



Quantidade de carbono remanescente e retirado em povoamento de *Pinus taeda* no sul do Paraná

Carbon quantity removed and remaining in Pinus taeda stands in south Parana

Anabel Aparecida de Mello^[a], Carlos Roberto Sanquetta^[b], Rozane de Loyola Eisfeld^[c],
Nelson Yoshihiro Nakajima^[d]

^[a] Engenheira florestal, Doutora, professora adjunta da Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão, SE - Brasil, e-mail: anabel_mello@yahoo.com.br

^[b] Engenheiro florestal, Doutor, professor titular da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR - Brasil, e-mail: sanquetta@ufpr.br

^[c] Engenheira florestal, consultora, Curitiba, PR - Brasil, e-mail: rozane@silviconsult.com.br

^[d] Engenheiro florestal, Doutor, professor adjunto da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR - Brasil, e-mail: nelson.nakajima@ufpr.br

Resumo

Este estudo foi realizado nas áreas de reflorestamento das Indústrias Pedro N. Pizzatto Ltda., localizada na região de General Carneiro, sul do Estado do Paraná, com o objetivo de estimar a quantidade de carbono (C) retirado e remanescente em povoamentos de *Pinus taeda*. De posse dos dados da referida empresa, utilizou-se o *software* Sispinus[®] para prognosticar o volume, a altura e o diâmetro desses projetos, submetidos a cinco diferentes regimes de manejo, para um horizonte de planejamento de 21 anos (rotação). Por meio dos resultados obtidos de diâmetro e altura, estimou-se a quantidade de carbono remanescente e retirado nos anos do horizonte de planejamento, assim como a quantidade total de carbono aos 20 anos em cada projeto. Após a análise dos resultados encontrados, as seguintes conclusões podem ser tiradas: a quantidade remanescente total de carbono, considerando todos os projetos, apresentou-se instável durante o horizonte de planejamento, sendo a maior quantidade encontrada nos primeiros e nos últimos anos, nos cinco regimes de manejo adotados no estudo.

Palavras-chave: Planejamento florestal. Manejo florestal. Carbono. Pinus. Rotação.

Abstract

This study was carried out in the reforestation area of Industrias Pedro N. Pizzatto Co., located in General Carneiro county, southern Parana State - Brazil, with the objective to estimate the carbon (C) quantity removed and remaining stock in Pinus taeda stands. With the data of this industry, the Sispinus™ growth and yield simulator was used to predict volume, mean tree height and dbh of these stands managed, under five different options for a planning horizon of 21 years. The removed and remaining carbon stocks of each stand were estimated through dbh and height for each management event and for the total period of time in each project. The results indicated that the total carbon stock remaining in the stands under study was instable during the planning horizon and concentrated in the last years of the planning horizon for the five regimes under analysis.

Keywords: Forest planning. Forest management. Carbon. Pine. Rotation.

Introdução

Atualmente, uma grande preocupação das empresas de reflorestamento se refere à sustentabilidade, levando-se em conta fatores sociais, econômicos e ambientais – como, por exemplo, o estoque de carbono nas florestas, assunto bastante discutido nos últimos congressos e reuniões do setor florestal. As discussões sobre as alterações climáticas, provocadas pelos gases de efeito estufa, entre eles o CO₂, ganharam força com a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, estabelecida em 1992 durante a Rio-92. Desde então os países pertencentes à Convenção se reúnem para discutir o assunto (ROCHA, 2002). Além do aspecto ambiental, o carbono acumulado na biomassa florestal, apesar de proporcionar um benefício temporário, pode se tornar uma fonte de renda, conforme discutido na Convenção de Kyoto, realizada em 1997. Contudo, ainda hoje existem muitos pontos que estão obscuros, principalmente porque alguns países ainda não assinaram o protocolo, dificultando assim a implementação desse novo mercado.

Decorre daí que os reflorestamentos assumem grande importância nas discussões sobre mudanças climáticas globais, pois apresentam grande potencialidade como sequestradores de carbono. Segundo Rochadelli (2001), o estabelecimento de florestas pode contribuir significativamente com os acréscimos nos estoques de carbono, por meio da sua capacidade de armazenar carbono durante o processo de produção de biomassa.

O Brasil é reconhecido como um país com grande potencial para geração de créditos de carbono, e sendo o Estado do Paraná um dos grandes florestadores, com 686,4 mil hectares de plantações de *Pinus taeda* L. (SOCIEDADE..., 2007), certamente compartilha deste potencial. Porém, ainda faltam pesquisas indicando a capacidade de fixação de carbono nestas formações florestais levando em consideração as características regionais de crescimento e regimes de manejo.

Visando a fornecer subsídios para o desenvolvimento do mercado de carbono, este trabalho tem o objetivo de estimar a quantidade de carbono (C), da biomassa aérea, que é retirada nos desbastes simulados em diferentes regimes de manejo, bem como da biomassa remanescente.

Material e métodos**Área de estudo**

A área do presente estudo é de propriedade das Indústrias Pedro N. Pizzatto Ltda. e está localizada no Município de General Carneiro, região sul do Estado do Paraná, Brasil.

O estudo foi realizado em plantações de *Pinus taeda* pertencentes à empresa, situadas entre as coordenadas 26°20'35" e 26°26'13" Lat. S., e 51°19'49" e 51°25'29" Long. W. O clima da região é classificado como submontano úmido e muito úmido, e segundo Maack (1968), possui temperatura média anual de 15,1° C.

A região apresenta altitudes variando de 800 m a 1.100 m. O relevo predominante é ondulado à forte ondulado. De acordo com o IBGE (1992), a formação vegetal encontrada nas áreas corresponde ao bioma denominado Floresta Ombrófila Mista ou Floresta com Araucária.

Obtenção dos dados

Os dados utilizados neste estudo advêm de 11 projetos com plantios de *Pinus taeda* em diferentes idades, com diferentes índices de sítio e diferentes áreas. A Tabela 1 apresenta as informações de cada projeto, utilizadas para obtenção de valores dendrométricos futuros destas florestas.

Tabela 1 - Dados dos projetos utilizados para realização das prognoses

Projeto	G/ha (m ² /ha)	N/ha	Idade (anos)	IS ₁₅	Área (ha)
Santo Antônio 1	22,6	212	19,8	18,9	25,4
Santo Antônio 2	44,3	510	17,3	20,3	40,0
Santo Antônio 3	32,6	880	8,3	19,2	10,0
Projeto 14	12,1	124	19,2	18,9	11,0
Projeto 13	39,1	403	20,2	20,4	53,1
Projeto 12	19,8	200	19,2	21,5	30,2
Projeto 11	23,2	200	22,1	20,5	80,0
Imbuia	31,5	596	10,2	19,0	43,0
Reflora I	34,1	606	16,2	18,4	200,0
Reflora II	32,2	506	13,2	19,0	150,0
São João	34,4	508	12,1	18,7	48,0

Legenda: G/ha: área basal (m²/ha); N/ha: número de árvores por hectare; IS₁₅: índice de sítio aos 15 anos.

O índice de sítio dos projetos, para a idade índice de 15 anos, foi obtido por meio das fórmulas a seguir, obtidas no Laboratório de Inventário Florestal da UFPR.

$$IS_{25} = \exp \{ \ln (h_{dom}) + 9,32216638 + [(1/Id) - (1/25)] \} \quad (1)$$

$$IS_{15} = IS_{25} * 0,779898806 \quad (2)$$

Em que:

h_{dom} = altura dominante (m)

Id = idade (anos)

Análise dos dados

Para estimar a produção volumétrica dos plantios da empresa utilizou-se o programa de simulação florestal Sispinus[®] desenvolvido pelo CNPF-Embrapa. Neste estudo foram avaliados o regime de manejo adotado pela empresa (regime 0) e mais quatro simulações. As características de cada regime são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Regimes de manejo adotados no estudo

Regime	1º Desbaste		2º Desbaste		3º Desbaste		4º Desbaste		Corte Raso	
	Ano	% Ret	Ano	% Ret						
0	8	28	12	37	16	50	-	-	20	100
1	6	28	11	30	15	30	-	-	20	100
2	8	28	13	30	17	30	-	-	20	100
3	9	28	14	30	18	30	-	-	20	100
4	6	28	10	30	14	30	18	30	20	100

Legenda: Ret = Retirado.

A prognose foi realizada até o ano de 2022, considerando-se que as informações disponíveis foram obtidas em 2002. A condição atual de cada um dos projetos foi considerada e, logo após a data de corte raso deles, estabeleceu-se um período de descanso de um ano para a terra (procedimento adotado pela empresa), e um novo plantio foi simulado, considerando um espaçamento 3×3 m, totalizando 1.111 árvores por hectare.

A partir das equações apresentadas na Tabela 3, foi estimada a quantidade de biomassa verde (kg) e de carbono total (Mg/ha) existente em cada projeto, de acordo com os regimes de manejo adotados, para cada ano do horizonte de planejamento. Vale ressaltar que 1 Mg equivale a 1 ton e é a unidade normalmente utilizada em estudos quantitativos de carbono.

Para estimar a quantidade de carbono remanescente nos projetos, subtraiu-se do total estimado para cada ano a quantidade de carbono retirada com os desbastes e corte raso, em cada regime de manejo. Sendo assim, obteve-se a quantidade de carbono realmente fixada durante o horizonte de planejamento do estudo, após a ocorrência dos desbastes em cada regime.

Tabela 3 - Equações adotadas para estimar a biomassa verde com casca (kg) e o carbono (kg)

Biomassa Verde	Equação	R ² (%)	Syx (%)
Fuste	$PVF_{cc} = 0,0595 (DAP^2 * H)^{0,9279}$	95,07	13,46
Folhas	$PVF_{fol} = 0,0012(DAP^2 * H)^{1,0480}$	78,37	18,67
Galho Vivo	$PVG_{V_{cc}} = 0,0001(DAP^2 * H)^{1,3922}$	77,29	19,03
Carbono			
Fuste	$PCF = 0,1737 * PVF$	94,21	13,46
Folhas	$PCF_{fol} = 0,1422 * PVF_{fol}$	83,77	28,67
Galho Vivo	$PCGV = 0,1595 * PVG_{V}$	98,69	9,01

Fonte: SANQUETTA et al., 2003.

Legenda: DAP = Diâmetro à Altura do Peito; H = Altura Total; R² = Coeficiente de Determinação; Syx(%) = Erro Padrão Residual Percentual; PVF_{cc} = Peso Verde do Fuste com casca; PVF_{fol} = Peso Verde das Folhas; $PVG_{V_{cc}}$ = Peso Verde dos Galhos Vivos com casca; PCF = Peso de Carbono no Fuste; PCF_{fol} = Peso de Carbono nas Folhas; PCGV = Peso de Carbono nos Galhos Vivos.

Resultados e discussões

A quantidade de carbono que poderá ser encontrada nos anos referentes ao estudo, após a realização dos desbastes e do corte raso, considerando os 11 projetos e os cinco diferentes regimes de manejo, está apresentada graficamente nas Figuras 1, 2, 3, 4 e 5.

Por meio das Figuras 1 a 5, pode-se verificar que as menores quantidades de carbono (Mg) encontradas para os regimes de manejo estudados encontram-se entre os anos de 2006 e 2016. Isso ocorre em virtude da maioria dos projetos sofrerem corte raso em seus povoamentos nessa época, já que se encontravam em idade avançada no ano de início do planejamento.

A Tabela 4 apresenta a quantidade de carbono estimada para os 20 anos, considerando os diferentes regimes de manejo, para cada projeto estudado. De acordo com os dados apresentados na Tabela pôde-se verificar que o regime 1 (desbastes aos 6, 11 e 15 anos) foi o que apresentou maior quantidade de carbono fixada para a maioria dos projetos, mostrando que a ocorrência dos desbastes em idades maiores pode propiciar maior fixação de carbono nas florestas. Já os regimes de manejo adotados pela empresa e aquele que prevê desbaste aos 6, 10, 14 e 18 anos (regime de manejo 4) foram os que apresentaram os menores resultados para quantidade de carbono fixada.

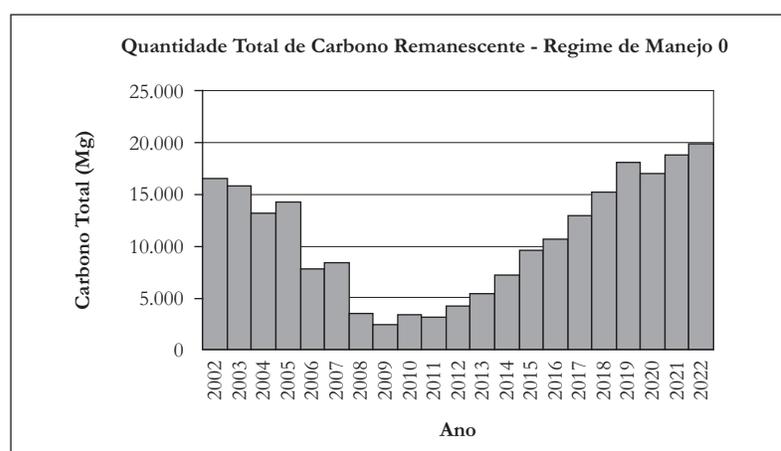


Figura 1 - Quantidade de carbono (Mg) remanescente, considerando o regime de manejo adotado pela empresa

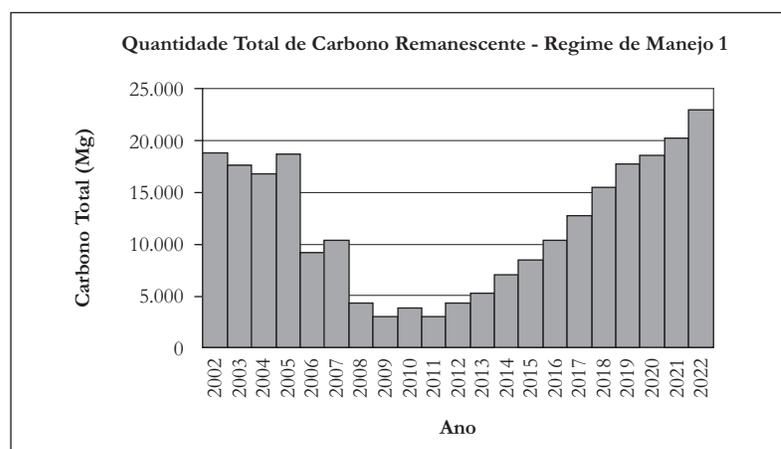


Figura 2 - Quantidade de carbono (Mg) remanescente, considerando o regime de manejo 1

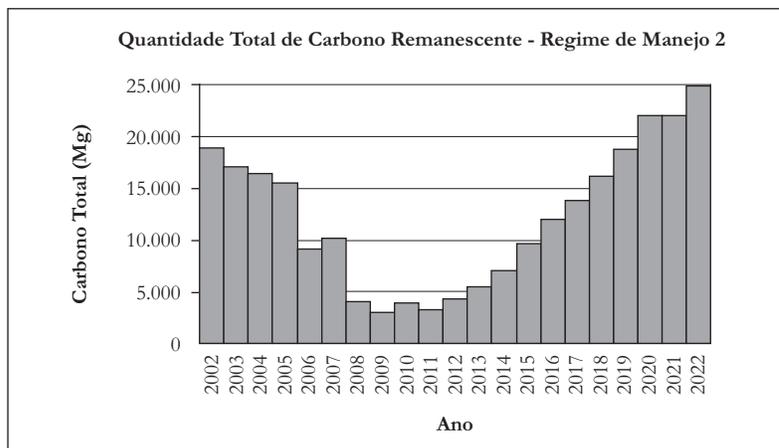


Figura 3 - Quantidade de carbono (Mg) remanescente, considerando o regime de manejo 2

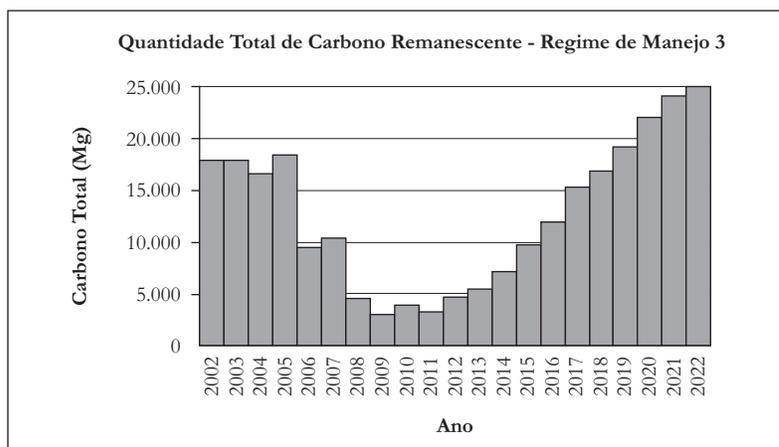


Figura 4 - Quantidade de carbono (Mg) remanescente, considerando o regime de manejo 3

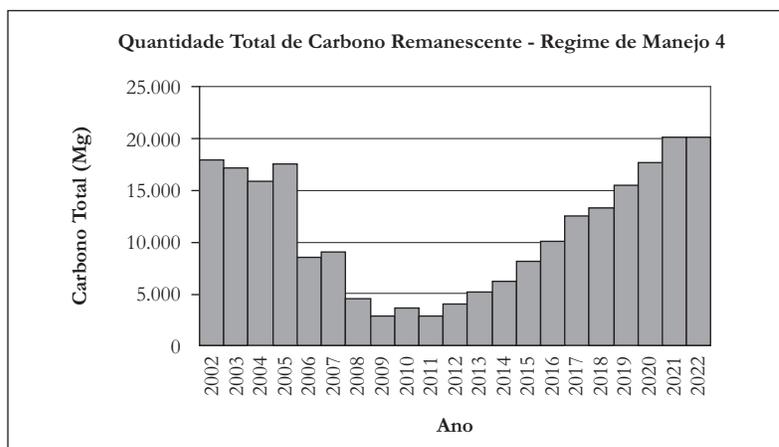


Figura 5 - Quantidade de carbono (Mg) remanescente, considerando o regime de manejo 4

Tabela 4 - Quantidade de carbono total (por hectare) estimada para os 20 anos de cada projeto, considerando os regimes de manejo adotados

Projeto	Regime 0	Regime 1	Regime 2	Regime 3	Regime 4
Santo Antônio	38,50	50,13	49,78	49,49	40,00
Santo Antônio 2	45,31	60,34	58,89	58,08	47,84
Santo Antônio 3	39,87	52,18	51,76	51,47	41,71
Projeto 14	38,50	50,13	49,78	49,49	40,00
Projeto 13	46,04	60,84	59,64	58,83	48,68
Projeto 12	52,14	68,57	67,57	66,44	54,38
Projeto 11	46,46	61,41	6,42	59,46	48,72
Imbuia	39,01	51,08	50,36	50,26	40,44
Reflora I	35,87	47,15	46,60	46,37	37,73
Reflora II	39,01	51,08	50,36	50,26	40,44
São João	37,46	49,32	48,32	48,17	38,96

Alguns estudos sobre a quantidade de carbono fixada pelos sistemas florestais e ajuste de modelos para sua estimativa já foram realizados (CALDEIRA et al., 2003; MELLO et al., 2004; PAIXÃO, 2004; SCHNEIDER et al., 2005; SOARES E OLIVEIRA, 2002), mas ainda existe a necessidade de maiores esforços no sentido de determinar o verdadeiro potencial dos plantios florestais e também de ecossistemas naturais.

Conclusões

Como a existência de carbono em um povoamento florestal está associada à quantidade de biomassa encontrada neste, a maior quantidade remanescente total de carbono, considerando todos os projetos, foi encontrada nos primeiros e nos últimos anos do horizonte de planejamento, nos cinco regimes de manejo adotados no estudo. Este fato ocorreu graças à execução do corte raso na maioria dos projetos no meio do horizonte de planejamento. Aos 20 anos, o regime que considera desbastes aos 6, 11 e 15 anos foi o que apresentou uma maior quantidade de carbono fixada para a maioria dos projetos, mostrando que a ocorrência dos desbastes em idades maiores pode propiciar maior fixação de carbono nas florestas.

Referências

CALDEIRA, M. V. W. et al. Determinação de carbono orgânico em povoamentos de *Acacia mearnsii* De Wild. plantados no Rio Grande do Sul. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 1, n. 2, p. 47-54, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual Técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 1992.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Curitiba: CODEPAR, 1968.

- MELLO, A. A.; BALBINOT, R.; SANQUETTA, C. R. Simulações do conteúdo de carbono em povoamentos de *Pinus taeda* L. no sul do Estado do Paraná, sob diferentes tipos de manejo. **Brasil Florestal**, n. 79, p. 17-24, 2004.
- PAIXÃO, F. A. **Quantificação do estoque de carbono e avaliação econômica de alternativas de uso de um povoamento de eucalipto**. 2004. 50 f. Tese (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.
- ROCHA, M. T. O aquecimento global e os instrumentos de mercado para a solução do problema. In: SANQUETTA, C. R. et al. (Ed.). **As florestas e o carbono**. Curitiba: Ed. da UFPR, 2002. p. 1-34.
- ROCHADELLI, R. **A estrutura de fixação dos átomos de carbono em reflorestamentos (Estudo de caso: *Mimosa scabrella* Bentham, bracinga)**. 2001. 86 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA – SBS. **Fatos e números do Brasil Florestal**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2007.
- SANQUETTA, C. R. et al. **Estudo de viabilidade de projeto de implantação de florestas fixadoras de carbono: estudo de caso no sul do Estado do Paraná**. Curitiba: FNMA, 2003. 92 p. Relatório final de atividades MMA/FNMA.
- SCHNEIDER, P. R. P. et al. Determinação indireta do estoque de biomassa e carbono em povoamentos de Acácia-Negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). **Ciência Florestal**, v. 15, n. 4, p. 391-402, 2005.
- SOARES, C. P. B.; OLIVEIRA, M. L. R. Equações para estimar a quantidade de carbono na parte aérea de árvores de eucalipto em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 26, n. 5, p. 533-539, 2002.

Recebido: 20/05/2009

Received: 05/20/2009

Aprovado: 26/03/2010

Approved: 03/26/2010