



ESTOQUES DE CARBONO E DE NITROGÊNIO EM CAMBISSOLO HÁPLICO SOB PLANTIO DE ACÁCIA NEGRA

Thaís Wacholz Kohler- thaiskohler@hotmail.com.br
Universidade Federal de Pelotas
Rua Gomes Carneiro 1,
Cep-96010.610, Pelotas, Rio Grande do Sul

Roberta Jeske Kunde- roberta_kunde@hotmail.com
Universidade Federal de Pelotas

Pagiel Moisés Kelling- pagielmk@gmail.com
Universidade Federal de Santa Maria

Diony Alves Reis- dionyodin@gmail.com
Universidade Federal de Pelotas

Rosane Martinazzo- rosane.martinazzo@embrapa.br
Embrapa Clima Temperado

Resumo: *As florestas plantadas têm sido apontadas como meio eficiente na fixação de carbono e de nitrogênio da atmosfera em razão da acumulação destes na biomassa vegetal e no solo. Em virtude da importância do tema e escassez de informações referentes aos estoques de carbono e nitrogênio no solo sob florestas plantadas no Rio Grande do Sul, o presente estudo objetivou quantificar os estoques destes elementos em um Cambissolo Háplico cultivado com acácia negra com diferentes tempos de implantação (dois, cinco e nove anos) e em campo nativo (área de referência adjacente ao plantio de acácia). Em cada uma das áreas foram coletadas amostras deformadas e indeformadas nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm. Com base nos resultados, conclui-se que os estoques de carbono e de nitrogênio em Cambissolo Háplico sob plantio de acácia negra com dois anos de implantação foram similares ao observado no campo nativo; o estoque de carbono e de nitrogênio sob plantio de acácia negra com cinco anos de idade foram maiores aos observados no campo nativo; o estoque de carbono foi similar e o estoque de nitrogênio foi maior em Cambissolo Háplico sob plantio de acácia negra com nove anos de idade quando comparado ao campo nativo.*

Palavras-chave: *Qualidade do solo, Florestas Plantadas, Acacia mearnsii De Wind, sequestro de carbono.*



CARBON AND NITROGEN STOCKS IN HAPLIC CAMBISOL UNDER BLACK WATTLE (*Acacia Mearnsii*) PLANTATION

Abstract: *The planted forests have been touted as effective means of fixing carbon and nitrogen from the atmosphere due to their accumulation in biomass and soil. Concerning that this issue is of major interest and there are only scarce information about carbon and nitrogen stocks in soil under planted forests in Rio Grande do Sul state, we developed an study to quantify the stocks of these elements in a Haplic Cambisol under black wattle plantations of different ages (two, five and nine years) and native field (used as a reference system). Disturbed and undisturbed samples were taken in these areas at depths of 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 and 80-100 cm. We observed that carbon and nitrogen stocks in Haplic Cambisol under two years old black wattle were similar to those observed under native field; carbon and nitrogen stocks under five years old black wattle were higher than those observed under native field; carbon stock was similar and nitrogen stock was higher under nine years old black wattle when compared to the native field.*

Keywords: *Soil quality, Planted forests, Acacia mearnsii De Wind, carbon sequestration.*



1. INTRODUÇÃO

Na composição da área de florestas plantadas no Brasil a acácia negra (*Acacia mearnsii* De Wind) e acácia (*Acacia mangium* Willd) ocupam 148,3 mil hectares (2,1% da área total) (ABRAF, 2013). No Rio Grande do Sul a acácia negra é uma das principais espécies florestais plantadas, tendo produzido em 2012 mais de 103 mil toneladas de cascas, sendo o estado o único fornecedor deste produto no país (IBGE, 2012).

A acácia é uma espécie arbórea de rápido crescimento cultivada em monocultivo ou em plantios mistos com eucalipto (PEGORARO, 2014). Devido à elevada fixação de gás carbônico (CO₂) na biomassa vegetal, o cultivo dessa espécie pode promover o aumento dos estoques de carbono (C) no solo e potencialmente reduzir as suas emissões para a atmosfera. Além disso, por ser uma espécie leguminosa pode favorecer o aumento dos estoques de nitrogênio (N) no solo.

As plantas possuem a capacidade de capturar o CO₂ da atmosfera durante a fotossíntese sendo esse processo influenciado pela espécie, taxa de crescimento, longevidade, clima, entre outros (AREVALO et al., 2002). Em função disso cultivo de florestas nas regiões tropicais tem sido apontado como meio eficiente na fixação de C da atmosfera em razão da acumulação deste na biomassa vegetal e no solo. (PULROLNIK, 2009).

O armazenamento de C e de N na biomassa e no solo são parâmetros essenciais para a estimativa da absorção e emissão desses elementos. Em geral, solos sob florestas em regiões tropicais apresentam maior potencial de dreno de carbono, quando comparados com solos sob cultivos agrícolas (LAL et al., 1995), devido à maior quantidade de biomassa depositada anualmente na forma de resíduos orgânicos (GATTO et al., 2010). Caldeira et al. (2003), comparando cultivos com quatro e seis anos, observaram maiores valores de carbono orgânico no solo no plantio de seis anos, atribuindo este fato ao maior acúmulo de serrapilheira em função do estágio da cultura. Em reflorestamentos, o ganho ou perda de C do solo depende das práticas de manejo adotadas (SILVER et al., 2000). Adicionalmente, Lugo & Brown (1993) enfatizaram que a acumulação de C é maior no solo é dependente da espécie florestal, devido às diferenças na quantidade e qualidade da serrapilheira, nas mudanças de microclima e mudanças nas condições edáficas.

De acordo com Alvarado (2003) uma das formas mais eficientes de diminuir os impactos ambientais ligados às alterações climáticas é reduzir as emissões de C, sequestrando-o, fixando-o e mantendo-o pelo maior tempo possível na biomassa vegetal. Em geral, a fixação de C pode aumentar através de intervenções como de programas de manejo de solos com reflorestamentos, sistemas agroflorestais e práticas conservacionistas de solos (AREVALO et al., 2002).

Considerando a importância do tema e a escassez de informações sobre estoques de C e de N no solo sob florestas plantadas no Rio Grande do Sul, o presente estudo objetivou quantificar os estoques destes elementos em Cambissolo Háplico cultivado com acácia negra com diferentes tempos de implantação (dois, cinco e nove anos) e em campo nativo adjacente aos plantios (área de referência).

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em três plantações de acácia negra, sendo uma localizada no Município de Cerrito-RS (A2) e duas no município de Canguçu-RS (A5 e A9). Paralelamente, solos sob campo nativo localizados em áreas adjacentes aos plantios de acácia também foram avaliados para efeito de comparação.

A vista geral das áreas de acácia avaliadas pode ser verificada nas Figuras 1, 2 e 3.



Figura 1. Local de coleta em Cerrito-RS - acácia negra com 2 anos de implantação.



Figura 2. Local de coleta em Canguçu-RS - acácia negra com 5 anos de implantação.



Figura 3. Local de coleta em Canguçu-RS - acácia negra com 9 anos de implantação.

As áreas A2, A5 e A9 referem-se a dois, cinco e nove anos da implantação da cultura, sendo as amostragens realizadas em outubro de 2013, novembro de 2013 e março de 2014, respectivamente, conforme descrição da Tabela 1.

Tabela 1. Local de coleta, coordenadas, tipo de solo, data de implantação e data de amostragem de solo em plantios de acácia com diferentes idades

Local de Coleta	Localização	Coordenadas (UTM)	Tipo de solo	Data do plantio	Data da amostragem	Idade da plantação*
A2	Cerrito, RS	330974/6482332	Cambissolo Háplico Distrófico típico	Jul/2011	Out/2013	2,3 anos
A5	Canguçu, RS	379188/6577020	Cambissolo Háplico Distrófico típico	Dez/2008	Nov/2013	4,9 anos
A9	Canguçu, RS	377726/6576492	Cambissolo Háplico Distrófico típico	Out/2004	Mar/2014	9,4 anos

*Considerando o período entre a data do plantio e o momento da amostragem.

As áreas em estudo localizam-se na região fisiográfica gaúcha da Serra do Sudeste, onde segundo a classificação de Koeppen, o clima é do tipo Cfa, subtropical úmido, com temperatura média anual entre 18 e 19°C (MORENO, 1961). O solo das áreas avaliadas foi classificado como Cambissolo Háplico Distrófico típico, de textura franco-arenosa, relevo ondulado e material de origem granito (EMBRAPA, 2013).

Para a coleta das amostras de solo, em cada local foram abertas três trincheiras (duas na área de acácia e uma na área de campo nativo) com dimensões de aproximadamente 1,5 x 2,0 x 2,0 m. Em cada trincheira, a amostragem foi feita em três paredes, nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm, exceto na A2, onde não foi possível amostrar a camada 80-100 cm, pois o horizonte C encontrava-se a 80 cm de profundidade. Foram utilizados anéis volumétricos de 3,0 x 4,8 cm para as camadas 0-5 e 5-10 cm e anéis de 5,0 x 4,8 cm para as demais camadas. Nas mesmas camadas foram coletadas amostras com estrutura não preservada em diversos pontos da área buscando aumentar a representatividade da amostragem.

A densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico (EMBRAPA, 2011). Para quantificação dos teores de C as amostras foram inicialmente secas ao ar, trituradas e passadas em peneira de 2 mm e, posteriormente, moídas em gral de ágata e encaminhadas à Central Analítica da Embrapa Clima Temperado para determinação dos teores de C e de N através de combustão seca, em analisador elementar Leco TruSpec CHN.

Os estoques totais de carbono (ECS) e de nitrogênio (ENS) do solo, em cada área, foram calculados considerando a densidade do solo, o teor de carbono ou de nitrogênio e a espessura de cada camada amostrada, empregando-se as fórmulas: $ECS = (C \times DS \times p)/10$ e $ENS = (N \times DS \times p)/10$ em que ECS = estoque de carbono do solo (Mg há⁻¹); ENS = estoque de nitrogênio do solo (Mg há⁻¹); C = teor de carbono do solo (g kg⁻¹); DS = densidade do solo (g cm⁻³) e p = espessura da camada do solo (cm). Com o intuito de evitar interpretações equivocadas dos resultados em função da influência do manejo na densidade do solo, os estoques de carbono total foram calculados em massa equivalente, utilizando-se a fórmula matemática proposta por Sisti et al. (2004), detalhadamente descrita por Fernandes & Fernandes (2009), conforme segue abaixo: Os estoques de nitrogênio também foram calculados em massa equivalente utilizando-se a mesma forma de cálculo apresentada para o carbono.

(1)

$$C_s = \sum_{i=1}^{n-1} C_{ti} + \left[M_{tn} - \left(\sum_{i=1}^n M_{ti} - \sum_{i=1}^n M_{si} \right) \right] * C_{tn}$$

Onde:

C_s = Estoque de C total, corrigido em função da massa de solo de uma área de referência;

$\sum C_{ti}$ = Somatório dos estoques de C do solo da primeira à penúltima camada amostrada, no tratamento considerado (Mg ha⁻¹);

M_{tn} = massa do solo da última camada amostrada no tratamento (Mg ha⁻¹);

$\sum M_{ti}$ = somatório da massa total do solo sob o tratamento (Mg ha⁻¹);

$\sum M_{si}$ = somatório da massa total do solo amostrado na área de referência (Mg ha⁻¹);

C_{tn} = teor de C do solo na última camada amostrada (Mg C Mg⁻¹ de solo).

Neste estudo, os resultados de ECS e ENS de cada camada foram submetidos à estatística descritiva (média e desvio padrão).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ECS observado na área sob plantio de acácia no município de Cerrito com dois anos de idade (A2), para a camada 0-80 cm (profundidade máxima avaliada), foi similar ao da área sob campo nativo (CN) totalizando, respectivamente, 133,3±23,7 Mg C ha⁻¹ e 150,7±10,8 Mg C ha⁻¹. Da mesma forma não foram observadas diferenças entre as camadas amostradas para os valores de ECS, apesar da tendência de maiores ECS em A2 nas camadas superficiais (até 40 cm). Abaixo dessa profundidade, o CN apresenta tendência de maiores ECS (Figura 4a).

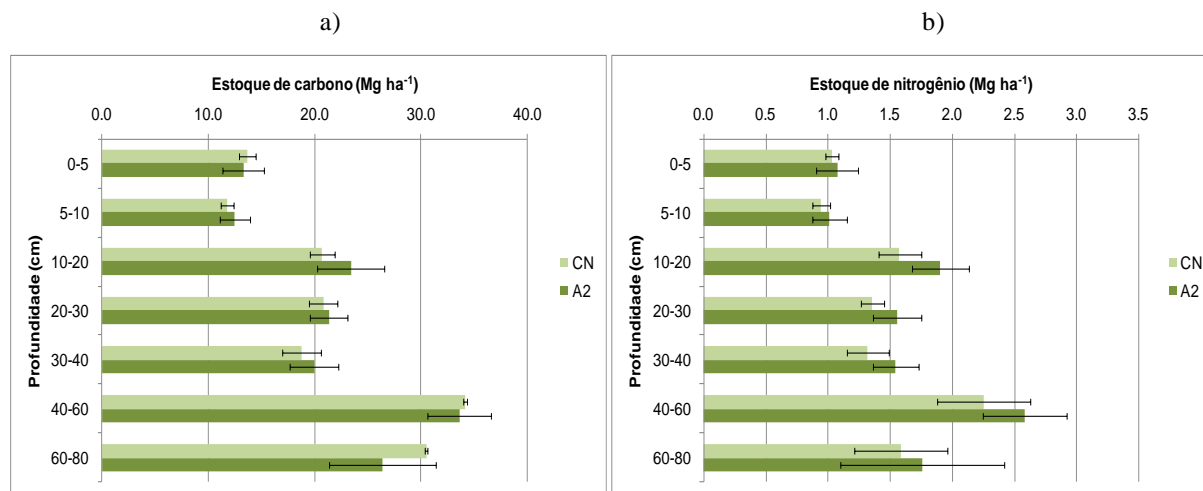


Figura 4. Estoques de carbono (a) e de nitrogênio total (b) (Mg ha⁻¹) em Cambissolo Háplico, sob campo nativo (CN) e acácia negra com dois anos de implantação (A2), nas camadas 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60 e 60-80 cm. Os limites das barras representam o desvio padrão.

Acredita-se que o tempo de implantação do plantio de acácia não tenha sido suficiente para modificar significativamente o ECS, pois a quantidade de C aportado ao solo depende, entre outros fatores, do tempo de implantação da cultura e da quantidade de biomassa aportada. CALDEIRA et al. (2003), comparando cultivos com quatro e seis anos, observaram maiores valores de carbono orgânico no solo no plantio de seis anos, atribuindo este fato ao maior acúmulo de serrapilheira em função do estágio da cultura.

Em relação aos estoques de N, também não foram observadas diferenças entre CN e A2, tanto no estoque total no perfil (A2 = 11,4 ± 1,01 Mg ha⁻¹ e o campo nativo = 9,0 ± 1,63 Mg ha⁻¹) quanto nas camadas amostradas. Entretanto, houve tendência de maiores estoques de N na área sob plantio de acácia (A2) em todas as profundidades avaliadas (Figura 4b).

De acordo com Silvester (1983), em ecossistemas florestais o potencial de fixação de N pode variar de 1 kg N ha⁻¹ ano⁻¹ em florestas com líquens e bactérias heterotróficas, até 300 kg N ha⁻¹ ano⁻¹ em florestas com grande densidade de árvores noduladas. Auer & Silva (1992) relataram que Acácia negra revelou capacidade de fixar 200 kg N ha⁻¹ ano⁻¹. Voigtlaender (2012), em estudo realizado em Itatinga, Bofete e Luiz Antônio, no Estado de São Paulo, e Santana do Paraíso em Minas Gerais, avaliando plantação homogênea de acácia, de eucalipto e plantação consorciada na proporção 1:1, demonstrou que a acácia aumentou a quantidade e os principais fluxos de N nos diferentes compartimentos do ecossistema (biomassa aérea, serrapilheira, solo) quando comparada ao plantio homogêneo de eucalipto.

Na área de acácia com cinco anos de idade (A5) observou-se maiores ECS (189,9 ± 8,3 Mg ha⁻¹) quando comparada à área de campo nativo adjacente ao plantio (163,6 ± 1,6 Mg ha⁻¹), o que demonstra que as plantações de acácia podem ser consideradas opção efetiva de captura de carbono (Figura 5a). De acordo com SIMÕES et al. (2010), a acácia é uma cultura que aporta considerável quantidade de resíduos vegetais ao solo que, combinado à entrada biológica de nitrogênio (N), pode aumentar consideravelmente a quantidade de carbono orgânico no solo.

Nas camadas avaliadas, em geral há uma tendência de maiores estoques de C e de N na área de acácia, quando comparados aos da área de referência, contudo, devido à variabilidade intrínseca do local de estudo, essa diferença apenas se mostrou significativa em algumas camadas. Para os ECS houve diferença nas profundidades 0-5, 40-60, 60-80 cm e 80-100 cm (Figura 5a). As maiores diferenças de ECS entre o CN e a A5 foram verificadas na camadas subsuperficiais (acima de

40 cm), demonstrando a capacidade da acácia em acumular C em profundidade, devido provavelmente às raízes das árvores alcançarem maiores profundidades no perfil do solo em relação a pastagem.

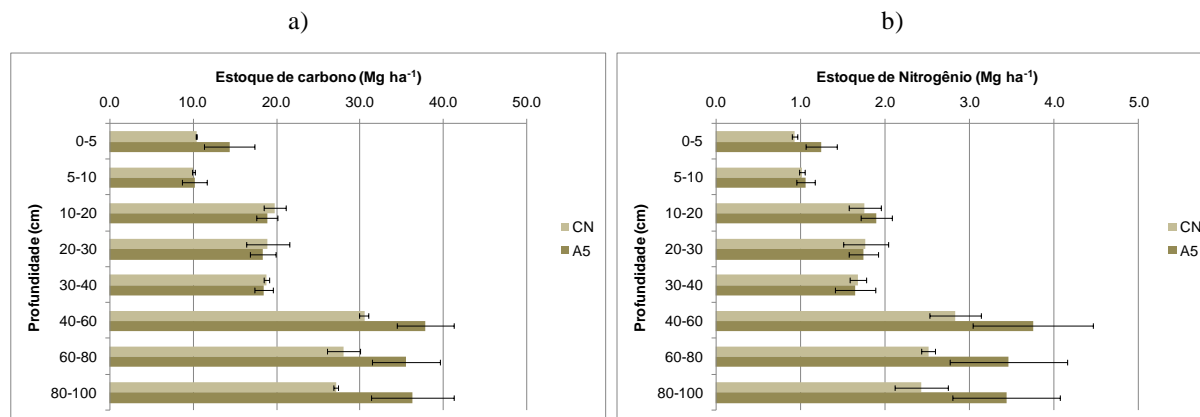


Figura 5. Estoques de carbono (a) e nitrogênio total (b) (Mg ha⁻¹) em Cambissolo Háplico, sob campo nativo (CN) e acácia negra com cinco anos de implantação (A5), nas camadas 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60 e 60-80 cm. Os limites das barras representam o desvio padrão.

Resultados similares aos deste estudo foram obtidos por Simões et al. (2010), que encontraram maiores teores de C orgânico em plantio de acácia quando comparado ao cerrado nativo. Os autores atribuíram este fato aos possíveis efeitos benéficos proporcionados pela fixação biológica do N na estabilização do C e à tendência de acúmulo de C orgânico em profundidade.

Gatto et al. (2010), ao avaliar plantações de eucalipto na região centro-leste de Minas Gerais observaram que a média dos ECS variou entre 43,95 e 48,70 t ha⁻¹ nos primeiros 20 cm de profundidade e entre 19,07 e 37,09 t ha⁻¹ na profundidade de 60-100 cm. Os autores salientaram que as plantações de eucalipto avaliadas imobilizam pelo menos 50 t de CO₂ ha⁻¹ ano⁻¹. Esses dados corroboram os apresentados no presente estudo para a camada superficial (0-20 cm), cuja média de ECS no plantio de acácia de cinco anos foi de 43,4 ± 1,74 t ha⁻¹, contudo, em profundidade (60-100 cm) os ECS deste estudo foram superiores, apresentando ECS de 71,8 ± 4,5 t ha⁻¹.

Em relação ao ENS observou-se maiores valores em A5 no estoque total (0-100 cm) (18,3 ± 2,3 Mg C ha⁻¹) e nas camadas 0-5, 60-80 e 80-100 cm, quando comparados ao CN (14,9 ± 0,2 Mg C ha⁻¹) (Figura 5b). Este resultado pode estar associado à variabilidade intrínseca do local de estudo, fazendo com que essa diferença entre a área de acácia e o sistema de referência, se mostrasse significativa apenas em algumas camadas.

A área de acácia com nove anos de idade (A9) não apresentou diferenças no ECS quando comparada ao CN, tendo A9 apresentado ECS = 159,8 ± 15,78 Mg ha⁻¹ e o campo nativo ECS = 165,5 ± 4,0 Mg ha⁻¹, considerando a profundidade total avaliada (0-100 cm) (Figura 6a). Segundo WINK et al. (2013), o envelhecimento das florestas pode diminuir a quantidade assimilada de CO₂ nos galhos, nas folhas, nas raízes e na serrapilheira. Conseqüentemente, a quantidade de carbono aportada ao solo também diminui, refletindo menores valores de ECS. Além disso, deve-se considerar que resíduos florestais (folhas, galhos e casca) com maior concentração de nitrogênio, como é o caso da acácia, possuem decomposição mais rápida por favorecer a atividade dos microrganismos decompositores, conforme sugerido por VEZZANI et al. (1999). A combinação desses dois fatores (envelhecimento da floresta e resíduos florestais com maior concentração de nitrogênio) pode ter diminuído o acúmulo de matéria orgânica e, conseqüentemente, o estoque de carbono no solo em A9.

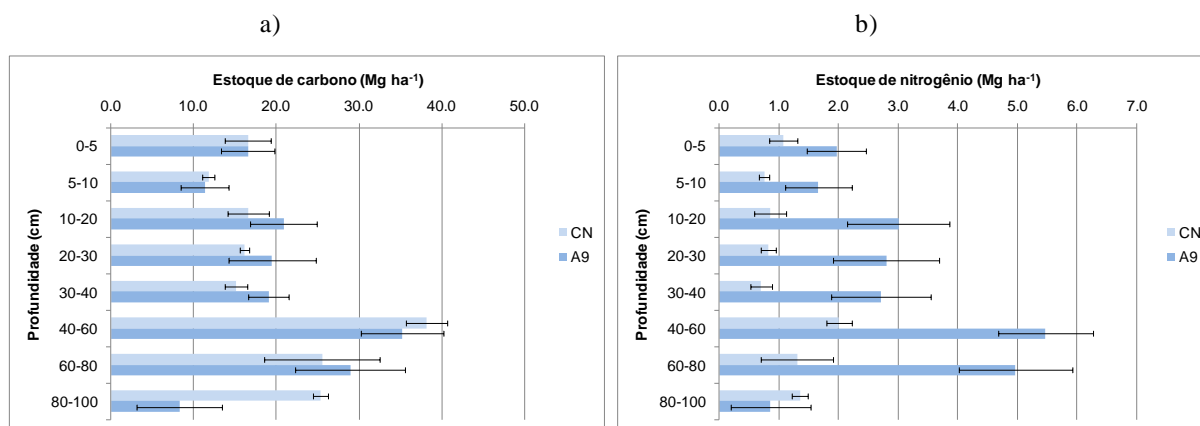


Figura 6. Estoques de carbono (a) e nitrogênio total (b) (Mg ha⁻¹) em Cambissolo Háplico, sob campo nativo (CN) e acácia negra com nove anos de implantação (A9), nas camadas 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60 e 60-80 cm. Os limites das barras representam o desvio padrão.

Não houve diferenças de ECS entre CN e A9 nas camadas amostradas exceto para camada de 80-100 cm. Contudo, cabe salientar que o baixo ECS na última camada da A9 deve-se exclusivamente ao efeito do cálculo dos estoques por massa equivalente de solo, que corrige os efeitos de diferença de massa de solo devido às práticas de manejo utilizadas. Segundo Fernandes & Fernandes (2009), o manejo pode alterar a densidade do solo e, portanto, ao se considerar uma mesma profundidade de uma área cultivada e de uma área sob vegetação nativa, as massas de solo serão diferentes, podendo levar a interpretações equivocadas. A diferença de massa entre a área cultivada e uma área de referência, neste caso o CN, é descontada na última camada amostrada, por isso a redução dos valores de ECS foi bastante expressiva. Nessa área a densidade média do solo em cada camada em geral foi maior do que na área de referência (dados não apresentados), justificando a necessidade de se utilizar a correção dos ECS, conforme sugerido por Sisti et al. (2004).

Os ENS não tiveram o mesmo comportamento observado para os ECS, pois a área com plantio de acácia com nove anos (A9) apresentou estoque total de N consideravelmente superior ($23,4 \pm 2,29$ Mg ha⁻¹) aos do campo nativo adjacente ($8,9 \pm 0,7$ Mg ha⁻¹) (Figura 6b). Essa diferença entre foi igualmente observada em todas as camadas amostradas, exceto na profundidade 80-100 cm, demonstrando a importância desta espécie leguminosa no aporte de N ao solo. Cabe salientar que o baixo estoque de N na última camada da A9 deve-se provavelmente ao efeito do cálculo dos estoques por massa equivalente de solo, conforme mencionado anteriormente.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estoques de carbono e de nitrogênio em Cambissolo Háplico sob acácia negra com dois anos de implantação foram similares aos observados no campo nativo;

Os estoques de carbono e de nitrogênio em Cambissolo Háplico sob acácia negra com cinco anos de implantação foram maiores do que os observados no campo nativo;

Os estoques de carbono foram similares e os estoques de nitrogênio foram maiores em Cambissolo Háplico sob acácia negra com nove anos de implantação quando comparados ao campo nativo.



Agradecimentos

Os autores agradecem à Embrapa Clima Temperado pela infraestrutura disponibilizada, suporte técnico e financeiro para o desenvolvimento desse estudo; À empresa TANAGRO por disponibilizar as áreas de estudo e auxiliar nas coletas de solo; Aos bolsistas de Iniciação Científica e de pós-graduação da UFPel pelo auxílio nas coletas de solo e realização das análises laboratoriais.

5. REFERÊNCIAS

AREVALO, L. A.; ALEGRE, J. C.; MONTOYA VILCAHUAMAN, L. J. Metodologia para estimar o estoque de carbono em diferentes sistemas de uso da terra. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 40 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 73).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS -ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2013. Ano base 2012.** Brasília, 2013. 148 p.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo.** 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; BARICHELLO, L. R.; VOGEL, H. L. M. Determinação de carbono orgânico em povoamentos de *Acacia mearnsii* de Wild. plantados no Rio Grande do Sul. *Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais*, Curitiba, v. 1, n. 2, p. 47-54, abr./jun. 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3.ed. Brasília: Embrapa Solos, 2013. 353p.

FERNANDES, F.A.; FERNANDES, A.H.B.M. Cálculo dos estoques de carbono do solo sob diferentes condições de manejo. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2009. 4 p. (Embrapa Pantanal. Comunicado Técnico, 69).

Disponível em: <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/download.php?arq_pdf=COT69>. Acesso em: 28 out. 2013.

GATTO, A.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; SILVA, I.R.; LEITE, H.G.; LEITE, F.P.; VILLANI, E.M.A. Estoques de carbono no solo e na biomassa em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.1069-1079, 2010.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Produção da Extração vegetal e da silvicultura 2011. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão/ Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2011. Acessado em 20 jul. 2014. Online. Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_da_Extracao_Vegetal_e_da_Silvicultura_\[anual\]/2012/pdf/tab04_outros.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_da_Extracao_Vegetal_e_da_Silvicultura_[anual]/2012/pdf/tab04_outros.pdf)

LAL, R.; KIMBLE, J.; STEWART, B.A. World soils as a source or sink for radiatively-active gases. In: LAL, R.; KIMBLE, J.; LEVINE, E.; STEWART, B.A. Soil management and greenhouse effect. Boca Raton, CRC: Lewis Publishers, 1995. p.1-7.

LUGO, A.E.; Brown, S. Management of tropical soils as sinks or sources of atmospheric carbon. *Plant and Soil*, v. 149, p. 27–41, 1993.

MORENO, J. A. Clima do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura,



196l. 41p.

PEGORARO, R. F.; SILVA, I. R. da; NOVAIS, R. F. de; BARROS, N. F. de; CANTATUTTI, R. B.; FONSECA, S. Estoques de carbono e nitrogênio em argissolo submetido ao monocultivo de *Eucalyptus urograndis* e em rotação com *Acacia mangium*. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 24, n. 4, p. 935-946, out./dez. 2014.

PULROLNIK, K.; BARROS, N.F.; SILVA, I.R.; NOVAIS, R.F. & BRANDANI, C.B. Estoques de carbono e nitrogênio em frações da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e cerrado no Vale do Jequitinhonha – MG. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, p.1125-1136, 2009.

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

SILVESTER, W.B. Analysis of nitrogen fixation. In: GORDON, J.C.C.; WHEELER, C.T. *Biological nitrogen fixation in forest ecosystems: foundations and applications*. New York: Springer-Verlag, 1983. 352 p.

SIMÕES, S. M. O.; ÉDSON, Z.J.; GOMES, C.M.C.; HÉLIO, T. BALIEIRO, F. de C. Carbono orgânico e biomassa microbiana do solo em plantios de *Acacia mangium* no Cerrado de Roraima. *Acta Amazonica*, v.40, n.1, p.23-30, 2010.

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

WINK, C.; REINERT, D. J.; MÜLLER, I.; REICHERT, J. M.; JACOMET, L. A idade das plantações de *Eucalyptus* sp. influenciando os estoques de Carbono. *Ciência Florestal*, Santa Maria, RS, v. 23, n. 2, p. 333-343, abr./jun. 2013.