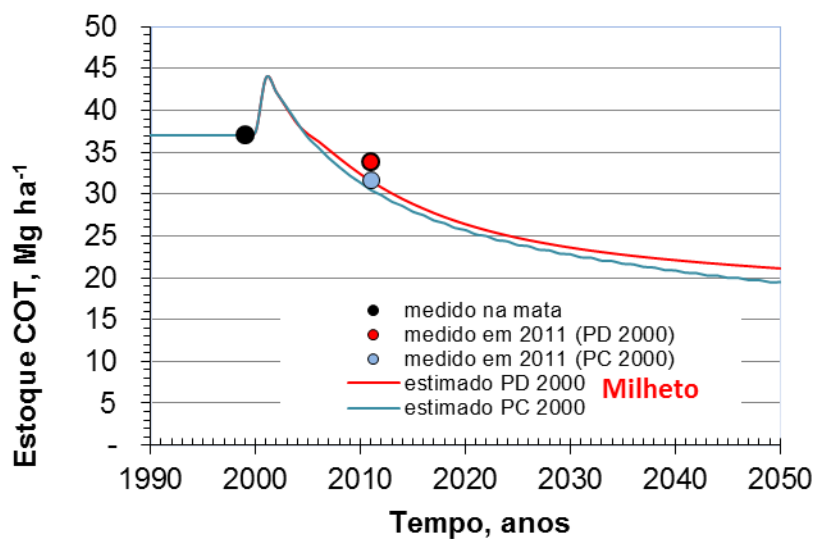
Figura 6 - Variação dos compartimentos ativo (N ativo), lento (N lento) e passivo (Npassivo) de Est N simulados pelo modelo Century para os sistemas PD2000 (plantio direto 2000), PD2005 (plantio direto 2005), PD2009 (plantio direto 2009), PC2000 (plantio convencional 2000) e PC2009 (plantio convencional 2009), na bacia hidrográfica do Riacho Sangue, Uruçuí e Sebastião Leal, Piauí.

Assim como os Est C, os Est N reduziram ao longo do tempo, chegando a perdas de $1,4 \text{ Mg.ha}^{-1}$ também no PC 2009 (Tabela 8). O PD 2000, sistema com rotação de culturas como arroz-soja-milho-milheto aliado a adubação, foi o que obteve menor perda de N ao longo dos anos. O aumento do suprimento de N associado com sistemas de culturas contendo leguminosas promovem o acúmulo do N no solo (Amado et al, 2001). No entanto, essas condições aumentam a preocupação com o manejo do N, não só no sentido deste ser instrumento para produtividade mais elevadas dos sistemas de culturas, mas especialmente com relação as perdas deste elemento para o ambiente, devido ao seu potencial poluidor, destacando-se a importância, neste caso, da manutenção de plantas sobre o solo reciclando e mantendo o N no sistema solo-planta ao longo do ano.

Tabela 8- Valores simulados para Est N para o Plantio Convencional 2000 e 2009 e Plantio Direto 2000, 2005 e 2009, na bacia hidrográfica do Riacho Sangue, Uruçuí e Sebastião Leal, Piauí.

SISTEMAS	SIMULADO (Mg.ha^{-1})	
	2011	2050
PC 2000	2,3	1,5
PC 2009	2,7	1,3
PD 2000	2,3	1,6
PD 2005	2,5	1,4
PD 2009 (t/ha)	2,7	1,7

No estudo dos cenários propostos para o futuro, para os Est C, pode-se observar que houve um decréscimo nos dois sistemas estudados (PD2000 e PC2000), quando houve substituição do milho pela braquiária (Figura 7). Isso deve-se provavelmente pela maior taxa de decomposição desta gramínea em áreas de cerrado. Resultados semelhantes foram observados por Cysne, et al (2012), Torres e Pereira (2008), que avaliaram a taxa de decomposição de resíduos vegetais. Os autores constataram que o milho foi o material mais persistente no solo, em relação à braquiária, com um percentual de perda de massa de 42% aos 98 dias. A persistência do milho pode ser atribuída à composição do material, que possui maiores teores de lignina e de celulose, compostos orgânicos de difícil decomposição o, com relação C/N de 43:1, tornando-o mais resistente à ação dos microrganismos (BOER et al., 2007)



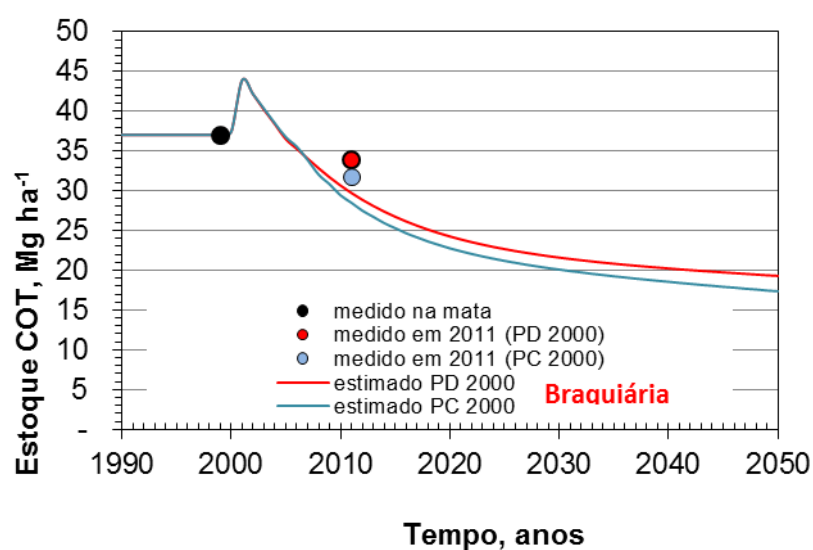


Figura 7. Variação dos Est C medidos e simulados para cenários atuais e futuros (substituição de milho por braquiária no ano de 2011 até 2050) na bacia hidrográfica do Riacho Sangue, Uruçuí e Sebastião Leal, Piauí.

Houve um acréscimo de Est N, principalmente no PD 2000, quando a braquiária foi inserida nos sistemas (Figura 8). Esses resultados corroboram com Leite et al, (2010), ao estudar a decomposição de resíduos vegetais, onde a braquiária foi o tratamento com maior quantidade de N total remanescente, seguido pelo consórcio braquiária + milho, milho e vegetação espontânea.

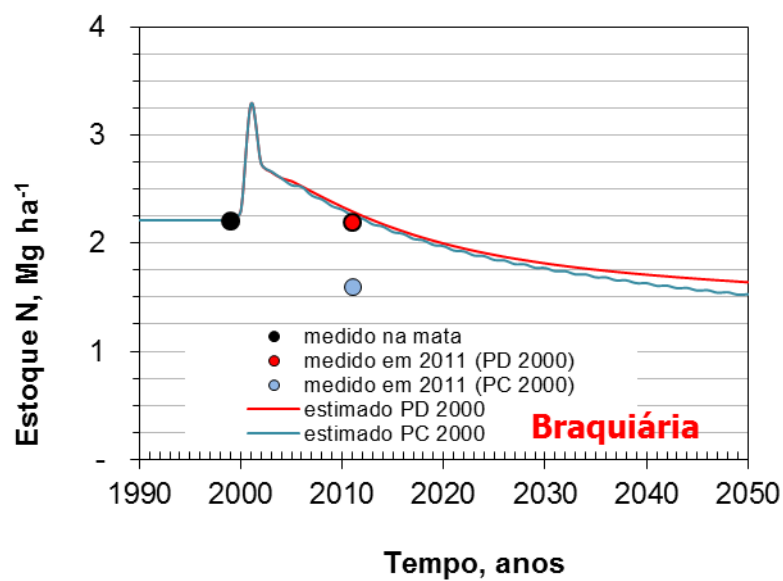
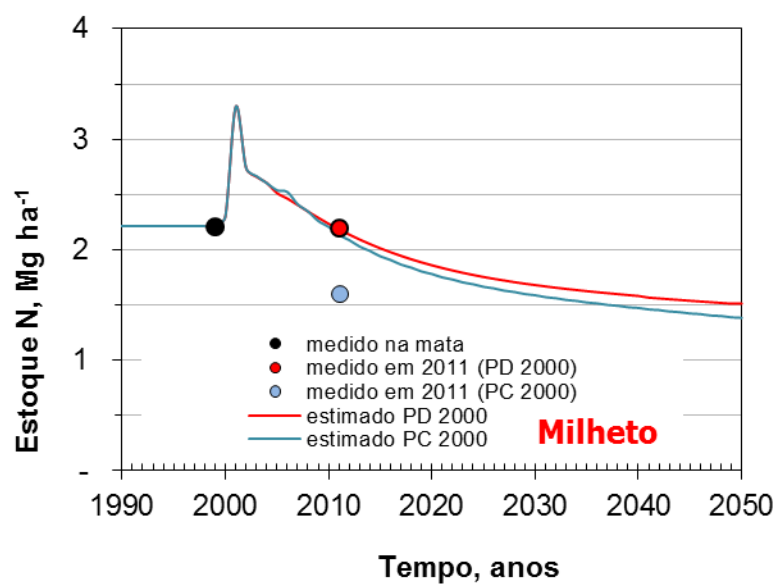


Figura 8. Variação dos Est N medidos e simulados para cenários atuais e futuros (substituição de milheto por braquiária no ano de 2011 até 2050) na bacia hidrográfica do Riacho Sangue, Uruçuí e Sebastião Leal, Piauí.

CONCLUSÕES

- A conversão do cerrado nativo para áreas agrícolas provocou uma queda inicial nos estoques de C e N, sendo os compartimentos mais lábeis (ativo e lento) mais sensíveis as alterações de manejo do que o mais estável (passivo).
- A cultura da soja incrementou maiores estoques de C e N aos sistemas nos primeiros anos de implementação.
- Os estoques simulados pelo Century refletiram os medidos, ou seja, o modelo tem validade, no entanto para o N, o modelo superestimou os estoques, não apresentando ajuste satisfatório como para o C, necessitando de melhorias.
- O PD 2000, foi o sistema que apresentou menores perdas de estoques de C e N do solo, apresentando maior potencial para manter ou recuperar esses estoques.
- O milheto é considerado um bom condicionante para recuperação dos estoques de C ao longo dos anos quando comparado a braquiária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-KAISI, M. M.; YIN, X. **Tillage and crop residue effects on soil carbon and carbon dioxide emission in corn-soybean rotations.** *J. Environ. Qual.*, Madison, v. 34, n. 2, p. 437-445, 2005.
- BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. & DIEKOW, J. **Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till.** *Soil Tillage Res.*, 86:237-24, 2006.
- BERNOUX, M., C.C. CERRI; C.E.P. CERRI, M. SIQUEIRA N, A. METAY, A.S. PERRIN, E; SCOPEL, T; RAZAFIMBELO, D; BLAVET, M.C; PICCOLO, M; PAVEL, and E. Milne. **Cropping systems, carbon sequestration and erosion in Brazil.** *Agron. Sustain. Dev.* 26:1-8. 2006.
- BOER, C. A. *et al.* **Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, n. 09, p. 1269-1276, 2007.
- 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 o modelo Century.** *R. Bras. Ci. Solo*, 33:1635- 1646, 2009.
- BORTOLON, E.S.O; MIELNICZUK, J; TORNQUIST, C.G; LOPES, F ; BERGAMASCHI, H. **Validation of the Century model to estimate the impact of agriculture on soil organic carbon in Southern Brazil.** *Geoderma*, p. 156-166, 2011.
- CAMBARDELLA, C.A; ELLIOT, E.T. **Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence.** *Soil Science Society of America Journal*, v.56, p.77-783, 1992.
- CERRI, C.E.P.; COLEMAN, K.; JENKINSON, D.S.; BERNHARDT, M.; VICTORIA, R. & CERRI, C.C. **Modeling soil carbon from forest and pasture ecosystem of Amazon, Brazil.** *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 67:1879-1887, 2003.
- CERRI, C.E.P.; PAUSTIAN, K.; BERNHARDT, M.; VICTORIA, R.L.; MELILLO, J.M. & CERRI, C.C. **Modeling changes in soil organic matter in Amazon forest to pasture conversion with the Century model.** *Global Change Biol.*, 10:815-832, 2004.
- CYSNE, J.R.B; PINTO, C.M; PINTO, O.R.O; PINTOMBEIRA, J.B. **Influência da cobertura morta na produtividade de milho e feijão caupi em sistema plantio direto.** *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*. V.2,n.2.,p92-102, Dezembro,2012.

DEL GROSSO, S.J., PARTON, W.J., MOSIER, A.R., HARTMAN, J., BRENNER, D.S., OJIMA, D.S., SCHIMEL, D.S. **Simulated interaction of soil carbon dynamics and nitrogen trace gas fluxes using the DAYCENT model**. In: Shaffer, M.J., MA, L., Hansen, S. (Eds.), Modeling Carbon and Nitrogen Dynamics for Soil Management. Lewis Publishers, Boca Raton, FL, pp. 303– 332. 2001

DERPSCH, R.; BENITES, J.R. Situation of conservation agriculture in the world. In: WORLD CONGRESS ON CONSERVATION AGRICULTURE. Foz do Iguaçu. **Anais**. Ponta Grossa: FEBRAPDP. p.67-70. 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. Servico Nacional de Levantamento e Conservacao do Solo. **Manual de metodos de analise do solo**. 2nd ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

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

GREGORICH, E.G; BEARE, M.H; MCKIM, U.F; SKJEMTAD, JO. **Chemical and biological characteristics of physically uncomplexed organic matter**. Soil Sci.. Soe. Sou. J. 70:975-985, 2006.

GOMES, A.G. & VARRIALE, M.C. **Modelagem de ecossistemas: Uma introdução**. 2.ed. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2004. 503p.

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 soy bean-based crop rotation in the Brazilian Cerrado region**. Soil & Tillage Research, Amsterdam, v. 95, n. 2, p. 97-109, 2007.

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. P. B. **Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho distroférico**. Pesquisa Agropecuária Tropical, v.36, n.1, p.21- 28, 2006.

LAL, R. **Soil carbon sequestration to mitigate climate Changes**. Geoderma, Amsterdam, v. 123, n. 2, p.1-12, 2004.

LEAL, M.A.A. **Proposta de modelo de simulação no estudo da dinâmica da matéria orgânica do solo**. Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1996. 111p. (Tese de Mestrado)

LEITE, L. F. C; GALVÃO S. R. S.; NETO M. R. H; ARAÚJO, F.S; IWATA, B. F. **Atributos químicos e estoques de carbono em Latossolo sob plantio direto no cerrado do Piauí**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.14, n.12, p.1273–1280, 2010.

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

LOPES, F.; MERTEN, G.H.; MIELNICZUK, J.; TORNQUIST, C.G. & OLIVEIRA, E.S. **Simulação da dinâmica do carbono do solo numa microbacia rural pelo modelo Century.** Pesq. Agropec. Bras., 43:745-753, 2008.

METHERELL, A.K., HARDING, C.V., COLE, C.V., PARTON, W.J. **Century soil organic matter model environment. Technical Documentation Agroecosystems Version 4.0.** Great Plains System Research Report 4 USDA-ARS. Colorado State University, Fort Collins, CO. 1993.

MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F.M.; LOVATO, T.; FERNANDES, F.F. & DEBARBA, L. **Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono**

e nitrogênio do solo. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S. & ALVAREZ V., V.H., eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo v.3. p.209-241, , 2003.

MIELNICZUK, J. **Importância do estudo de raízes no desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis.** In: Workshop sobre Sistema Radicular: metodologias e estudo de caso, 1999, Aracaju. Anais. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. p.13-17, 1999.

PAUSTIAN, K., O; ANDRÉN, H; JANZEN, R; LAL, P; SMITH, G; TIAN, H. TIESEN, Hoordwijk, M,V. **Agricultural soil as a C sink to offset CO₂ emissions.** **Soil Use Manage.** 13:230-244, 1997

PAUSTIAN, K.; ELLIOTT, E.T.; CARTER, M.R. **Tillage and crop management impacts on soil C storage: use of long-term experimental data.** Soil & Tillage Research, v. 47, n.3-4, p.R7-R12, 1998.

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

ROMANYÁ, J., CORTINA, J., FALLON, P., COLEMAN, K., SMITH, P., **Modeling changes in soil organic matter after planting fastgrowing Pinus radiata on Mediterranean agricultural soils.** Eur. J. Soil Sci. 51, 627– 641. 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 Science Society of America Journal, Madison, v. 65, n. 5, p. 1486-1499, 2001.

SÉGUY, L., S; BOUZINAC; Husson, O. **Direct-Seeded tropical soil systems with permanent soil cover: learning from Brazilian experience.** In N. Uphoff et al., (eds) *Biological approaches to sustainable soil systems*. Taylor and Francis Group, CRC Press Publ., Boca Raton, FL. p.323-342, 2006.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions.** New York: J. Wiley, 1994. 496p.

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.** *Pesqui. Agropecu. Bras.* 25, 389– 399. 2000.

SMITH, P; SMITH,J.U; POWLSON,D.S; MCGILL,W.B;ARAH,JRM; CHERTOV,O.G; COLEMAN,K; FRANKO, U; FROLKING,S; JENKINSON, D.S; JENSEN, L.S; KELLY,R.H; KLEIN GUNNEWIEK,H; KOMAROV,A.S; LI, C; MOLINA,J.A.E; MULLER, T; PARTON, W.J; THORNLEY, J.H.M; WHITMORE,A. **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.

SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. V. G. A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; ANDRIGUETI, M.; CAO, E. **Estoque 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*, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1829-1836, 2009.

TORNQUIST, C.G.; GASSMAN, P.W.; MIELNICZUK, J.; GIASSEN, E. & CAMPBELL, T. **Spatially explicit simulations of soil C dynamics in Southern Brazil:**

Integrating Century and GIS with i-Century. *Geoderma*, 150:404-414, 2009.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1609-1618, 2008.

TORNQUIST , C.G. **Simulação da dinâmica do carbono orgânico do solo em escala regional: aplicação do modelo Century e sistemas de informações geográficas.** Porto Alegre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2007. 156p. (Tese Doutorado)

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

APÊNDICES

Apêndice 1. Parâmetros do arquivo SITE.100 do modelo Century 4.0 utilizados nas simulações padrão e com modificações com base em dados reais de clima e solo da área em estudo.

*** Climate parameters

16.4	'PRECIP(1)'	0	'PRCSTD(12)'
14.8	'PRECIP(2)'	0	'PRCSKW(1)'
17.9	'PRECIP(3)'	0	'PRCSKW(2)'
13.8	'PRECIP(4)'	0	'PRCSKW(3)'
3.5	'PRECIP(5)'	0	'PRCSKW(4)'
0.2	'PRECIP(6)'	0	'PRCSKW(5)'
0	'PRECIP(7)'	0	'PRCSKW(6)'
0.1	'PRECIP(8)'	0	'PRCSKW(7)'
0.6	'PRECIP(9)'	0	'PRCSKW(8)'
4.8	'PRECIP(10)'	0	'PRCSKW(9)'
8.1	'PRECIP(11)'	0	'PRCSKW(10)'
13.1	'PRECIP(12)'	0	'PRCSKW(11)'
0	'PRCSTD(1)'	0	'PRCSKW(12)'
0	'PRCSTD(2)'	21.6	'TMN2M(1)'
0	'PRCSTD(3)'	21.5	'TMN2M(2)'
0	'PRCSTD(4)'	21.6	'TMN2M(3)'
0	'PRCSTD(5)'	21.3	'TMN2M(4)'
0	'PRCSTD(6)'	20.7	'TMN2M(5)'
0	'PRCSTD(7)'	19	'TMN2M(6)'
0	'PRCSTD(8)'	18.7	'TMN2M(7)'
0	'PRCSTD(9)'	20	'TMN2M(8)'
0	'PRCSTD(10)'	21.9	'TMN2M(9)'
0	'PRCSTD(11)'	23.1	'TMN2M(10)'

22.6	'TMN2M(11)'	0.10	'AWILT(1)'
21.6	'TMN2M(12)'	0.10	'AWILT(2)'
32.9	'TMX2M(1)'	0.10	'AWILT(3)'
31.9	'TMX2M(2)'	0.10	'AWILT(4)'
32.1	'TMX2M(3)'	0.10	'AWILT(5)'
32.4	'TMX2M(4)'	0.10	'AWILT(6)'
33.6	'TMX2M(5)'	0.10	'AWILT(7)'
34	'TMX2M(6)'	0.10	'AWILT(8)'
34.7	'TMX2M(7)'	0.10	'AWILT(9)'
35.9	'TMX2M(8)'	0.10	'AWILT(10)'
37.4	'TMX2M(9)'	0.23	'AFIEL(1)'
37	'TMX2M(10)'	0.23	'AFIEL(2)'
35.2	'TMX2M(11)'	0.23	'AFIEL(3)'
33.4	'TMX2M(12)'	0.23	'AFIEL(4)'
*** Site and control parameters		0.23	'AFIEL(5)'
0	'IVAUTO'	0.23	'AFIEL(6)'
1	'NELEM'	0.23	'AFIEL(7)'
7.46	'SITLAT'	0.23	'AFIEL(8)'
44.4	'SITLNG'	0.23	'AFIEL(9)'
0.56	'SAND'	0.23	'AFIEL(10)'
0.15	'SILT'	5.5	'PH'
0.28	'CLAY'	0.9	'PSLSRB'
1.13	'BULKD'	18	'SORPMX'
3	'NLAYER'	*** External nutrient input parameters	
3	'NLAYPG'	0.21	'EPNFA(1)'
1	'DRAIN'	0	'EPNFA(2)'
0.3	'BASEF'	-0.92	'EPNFS(1)'
0.6	'STORMF'	0.03	'EPNFS(2)'
0	'SWFLAG'	0	'SATMOS(1)'

0	'SATMOS(2)'	0	'RCELIT(1,3)'
0	'SIRRI'	66	'RCELIT(2,1)'
*** Organic matter initial values		0	'RCELIT(2,2)'
50	'SOM1CI(1,1)'	0	'RCELIT(2,3)'
0.1	'SOM1CI(1,2)'	21	'AGLCIS(1)'
27.4	'SOM1CI(2,1)'	0	'AGLCIS(2)'
0.1	'SOM1CI(2,2)'	0.44	'AGLIVE(1)'
108	'SOM2CI(1)'	0	'AGLIVE(2)'
0.1	'SOM2CI(2)'	0	'AGLIVE(3)'
1370	'SOM3CI(1)'	370	'BGLCIS(1)'
0.1	'SOM3CI(2)'	0	'BGLCIS(2)'
16	'RCES1(1,1)'	6.5	'BGLIVE(1)'
0	'RCES1(1,2)'	0	'BGLIVE(2)'
0	'RCES1(1,3)'	0	'BGLIVE(3)'
10	'RCES1(2,1)'	17	'STDCIS(1)'
0	'RCES1(2,2)'	0	'STDCIS(2)'
0	'RCES1(2,3)'	0.29	'STDEDE(1)'
17	'RCES2(1)'	0	'STDEDE(2)'
0	'RCES2(2)'	0	'STDEDE(3)'
0	'RCES2(3)'	*** Forest organic matter initial parameters	
7	'RCES3(1)'	0.00000	'RLVCIS(1)'
0	'RCES3(2)'	0.00000	'RLVCIS(2)'
0	'RCES3(3)'	0.00000	'RLEAVE(1)'
64	'CLITTR(1,1)'	0.00000	'RLEAVE(2)'
0	'CLITTR(1,2)'	0.00000	'RLEAVE(3)'
330	'CLITTR(2,1)'	0.00000	'FBRCIS(1)'
0	'CLITTR(2,2)'	0.00000	'FBRCIS(2)'
66	'RCELIT(1,1)'	0.00000	'FBRCHE(1)'
0	'RCELIT(1,2)'		

0.00000	'FBRCHE(2)'	0	'MINERL(3,1)'
0.00000	'FBRCHE(3)'	0	'MINERL(4,1)'
0.00000	'RLWCIS(1)'	0	'MINERL(5,1)'
0.00000	'RLWCIS(2)'	0	'MINERL(6,1)'
0.50000	'RLWODE(1)'	0	'MINERL(7,1)'
0.00000	'RLWODE(2)'	0	'MINERL(8,1)'
0.00000	'RLWODE(3)'	0	'MINERL(9,1)'
0.00000	'FRTCIS(1)'	0	'MINERL(10,1)'
0.00000	'FRTCIS(2)'	0.5	'MINERL(1,2)'
0.00000	'FROOTE(1)'	0.00000	'MINERL(2,2)'
0.00000	'FROOTE(2)'	0.00000	'MINERL(3,2)'
0.00000	'FROOTE(3)'	0.00000	'MINERL(4,2)'
0.00000	'CRTCIS(1)'	0.00000	'MINERL(5,2)'
0.00000	'CRTCIS(2)'	0.00000	'MINERL(6,2)'
0.00000	'CROOTE(1)'	0.00000	'MINERL(7,2)'
0.00000	'CROOTE(2)'	0.00000	'MINERL(8,2)'
0.00000	'CROOTE(3)'	0.00000	'MINERL(9,2)'
0.00000	'WD1CIS(1)'	0.00000	'MINERL(10,2)'
0.00000	'WD1CIS(2)'	0.5	'MINERL(1,3)'
0.00000	'WD2CIS(1)'	0.00000	'MINERL(2,3)'
0.00000	'WD2CIS(2)'	0.00000	'MINERL(3,3)'
0.00000	'WD3CIS(1)'	0.00000	'MINERL(4,3)'
0.00000	'WD3CIS(2)'	0.00000	'MINERL(5,3)'
0.30000	'W1LIG'	0.00000	'MINERL(6,3)'
0.30000	'W2LIG'	0.00000	'MINERL(7,3)'
0.30000	'W3LIG'	0.00000	'MINERL(8,3)'
*** Mineral initial parameters		0.00000	'MINERL(9,3)'
0.25	'MINERL(1,1)'	0.00000	'MINERL(10,3)'
0	'MINERL(2,1)'	0.00000	'PARENT(1)'

0	'PARENT(2)'
0	'PARENT(3)'
0	'SECNDY(1)'
0	'SECNDY(2)'
0	'SECNDY(3)'
0	'OCCLUD'

*** Water initial parameters

0.00000	'RWCF(1)'
0.00000	'RWCF(2)'
0.00000	'RWCF(3)'
0.00000	'RWCF(4)'
0.00000	'RWCF(5)'
0.00000	'RWCF(6)'
0.00000	'RWCF(7)'
0.00000	'RWCF(8)'
0.00000	'RWCF(9)'
0.00000	'RWCF(10)'
0.00000	'SNLQ'
0.00000	'SNOW'

Apêndice 2. Organização do arquivo PC 2000.sch formando o cenário de manejo utilizado pelo modelo Century 4.0 nas simulações padrão e com modificações.

0 Starting year
 3050 Last year
 urucui.100 Site file name
 0 Labeling type
 0 Labeling year
 -1 Microcosm
 -1 CO2 Systems
 2 Initial system
 E Initial crop
 CER2 Initial tree

Year Month Option

1 Block # Cerrado nativo até 1999
 2999 Last year
 1 Repeats # years
 0 Output starting year
 1 Output month
 200.00000 Output interval
 M Weather choice
 01 01 TFST
 01 01 TREE CER2
 01 12 TLST
 -999 -999 X
 2 Block # REMOÇÃO DA FLORESTA - CORTE E QUEIMA
 3000 Last year
 1 Repeats # years
 3000 Output starting year

1 Output month
 0.08300 Output interval
 M Weather choice
 01 01 TFST
 01 01 TREE CER2
 01 03 TREM CLEAR
 01 06 TREM BURN
 -999 -999 X
 3 Block # PC arroz/pousio
 3002 Last year
 2 Repeats # years
 3001 Output starting year
 1 Output month
 0.08300 Output interval
 M Weather choice
 01 06 CROP E
 01 06 FRST
 01 08 LAST
 01 09 CULT ARAR3
 01 10 CULT GRAD2
 01 11 CULT PC
 01 12 EROD 0.6
 02 02 CROP RICE
 02 02 PLTM
 02 02 FRST
 02 05 LAST
 02 05 HARV ARROZ
 02 06 CROP E
 02 06 FRST

02 08 LAST

02 09 CULT ARAR3

02 10 CULT GRAD2

02 11 CULT PC

02 12 EROD 0.6

-999 -999 X

4 Block # PC 2X SOJA/POUSIO

3005 Last year

2 Repeats # years

3003 Output starting year

1 Output month

0.08300 Output interval

M Weather choice

01 02 LAST

01 03 HARV G

01 04 CROP E

01 04 FRST

01 09 LAST

01 09 CULT ARAR3

01 10 CULT GRAD2

01 10 CULT PC

01 11 CROP S1

01 11 PLTM

01 11 FRST

01 12 EROD 0.6

02 02 LAST

02 03 HARV G

02 04 CROP E

02 04 FRST

02 08 CULT PC

02 09 CULT ARAR3

02 10 CULT GRAD2

02 11 CROP S1

02 11 PLTM

02 11 FRST

02 11 FERT N3

02 12 EROD 0.6

-999 -999 X

5 Block # PC 1X ARROZ/POUSIO 1X SOJA/MILHETO

3011 Last year

2 Repeats # years

3005 Output starting year

1 Output month

0.08300 Output interval

M Weather choice

01 01 CULT PC

01 02 CULT ARAR3

01 03 CROP RICE

01 03 PLTM

01 03 FRST

01 06 LAST

01 06 HARV ARROZ

01 07 CROP E

01 07 FRST

01 09 LAST

01 10 CULT ARAR3

01 11 CULT GRAD2

01 11 CROP S2

01 11 PLTM

01 11 FRST

01 11 FERT N3

01 12 EROD 0.6

02 02 LAST

02 02 HARV G

02 03 CULT GRAD2

02 04 CROP MLTO

02 04 FRST

02 04 PLTM

02 09 LAST

02 10 CROP E

02 10 FRST

02 12 LAST

02 12 EROD 0.6

-999 -999 X

6 Block # PC 1X ARROZ/POUSIO 1X SOJA/MILHETO (FUTURO 2012-2050)

3050 Last year

2 Repeats # years

3012 Output starting year

1 Output month

0.08300 Output interval

M Weather choice

01 01 CULT PC

01 02 CULT ARAR3

01 03 CROP RICE

01 03 PLTM

01 03 FRST
 01 06 LAST
 01 06 HARV ARROZ
 01 07 CROP E
 01 07 FRST
 01 09 LAST
 01 10 CULT ARAR3
 01 11 CULT GRAD2
 01 11 CROP S2
 01 11 PLTM
 01 11 FRST
 01 11 FERT N3
 01 12 EROD 0.6
 02 02 LAST
 02 02 HARV G
 02 03 CULT GRAD2
 02 04 CROP MLTO
 02 04 FRST
 02 04 PLTM
 02 09 LAST
 02 10 CROP E
 02 10 FRST
 02 12 LAST
 02 12 EROD 0.6
 -999 -999 X

Apêndice 3. Organização do arquivo PC 2009.sch formando o cenário de manejo utilizado pelo modelo Century 4.0 nas simulações padrão e com modificações.

7 Starting year
 3050 Last year

urucui.100 Site file name

0 Labeling type

0 Labeling year

-1 Microcosm

-1 CO2 Systems

2 Initial system

E Initial crop

CER2 Initial tree

Year Month Option

1 Block # Cerrado nativo até 1999

3007 Last year

1 Repeats # years

7 Output starting year

1 Output month

200.00000 Output interval

M Weather choice

01 01 TFST

01 01 TREE CER2

01 12 TLST

-999 -999 X

2 Block # REMOÇÃO DA FLORESTA - CORTE E QUEIMA

3008 Last year

1 Repeats # years

3008 Output starting year

1 Output month

0.08300 Output interval

M Weather choice

01 01 TFST

01 01 TREE CER2
 01 03 TREM CLEAR
 01 06 TREM BURN
 -999 -999 X
 3 Block # PC arroz/pousio
 3002 Last year
 2 Repeats # years
 3001 Output starting year
 1 Output month
 0.08300 Output interval
 M Weather choice
 01 06 CROP E
 01 06 FRST
 01 08 LAST
 01 09 CULT ARAR3
 01 10 CULT GRAD2
 01 11 CULT PC
 01 12 EROD 0.6
 02 02 CROP RICE
 02 02 PLTM
 02 02 FRST
 02 05 LAST
 02 05 HARV ARROZ
 02 06 CROP E
 02 06 FRST
 02 08 LAST
 02 09 CULT ARAR3
 02 10 CULT GRAD2
 02 11 CULT PC

02 12 EROD 0.6
 -999 -999 X
 4 Block # PC 2X SOJA/POUSIO
 3011 Last year
 2 Repeats # years
 3010 Output starting year
 1 Output month
 0.08300 Output interval
 M Weather choice
 01 02 LAST
 01 03 HARV G
 01 04 CROP E
 01 04 FRST
 01 09 LAST
 01 09 CULT ARAR3
 01 10 CULT GRAD2
 01 10 CULT PC
 01 11 CROP S1
 01 11 PLTM
 01 11 FRST
 01 12 EROD 0.6
 02 02 LAST
 02 03 HARV G
 02 04 CROP E
 02 04 FRST
 02 08 CULT PC
 02 09 CULT ARAR3
 02 10 CULT GRAD2
 02 11 CROP S1

02 11 PLTM
 02 11 FRST
 02 11 FERT N3
 02 12 EROD 0.6
 -999 -999 X
 5 Block # PC 2X SOJA/POUSIO futuro 2012-2050
 3050 Last year
 2 Repeats # years
 3012 Output starting year
 1 Output month
 0.08300 Output interval
 M Weather choice
 01 02 LAST
 01 03 HARV G
 01 04 CROP E
 01 04 FRST
 01 09 LAST
 01 09 CULT ARAR3
 01 10 CULT GRAD2
 01 10 CULT PC
 01 11 CROP S2
 01 11 PLTM
 01 11 FRST
 01 12 EROD 0.6
 02 02 LAST
 02 03 HARV G
 02 04 CROP E
 02 04 FRST
 02 08 CULT PC

02 09 CULT ARAR3

02 10 CULT GRAD2

02 11 CROP S2

02 11 PLTM

02 11 FRST

02 11 FERT N3

02 12 EROD 0.6

-999 -999 X

Apêndice 4. Organização do arquivo PD 2000.sch formando o cenário de manejo utilizado pelo modelo Century 4.0 nas simulações padrão e com modificações.

0	Starting year	M	Weather choice
3050	Last year	01 01	TFST
urucui.100	Site file name	01 01	TREE CER2
0	Labeling type	01 12	TLST
0	Labeling year	-999 -999	X
-1	Microcosm	2	Block # REMOÇÃO DA FLORESTA - CORTE E QUEIMA
-1	CO2 Systems		
2	Initial system	3000	Last year
E	Initial crop	1	Repeats # years
CER2	Initial tree	3000	Output starting year
		1	Output month
		0.08300	Output interval
Year Month Option		M	Weather choice
1	Block # Cerrado nativo até 1999	01 01	TFST
2999	Last year	01 01	TREE CER2
1	Repeats # years	01 03	TREM CLEAR
0	Output starting year	01 06	TREM BURN
1	Output month	-999 -999	X
200.00000	Output interval		

3 Block # CULTIVO COM 1X
ARROZ/ POUSIO PC

3002 Last year

2 Repeats # years

3001 Output starting year

1 Output month

0.08300 Output interval

M Weather choice

01 06 CROP E

01 06 FRST

01 08 LAST

01 09 CULT ARAR3

01 10 CULT GRAD2

01 11 CULT PC

01 12 EROD 0.6

02 02 CROP RICE

02 02 PLTM

02 02 FRST

02 05 LAST

02 05 HARV ARROZ

02 06 CROP E

02 06 FRST

02 08 LAST

02 09 CULT ARAR3

02 10 CULT GRAD2

02 11 CULT PC

02 12 EROD 0.6

-999 -999 X

4 Block # CULTIVO COM 1X
SOJA/POUSIO PC

3004 Last year

2 Repeats # years

3003 Output starting year

1 Output month

0.08300 Output interval

M Weather choice

01 03 LAST

01 03 HARV G

01 04 CROP E

01 04 FRST

01 09 LAST

01 09 CULT ARAR3

01 10 CULT GRAD2

01 11 CULT PC

01 12 CROP S1

01 12 PLTM

01 12 FRST

01 12 FERT N3

01 12 EROD 0.6

02 03 LAST

02 03 HARV G

02 04 CROP E

02 04 FRST

02 09 LAST

02 09 CULT ARAR3

02 10 CULT GRAD2

02 11 CULT PC

02 12 CROP S1

02 12 PLTM

02 12 FRST	3011	Output starting year
02 12 FERT N3	1	Output month
02 12 EROD 0.6	0.08300	Output interval
-999 -999 X	M	Weather choice
5 Block # PD	01 03 LAST	
SOJA/MILHETO	01 03 HARV G	
3011 Last year	01 04 CROP MLTO	
1 Repeats # years	01 04 FRST	
3005 Output starting year	01 09 LAST	
1 Output month	01 09 CULT HERB	
0.08300 Output interval	01 10 CULT ROLO	
M Weather choice	01 11 CULT PD	
01 03 LAST	01 12 CROP S2	
01 03 HARV G	01 12 PLTM	
01 04 CROP MLTO	01 12 FRST	
01 04 FRST	01 12 FERT N3	
01 09 LAST	01 12 EROD 0.03	
01 09 CULT HERB	-999 -999 X	
01 10 CULT ROLO		
01 11 CULT PD		
01 12 CROP S2		
01 12 PLTM		
01 12 FRST		
01 12 FERT N3		
01 12 EROD 0.03		
-999 -999 X		
6 Block # PD		
SOJA/MILHETO futuro (2011-2050)		
3050 Last year		
1 Repeats # years		

Apêndice 5. Organização do arquivo PD 2005.sch formando o cenário de manejo utilizado pelo modelo Century 4.0 nas simulações padrão e com modificações.

4 Starting year
3050 Last year
urucui.100 Site file name
0 Labeling type
0 Labeling year
-1 Microcosm
-1 CO2 Systems
2 Initial system
E Initial crop
CER2 Initial tree

Year Month Option

1 Block # Cerrado nativo até 1999

3004 Last year

1 Repeats # years

4 Output starting year

1 Output month

200.00000 Output interval

M Weather choice

01 01 TFST

01 01 TREE CER2

01 12 TLST

-999 -999 X

2 Block # REMOÇÃO DA FLORESTA - CORTE E QUEIMA

3005 Last year

1 Repeats # years

3005 Output starting year

1 Output month

0.08300 Output interval
 M Weather choice
 01 01 TFST
 01 01 TREE CER2
 01 03 TREM CLEAR
 01 06 TREM BURN
 -999 -999 X
 3 Block # CULTIVO COM 1X ARROZ/ POUSIO PC
 3007 Last year
 2 Repeats # years
 3006 Output starting year
 1 Output month
 0.08300 Output interval
 M Weather choice
 01 06 CROP E
 01 06 FRST
 01 08 LAST
 01 09 CULT ARAR3
 01 10 CULT GRAD2
 01 11 CULT PC
 01 12 CULT A
 01 12 EROD 0.6
 02 02 CROP RICE
 02 02 PLTM
 02 02 FRST
 02 05 LAST
 02 05 HARV ARROZ
 02 06 CROP E
 02 06 FRST

02 08 LAST

02 09 CULT ARAR3

02 10 CULT GRAD2

02 11 CULT PC

02 12 CULT A

02 12 EROD 0.6

-999 -999 X

4 Block # CULTIVO COM 2X SOJA/POUSIO PC/ MILHO SAFRINHA

3009 Last year

2 Repeats # years

3008 Output starting year

1 Output month

0.08300 Output interval

M Weather choice

01 02 LAST

01 03 HARV G

01 04 CROP E

01 04 FRST

01 09 LAST

01 09 CULT ARAR3

01 10 CULT GRAD2

01 10 CULT PC

01 11 CROP S1

01 11 PLTM

01 11 FRST

01 12 EROD 0.6

02 02 LAST

02 03 HARV G

02 04 CROP M3

02 04 FRST
 02 04 PLTM
 02 04 FERT N3
 02 05 FERT N8.5
 02 07 LAST
 02 07 HARV G
 02 08 CULT ARAR3
 02 09 CULT GRAD2
 02 09 CULT PC
 02 11 CROP S1
 02 11 PLTM
 02 11 FRST
 02 12 EROD 0.6
 -999 -999 X
 5 Block # PD 1X SOJA/ MILHETO
 3010 Last year
 1 Repeats # years
 3010 Output starting year
 1 Output month
 0.08300 Output interval
 M Weather choice
 01 03 LAST
 01 03 HARV G
 01 04 CROP MLTO
 01 04 FRST
 01 09 LAST
 01 09 CULT HERB
 01 10 CULT ROLO
 01 11 CULT PD

01 12 CROP S2

01 12 PLTM

01 12 FRST

01 12 EROD 0.03

-999 -999 X

6 Block # PD SOJA/FEIJÃO

3011 Last year

1 Repeats # years

3011 Output starting year

1 Output month

0.08300 Output interval

M Weather choice

01 03 LAST

01 03 HARV G

01 04 CROP F3

01 04 PLTM

01 04 FRST

01 07 LAST

01 07 HARV G

01 12 CULT PD

01 12 CROP S2

01 12 PLTM

01 12 FRST

01 12 EROD 0.03

-999 -999 X

7 Block # PD SOJA/FEIJÃO futuro (2012-2050)

3050 Last year

1 Repeats # years

3012 Output starting year

1 Output month
0.08300 Output interval
M Weather choice
01 03 LAST
01 03 HARV G
01 04 CROP F3
01 04 PLTM
01 04 FRST
01 07 LAST
01 07 HARV G
01 12 CULT PD
01 12 CROP S2
01 12 PLTM
01 12 FRST
01 12 EROD 0.03

Apêndice 6. Organização do arquivo PD 2009.sch formando o cenário de manejo utilizado pelo modelo Century 4.0 nas simulações padrão e com modificações.

7 **Starting year**
3050 Last year
urucui.100 Site file name
0 Labeling type
0 Labeling year
-1 Microcosm
-1 CO2 Systems
2 Initial system
E Initial crop
CER2 Initial tree

Year Month Option

1 Block # Cerrado nativo até 1999

3007 Last year

1 Repeats # years

7 Output starting year

1 Output month

200.00000 Output interval

M Weather choice

01 01 TFST

01 01 TREE CER2

01 12 TLST

-999 -999 X

2 Block # REMOÇÃO DA FLORESTA - CORTE E QUEIMA

3008 Last year

1 Repeats # years

3008 Output starting year

1 Output month

0.08300 Output interval

M Weather choice

01 01 TFST

01 01 TREE CER2

01 03 TREM CLEAR

01 06 TREM BURN

-999 -999 X

3 Block # PC arroz/pousio

3009 Last year

2 Repeats # years

3008 Output starting year

1 Output month

0.08300 Output interval

M Weather choice

01 06 CROP E

01 06 FRST

01 08 LAST

01 09 CULT ARAR3

01 10 CULT GRAD2

01 11 CULT PC

01 12 EROD 0.6

02 02 CROP RICE

02 02 PLTM

02 02 FRST

02 05 LAST

02 05 HARV ARROZ

02 06 CROP E

02 06 FRST

02 08 LAST

02 09 CULT ARAR3

02 10 CULT GRAD2

02 11 CULT PC

02 12 EROD 0.6

-999 -999 X

4 Block # PD SOJA/ MILHO SAFRINHA/ MILHETO

3011 Last year

2 Repeats # years

3010 Output starting year

1 Output month

0.08300 Output interval

M Weather choice

01 02 LAST

01 03 HARV G
01 04 CROP MLTO
01 04 FRST
01 04 PLTM
01 09 LAST
01 09 CULT HERB
01 10 CULT ROLO
01 11 CULT PD
01 11 CROP S1
01 11 PLTM
01 11 FRST
01 12 EROD 0.03
02 02 LAST
02 03 HARV G
02 04 CULT PD
02 04 CROP M3
02 04 FRST
02 04 PLTM
02 04 FERT N2
02 05 FERT N6
02 07 LAST
02 07 HARV G
02 08 CULT PD
02 11 CROP S1
02 11 PLTM
02 11 FRST
02 12 EROD 0.03
-999 -999 X

5 Block # PD SOJA/ MILHO SAFRINHA/ MILHETO (FUTURO 2012-2050)

3050	Last year
2	Repeats # years
3012	Output starting year
1	Output month
0.08300	Output interval
M	Weather choice
01 02	LAST
01 03	HARV G
01 04	CROP MLTO
01 04	FRST
01 04	PLTM
01 09	LAST
01 09	CULT HERB
01 10	CULT ROLO
01 11	CULT PD
01 11	CROP S1
01 11	PLTM
01 11	FRST
01 12	EROD 0.03
02 02	LAST
02 03	HARV G
02 04	CULT PD
02 04	CROP M3
02 04	FRST
02 04	PLTM
02 04	FERT N2
02 05	FERT N6
02 07	LAST
02 07	HARV G

02 08 CULT PD

02 11 CROP S1

02 11 PLTM

02 11 FRST

02 12 EROD 0.03

-999 -999 X