

ESTIMATIVA DO ESTOQUE DE CARBONO EM ÁREAS DE SOJA VISANDO A ANÁLISE DE CENÁRIOS DE LINHA DE BASE PARA PROJETOS DE CRÉDITOS DE CARBONO

MICHELE KARINA COTTA WALTER¹, JURANDIR ZULLO JUNIOR²; MARA DE ANDRADE MARINHO WEILL³; JOSÉ ELOIR DENARDIN⁴

1 - Eng. Florestal, Doutoranda na FEAGRI/UNICAMP, Campinas - SP, Fone: (19) 3521-2458, mkcotta@yahoo.com.br

2 - Eng. Agrônoma, Prof. Doutor FEAGRI/UNICAMP, Campinas - SP

3 - Eng. Agrícola, Matemático, Pesquisador do CEPAGRI/UNICAMP, Campinas - SP

4 - Eng. Agrônomo, Pesquisador da EMBRAPA Trigo, Passo Fundo - RS

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 22 a 25 de Setembro de 2009 - GrandDarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções - Belo Horizonte, MG.

RESUMO: A deficiência hídrica é um fator restritivo da estabilidade do rendimento da cultura da soja, provocando quebra de produção e prejuízos econômicos. Com os novos instrumentos de política global sobre o clima, dentre eles o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo previsto no Protocolo de Kyoto, o plantio de florestas para remoção de CO₂ da atmosfera e geração de créditos de carbono pode se constituir numa alternativa viável aos produtores agrícolas das áreas com maior risco climático. O objetivo desse trabalho foi analisar o sistema agrícola “soja sob plantio direto” em termos de estocagem de carbono, como um cenário de linha de base para projetos de créditos de carbono, em áreas localizadas em Passo Fundo e Frederico Westphalen, no Rio Grande do Sul. O estoque de carbono na vegetação e no liter foi estimado pelo método direto de quantificação de biomassa e o carbono no solo pelo método “massa de carbono por unidade de área”. O estoque médio de carbono no sistema soja em Passo Fundo e Frederico Westphalen foram de 75MgC.ha⁻¹ e 50MgC.ha⁻¹, respectivamente, sendo que a maior parte desse carbono foi estocada no solo. Conclui-se que, embora a capacidade de estocagem de carbono no sistema soja, particularmente na vegetação, seja pouco expressiva, sua contabilização para determinação do cenário de linha de base de um projeto de MDL não deve ser desprezada.

PALAVRAS-CHAVE: soja, déficit hídrico, crédito de carbono

ASSESSING CARBON STOCKS IN SOYBEAN AREAS APPLIED TO THE EVALUATION OF BASELINE SCENARIOS FOR THE CARBON CREDIT PROJECTS

ABSTRACT: Water deficiency is an important factor to the stability of the soybean yield, causing production damages and economical losses. With the advent of new instruments of climate global policy, like The Clean Development Mechanism (CDM), after the Kyoto Protocol, the sowing of forests with the purpose of removing atmospheric CO₂ and generating carbon credits could be a good alternative to the local producers. The aim of this study was to analyze the agricultural system "soybean under tillage" in terms of carbon storage as the baseline scenario for carbon credits projects in areas located at the experimental station of EMBRAPA Trigo in Passo Fundo, and the other is a commercial production area located in Frederico Westphalen. The carbon stock of in vegetation and the liter was estimated by the direct method for quantification of biomass and carbon in the soil by the "mass of carbon per unit area." The carbon stock in

Passo Fundo and Frederico Westphalen were $75\text{MgC}\cdot\text{ha}^{-1}$ and $50\text{MgC}\cdot\text{ha}^{-1}$ respectively, with the majority found that carbon stored in soil. The results found suggest that although the capacity of carbon storage in the soybean system is little significant, particularly in the vegetation, its accounting should not be neglected for determination the baseline scenario for a CDM project.

KEY WORDS: soybean, water deficits, carbon credits

INTRODUÇÃO: A utilização agrícola das terras de forma inadequada, sem levar em conta as suas limitações e potencialidades, influencia diretamente na produção, resultando, na maioria das vezes, em degradação dos recursos naturais e declínio da produtividade. Exemplo disso vem ocorrendo no Rio Grande do Sul, onde a disponibilidade hídrica tem sido apontada como a principal limitação à expressão do potencial do rendimento da soja. Segundo Matzenauer et al. (1998), a falta de água em determinadas fases do ciclo da soja influencia direta e negativamente a produção de grãos. Estudos realizados por Cunha et al. (2004) demonstraram que a disponibilidade hídrica limita a expressão do potencial de rendimento de grãos de soja, no Rio Grande do Sul, independentemente do ciclo da cultivar, da época de semeadura e do local. Com o advento dos instrumentos de política global sobre o clima, dentre eles o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), previsto no Protocolo de Kyoto, o plantio de florestas para remoção de CO_2 da atmosfera e geração de créditos de carbono pode se constituir numa alternativa de uso para essas áreas. Para isso, torna-se necessário determinar, em termos de estocagem de carbono, o cenário de linha de base para o projeto. Esse cenário é definido pela soma das mudanças do estoque de carbono que ocorreriam na ausência da atividade de projeto. O objetivo geral desse trabalho foi analisar o sistema soja sob plantio direto como um cenário de linha de base para projetos de florestamento e reflorestamento previstos no Protocolo de Kyoto. Os objetivos específicos incluem estimar o estoque de carbono na planta, no liter e no solo nos municípios de Passo Fundo e Frederico Westphalen e relacionar a capacidade de estocagem de carbono das lavouras de soja nesses municípios com dados meteorológicos e com a disponibilidade hídrica para a cultura nessas duas regiões.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi realizado em duas áreas de cultivo de soja no estado do Rio Grande do Sul, localizadas em Passo Fundo ($28^\circ 15' 46'' \text{ S}$, $52^\circ 24' 25'' \text{ W}$ e altitude de 684 m) e Frederico Westphalen ($27^\circ 21' 33'' \text{ S}$, $53^\circ 23' 40''$ e altitude de 566 m). A área localizada em Passo Fundo pertence à Estação Experimental da Embrapa Trigo e consiste de dois ensaios experimentais de longa duração conduzidos sob sistema de plantio direto, onde tem sido avaliado o efeito da rotação de culturas. Um dos ensaios é formado pela rotação trigo (*Triticum aestivum*) / soja (*Glycine max*) e o outro pela rotação trigo / soja, aveia branca (*Avena sativa*) / soja e ervilhaca (*Vicia sativa*) / sorgo (*Sorghum bicolor*). Os ensaios encontram-se instalados em parcelas de 130m^2 , com quatro repetições. O solo predominante na região de Passo Fundo é o LATOSSOLO Vermelho. As áreas de soja localizadas em Frederico Westphalen consistem em duas lavouras comerciais pertencentes a produtores rurais. O sistema de rotação de culturas adotado é trigo/soja conduzidos sob sistema de plantio direto há cerca de sete anos. Nas duas lavouras selecionadas, foram marcadas quatro parcelas de 130m^2 para coleta dos dados. Na região de Frederico Westphalen, os tipos de solos predominantes se enquadram na classe dos LATOSSOLOS e NEOSSOLOS. A variedade de soja em ambas as áreas de estudo é a BRS 243 RR. A estimativa do estoque de carbono na vegetação foi realizada a partir da quantificação da biomassa seca acima e abaixo do solo, utilizando o método direto de quantificação de biomassa

(AREVALO et al., 2002; IPCC, 2003). A quantificação da biomassa foi realizada no estágio de desenvolvimento da planta caracterizado pelo máximo acúmulo de matéria seca e de nutrientes nas folhas, pecíolos e ramos e início da translocação destes para as sementes em formação. Em cada parcela foi coletado um metro linear de plantas de soja em três pontos selecionados aleatoriamente. As plantas de soja foram cortadas rente ao solo e seus compartimentos foram separados em folhas, hastes e vagens/grãos, sendo pesados frescos. Em um dos pontos dentro de cada parcela, foi retirada uma raiz utilizando uma caixa de ferro, inserida lateralmente no perfil de solo na linha de plantio. Após a retirada dessa caixa, as raízes foram separadas e pesadas. A camada de liter depositada sobre o solo foi coletada utilizando-se um gabarito quadrado de área interna de 0,25m², disposto aleatoriamente no local onde foram coletadas as plantas. Folhas, hastes, vagens/grãos, raízes e liter foram secos em estufa de circulação forçada de ar a 60°C até atingirem peso constante. O estoque de carbono na biomassa da vegetação e no liter foi estimado considerando que 42% da matéria seca seja carbono (AITA e GIACOMINI, 2006). A quantificação do estoque de carbono orgânico no solo foi realizada por meio do método “massa de carbono por unidade de área” sugerido por IPCC (2003), conforme Equação 1.

$$C_{orgS} = \sum \left[\left[\frac{C}{100} \right] * D * P * 100 \right] \quad \text{Eq. 1}$$

em que, C_{orgS} = estoque de carbono orgânico no solo na profundidade analisada (MgC.ha⁻¹); C = concentração de carbono orgânico numa dada massa de solo (gC.kg⁻¹ solo); D = densidade do solo na camada analisada (g.cm⁻³); P = profundidade da camada (m).

As amostras de solos foram coletadas nas trincheiras em que foram retiradas as raízes, nas profundidades 0-5cm, 5-10cm, 10-20cm e 20-30cm. O teor de carbono dessas amostras foi determinado empregando o método Walkley-Black (EMBRAPA,1997). As diferenças entre as médias obtidas para os valores de carbono no sistema soja e no solo, para as duas regiões de estudo, foram avaliadas empregando o Teste de Tukey com 5% de probabilidade. O balanço hídrico para os plantios realizados em Passo Fundo e Frederico Westphalen foi calculado segundo o método proposto por Thornthwaite & Mather (1955) utilizando dados meteorológicos das Estações do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O estoque de biomassa seca e de carbono na planta de soja, no liter e no solo dos dois sistemas de rotação de culturas analisados em Passo Fundo (A e B) e nas duas áreas de soja em Frederico Westphalen (A e B) são apresentados nas Tabelas 1 e 2. O estoque médio de carbono estimado em um hectare de soja em Passo Fundo foi de 75MgC.ha⁻¹, sendo que 3,8MgC.ha⁻¹ encontram-se estocados na vegetação, 2,5MgC.ha⁻¹ no liter e 68MgC.ha⁻¹ nos primeiros 30cm de solo. Com relação à área de soja em Frederico Westphalen, o estoque de carbono total no sistema foi de 50MgC.ha⁻¹, sendo que 2MgC.ha⁻¹ corresponde à vegetação, 2,4MgC.ha⁻¹ ao liter e 45MgC.ha⁻¹ aos primeiros 30cm de solo. Os teores de biomassa quantificados na planta de soja corroboram com aqueles encontrados por Martorano (2007) em estudos realizados no RS, que foram de 14MgC.ha⁻¹ em tratamentos irrigados e de 7MgC.ha⁻¹ em tratamentos não-irrigados. Não foram encontradas diferenças estatísticas significativas do estoque de carbono na soja e no liter. Já, no compartimento solo, foram observadas diferenças significativas entre os sistemas de rotação de culturas amostrados em Passo Fundo e entre as duas áreas de soja amostradas em Frederico Westphalen conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 1 – Biomassa seca e estoque de carbono na vegetação e no liter em áreas de soja nos municípios de Passo Fundo e Frederico Westphalen.

Compartimentos do Sistema Soja	Biomassa Seca (MgC.ha ⁻¹)				Carbono (MgC.ha ⁻¹)			
	Passo Fundo		Frederico W.		Passo Fundo		Frederico W.	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Liter	5,39a	6,23a	5,26a	6,05a	2,26a	2,62a	2,21a	2,54a
Vegetação								
Vagens/grãos	1,73a	1,61a	1,18a	0,87a	0,73a	0,67a	0,50a	0,37a
Folhas	1,82a	1,67a	1,16a	1,11a	0,77a	0,70a	0,49a	0,47a
Hastes	4,27a	3,62a	2,18a	2,02a	1,79a	1,52a	0,92a	0,85a
Raiz	2,53a	1,76a	0,37a	0,66a	1,06a	0,74a	0,15a	0,28a
Total da vegetação	10,35	8,66	4,89	4,67	4,35	3,64	2,05	1,96
Total do sistema	15,74	14,89	10,15	10,72	6,61	6,26	4,26	4,50

Tabela 2 – Estoque de carbono orgânico no solo em áreas de soja nos municípios de Passo Fundo e Frederico Westphalen.

Profundidade (cm)	Estoque de Carbono no Solo (MgC.ha ⁻¹)			
	Passo Fundo		Frederico W.	
	A	B	A	B
0-5	15,72a	13,99a	14,48a	9,87b
5 - 10	11,38a	11,17a	8,55a	6,78a
10 - 20	22,29a	20,94b	15,72a	12,93a
20 - 30	20,60a	20,91b	12,18a	9,19a
Total	69,99	67,01	50,93	38,77

Os estoques de carbono estimados nas áreas de soja localizadas em Frederico Westphalen foram inferiores àqueles encontrados em Passo Fundo. Essa diferença está associada, provavelmente, à ocorrência de diferentes tipos de solos, ao manejo agrícola, às variáveis meteorológicas e à disponibilidade hídrica no solo durante determinadas fases do ciclo da cultura. As precipitações ocorridas nos primeiros meses de 2009, nas duas regiões, foram inferiores às precipitações normais. A disponibilidade hídrica para a cultura da soja em ambas as regiões esteve abaixo da umidade mínima do solo durante os meses de março e abril, sendo que os déficits hídricos nas fases críticas de desenvolvimento da soja atingiram valores de 57mm e 52mm em Passo Fundo e de 65mm e 73mm em Frederico Westphalen. A variação do tipo de solo nas regiões estudadas influencia na disponibilidade de água para a cultura. Solos pouco profundos e de textura predominantemente arenosa ou média, da classe dos NEOSSOLOS, por exemplo, apresentam elevada condutividade hidráulica saturada e pequena capacidade de retenção de água. Já os solos profundos e argilosos, como os LATOSSOLOS Vermelhos, a baixa disponibilidade hídrica pode estar relacionada com a degradação de sua estrutura, expressa pela ocorrência de uma camada compactada em pequena profundidade, que impede a penetração de raízes, a exploração de maior volume de solo, e conseqüentemente, de água. Com relação ao estoque de carbono no solo (Tabela 2) as áreas localizadas em Passo Fundo apresentaram maiores teores de carbono quando

comparadas às de Frederico Westphalen. Essa diferença pode ser atribuída ao período que tais áreas vêm sendo conduzidas sob sistema de plantio direto, à presença de camadas compactadas no solo, visto que maiores densidades implicam em maiores estoques de carbono. Analisando o sistema agrícola “soja” como uma alternativa de cenário de linha de base para projetos de MDL, pode-se inferir que a capacidade de estocagem de carbono na vegetação é baixa quando comparada a de sistemas florestais, que, em média, é de $11,8\text{MgC}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ e de $6,7\text{MgC}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ para, respectivamente, as espécies dos gêneros Eucalipto e Pinus (PAIXÃO, 2006; SHUMACHER, 2002). Entretanto, o armazenamento do carbono nas culturas agrícolas influencia diretamente no aumento do estoque de carbono no solo, visto que todo o carbono “sequestrado” durante o período de crescimento será posteriormente incorporado no solo. Portanto, a contabilização do estoque de carbono nesses compartimentos do sistema não deve ser desprezada para estimativa da linha de base de um projeto de MDL.

CONCLUSÃO: Conclui-se que a capacidade de estocagem de carbono no sistema soja é pouco expressiva quando comparada à de um sistema florestal, mas não deve ser desprezada na contabilização do cenário de linha de base para um projeto de MDL.

AGRADECIMENTOS: À CAPES, Cepagri/Unicamp, Embrapa Trigo e Feagri/Unicamp pelo suporte financeiro ao projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Plantas de cobertura de solo em sistemas agrícolas. In: ALVES, B. J. R. et al. **Manejo de sistemas agrícolas: impacto no seqüestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa**. Porto Alegre: Gênese, 2006, 216p.
- AREVALO, L. A.; ALEGRE, J. C.; VILCAHUAMAN, L. J. M. **Metodologia para estimar o estoque de carbono em diferentes sistemas de uso da terra**. Embrapa Florestas, 2002. 41p.
- CUNHA, G.R.; MALUF, J.R.T.; HASS, J.C.; PASINATO, A.; PIMENTEL, M.B.M. Mapeamento de risco de deficiência hídrica para soja no Rio Grande do Sul. In: CUNHA, G.R. **Lidando com Riscos Climáticos: Clima, Sociedade e Agricultura**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004. Cap.9, p. 245-272.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: 1997. 212p.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. 2003. **Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry**. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch>>.
- MARTORANO, L. G. 2007. Padrões de resposta da soja em resposta a condições hídricas do sistema solo-planta-atmosfera observados no campo e simulados no sistema de suporte à decisão DSSAT. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 170p.
- MATZENAUER, R. et al. Análise agroclimática das disponibilidades hídricas para a cultura da soja na região do Planalto Médio. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n.2, p.263-275, 1998.
- PAIXÃO, F. A. et al. Quantificação do estoque de carbono e avaliação econômica de diferentes alternativas de manejo em um plantio de eucalipto. **Revista Árvore**, v.30, n.3, p.411-420, 2006.
- SCHUMACHER, M. V.; WITSCHORECK, R.; CALDEIRA, M. V. W.; WATZLAWICK, L. F. Estoque de carbono em florestas de *Pinus taeda* L. e *Acacia mearnsii* de Wild. plantadas no estado do Rio Grande do Sul. In: SANQUETTA, C. R. et al. (Eds.). **As florestas e o carbono**. Curitiba: Imprensa Universitária da UFPR, 2002. p.141-152.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water budget and its use in irrigation. In. **The Yearbook Of Agriculture:Water**. Washington, D.C.: Department of Agriculture, 1955. p.346-358.