



## TAXAS INICIAIS DE SEQÜESTRO DE CARBONO EM ÁREA DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL SÃO DEPENDENTES DOS SISTEMAS DE IMPLANTAÇÃO E MANEJO ADOTADOS ?

J.L. Stape; F. Gandara; J.D. Santos; E. Gusson; O.C. Campoe; R.M.M. Sixel.

Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Depto. de Ciências Florestais.

### INTRODUÇÃO

Como consequência do aumento das emissões antrópicas de gases de efeito-estufa (GEE), a temperatura da atmosfera terrestre tem aumentado nos últimos anos. A concentração na atmosfera do principal destes gases, o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), permaneceu estável por milhares de anos ( $\pm 280$  ppm), até 1800 quando essa concentração elevou-se exponencialmente atingindo 380 ppm nos dias atuais. Mesmo que as emissões das atividades humanas cessem imediatamente, os efeitos persistiriam por séculos (Gitay *et al.* 2002). Com o objetivo de mitigar tais efeitos, a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC) criou o Protocolo de Quioto, que visa reduzir as emissões de GEE em 5%, abaixo das concentrações de 1990, no período de 2008 a 2012. Dentro do Protocolo de Quioto, o instrumento chamado Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), permite aos países desenvolvidos o uso limitado de créditos de carbono para atingirem suas metas de redução de emissões. Entre as diversas modalidades de projetos do MDL, estão os projetos de reflorestamento e florestamento.

Atualmente, é reconhecido em âmbito mundial que as florestas têm um papel fundamental na redução da concentração de  $\text{CO}_2$  na atmosfera, principalmente florestas tropicais (Malhi, 2000), e que a recuperação de áreas degradadas é uma forma válida e legítima para mitigar os efeitos do aquecimento global. Apesar disso, existem alguns questionamentos com relação ao potencial desses sistemas em incrementar e acumular biomassa, pois como se sabe, trabalhos de restauração, em sua grande maioria concentram-se em estudos associados aos modelos de composição florística, visando a sucessão secundária e interações fauna-flora (Kageyama *et al.*, 2003), ficando os tratamentos silviculturais limitados às práticas tradicionais, em geral, de baixo investimento. Esta sistemática não permite a avaliação do potencial produtivo das

diferentes espécies nativas e suas interações com as práticas silviculturais, em relação às taxas de fixação de carbono.

O avanço do conhecimento na área de restauração florestal, que surgiu como uma demanda da restauração ecológica pode ser associada à questão do seqüestro de carbono, podendo dar grande contribuição às ações do MDL. Para isto, deve-se incorporar as técnicas de avaliação da Produtividade Primária Líquida do Ecossistema, já amplamente utilizada em florestas plantadas ou naturais monoespecíficas (Stape, 2002), concomitantemente aos estudos silviculturais e ecológicos, investigando o potencial de acelerar as taxas de fixação de C, através do manejo florestal.

Com esta fundamentação, em 2004 iniciou-se o projeto “Modelos de Recuperação de Áreas Degradadas com Espécies Nativas Visando Seqüestro de C” - ESALQ/USP - IPEF - Petrobras (Stape *et al.* 2006), onde são manipulados fatores que afetam as taxas de crescimento das florestas plantadas em áreas de restauração: a) composição florística, b) espaçamento de plantio, e c) tecnologia de implantação e manejo florestal.

### MATERIAL E MÉTODOS

O sítio localiza-se na Estação Experimental da ESALQ/USP (22° 47' S e 48° 09' W, a 500 m de altitude), no município de Anhembi - SP, em área de domínio do Bioma Mata Atlântica. A temperatura média anual é de 21°C e a precipitação média anual é de 1.350 mm, com pequeno déficit hídrico.

O delineamento é um fatorial completo com três fatores, e dois níveis por fator, a saber: a) Composição florística: A=50:50% e B=67:33% de pioneiras e secundárias iniciais: secundárias tardias e climáticas; b) Espaçamento, com duas densidades de plantio: 1=1.667 indivíduos por hectare (3m x 2m) e 2=3.333 indivíduos por hectare (3m x 1m); e c) Práticas silviculturais com dois níveis de

tecnologias de implantação e manutenção: U(usual)= adubação de base + capina até 2º ano na linha e X(máxima)= adubações corretivas, de base e cobertura + sempre livre de mato-competição. Totalizam oito diferentes tratamentos (A1X, A1U, A2X, A2U, B1X, B1U, B2X, B2U) que possibilitam o estudo agrupado e isolado de cada fator. O ensaio apresenta delineamento em blocos casualizados, com 4 repetições, com 32 parcelas de 1200 m<sup>2</sup>, totalizando 4,0 ha.

A estimativa da fixação de C, em gC m<sup>-2</sup> ano<sup>-1</sup>, por tratamento, foi efetuada tomando-se a soma dos estoques de C no tempo 3 anos (última avaliação fev./2007) e subtraindo-se da soma, os estoques de C no tempo zero (pré-plantio, fev./2004), dividindo este resultado por 3 anos.

O estoque de carbono no tempo zero (idade 0) foi avaliado pela soma do carbono do solo e da vegetação original (pastagem de *Brachiaria decumbens*). Para o carbono do solo foram coletadas amostras em duas profundidades (0-15 e 15-30 cm), processadas, e analisadas em laboratório do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA-USP) através do método de combustão total do oxigênio.

Para o estoque de carbono na vegetação original, amostras foram coletadas utilizando-se um quadrado amostral de 0,5 m<sup>2</sup>, em posições aleatórias. Toda a biomassa presente foi coletada, seca em estufa (45°C), determinando-se assim a biomassa seca. Considerou-se como carbono 50% da biomassa seca.

O estoque de carbono do plantio com 3 anos foi determinado pelo volume dos indivíduos (usando fator de forma), densidade básica da madeira e teor de carbono de todas as espécies. Para estimativa do volume da floresta foram realizadas medições de altura total e diâmetro de todos os indivíduos presentes nas parcelas. A densidade básica da madeira foi determinada pelo método da balança hidrostática individualmente para cada espécie, assim como teor de carbono na madeira. Realizou-se, a coleta de material em parcelas destrutivas, e as análises laboratoriais no LCF/ESALQ - USP e CENA - USP, respectivamente.

Com os valores estimados de volume corrigido pelo fator de forma, densidade básica da madeira e teor de carbono na madeira foi possível determinar o estoque de carbono nos diferentes tratamentos, somando o teor de carbono de cada árvore de cada um dos tratamentos. Estimamos o Seqüestro de C nestes 3 anos, considerando um seqüestro ou perda nulo no solo, e focando-se no acúmulo de biomassa da parte aérea.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As taxas médias de seqüestro por efeito do modelo com 50% (A) e 67% (B) de pioneiras e secundárias iniciais foram de 83 versus 92 gC m<sup>-2</sup> ano<sup>-1</sup>. As taxas médias de seqüestro por efeito do espaçamento, no 3 x 2 e 3 x 1 foram de 58 versus 116 gC m<sup>-2</sup> ano<sup>-1</sup>. As taxas médias de seqüestro por efeito da tecnologia usual (U) e potencial ou máxima (X) foram de 5 versus 169 gC m<sup>-2</sup> ano<sup>-1</sup>. Assim, a taxa média de seqüestro no sistema tradicional, amplamente utilizado em projetos de restauração no estado de São Paulo, A2U (50% pioneiras, 3 m x 2 m, e manejo usual) foi - 22 gC m<sup>-2</sup> ano<sup>-1</sup>, evidenciando que não houve seqüestro de C nestes sistemas até o 3º ano. No entanto, para o sistema B1X (67% pioneiras, 3 m x 1 m, e manejo máximo), houve seqüestro altamente positivo e significativo de + 209 gC m<sup>-2</sup> ano<sup>-1</sup> (= 2,1 t C ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>) evidenciando que as taxas de seqüestro são altamente dependentes do sistema silvicultural adotado.

Em ordem crescente, as maiores taxas de seqüestro foram obtidos com os modelos de composição, apresentando ganho de 11% do modelo B sobre o A; espaçamento de plantio, apresentando ganho de 100% do modelo 1 sobre o 2 e melhoria do nível tecnológico, apresentando ganho de 3000% do modelo X sobre o U. As maiores e mais aceleradas taxas de seqüestro ocorreram nas composições florísticas com maior porcentagem de pioneiras, com menor espaçamento de plantio e com maior qualidade silvicultural de preparo de solo, fertilização e controle de matocompetição.

## CONCLUSÃO

Através dos dados apresentados podemos inferir que, em fase inicial, há alto potencial de aumento do seqüestro de C na restauração de áreas com espécies nativas da Mata Atlântica utilizando-se de técnicas de composição florística e silviculturais. Estes fatores aceleram o estabelecimento e crescimento das plantas, proporcionando diferentes níveis de recursos, afetando positivamente seu desenvolvimento (Nambiar & Brown, 1997).

Ressaltamos, no entanto, que estes dados são preliminares, e que este é um ensaio de longo prazo, com avaliações programadas para idades de 4, 6, 8, 12, 16, 20, 24 e 30 anos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GITAY H, SUAREZ A, WATSON RT, DOKKEN DJ (eds) **Climate Change and Biodiversity**. Intergovernmental Panel on Climate Change. Technical Paper V. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2002.
- MELO A.C.G. de; DURIGAN, G. Fixação de carbono em reflorestamentos de matas ciliares no Vale do Paranapanema, SP, Brasil. **Scientia Forestalis**, n. 71, p. 149-154, ago. 2006.
- KAGEYAMA, P.Y. *et al.* **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF. 340 p. 2003
- Malhi Y.; Grace, J. Tropical forests and atmospheric carbon dioxide. **Tree**, v. 15, n. 8, p. 332-337. 2000
- Nambiar, S.E.K.; Brown, A.G. **Management of soil nutrients and water in tropical plantations forests**. Canberra, Austrália: CSIRO, ACIAR Monograph, n. 43. 571p. 1997
- STAPE, J.L. **Production ecology of clonal Eucalyptus plantations in northeastern Brazil**. Fort Collins, 250p. (Ph.D. thesis) - Colorado State University/CSU, EUA. 2002.
- Stape, J.L.; Gandara, F.B. ; Santos, J.D. ; Gusson, E. Aceleração do crescimento inicial de plantas nativas de diferentes grupos sucessionais em área de restauração por minimização de estresses ambientais através de práticas silviculturais. In: **Congresso da Sociedade Botânica de São Paulo, 26**. Piracicaba, 2006.