



AValiação DA EFICIÊNCIA E CAPACIDADE DE RESTAURAÇÃO FUNCIONAL DO SOLO SOB PLANTIOS DE RESTAURAÇÃO COM BASE EM INDICADORES QUÍMICOS, NO CORREDOR PRIORITÁRIO DA MATA ATLÂNTICA SOORETAMA/COMBOIOS/GOYTACAZES, BRASIL.

Dreyer, N.

Barros, H. S.; Garay, I.

Laboratório de Gestão da Biodiversidade Universidade Federal do Rio de Janeiro - Ilha do Fundão, R.J. Bloco A / Sala 100

INTRODUÇÃO

A Floresta Atlântica originalmente estendia - se ao longo do litoral brasileiro, sendo a segunda maior floresta tropical úmida do Brasil, só comparável à Floresta Amazônica. Em meio às conseqüências do desmatamento encontramos uma Floresta Atlântica caracterizada pela fragmentação de seus ecossistemas, ligada essencialmente à ocupação humana desordenada e ao desenvolvimento acelerado e não sustentável das últimas décadas (Viana & Tabanez, 1996).

O processo de redução e isolamento da vegetação natural, conhecido por fragmentação, tem conseqüências sobre as estruturas e os processos das comunidades vegetais. Além da evidente redução na área original dos habitats, estudos relatam extinções locais e alterações na composição e abundância de espécies que levam a alteração, ou mesmo à perda, de processos naturais das comunidades (MMA/SBF, 2003).

Além dos efeitos da fragmentação, a supressão da vegetação arbórea e o cultivo intensivo aliado à mecanização da agricultura em regiões tropicais, contribui amplamente para a degradação e perda dos solos, visto que, a falta de uma cobertura de solo tem grande influência sobre a estabilidade de sua estrutura, pois permite o impacto direto das gotas de chuva, aumenta a amplitude térmica e diminui a manutenção da umidade no solo, fatores que são prejudiciais ao desenvolvimento radicular, a atividade microbiana e a formação de agregados das partículas do solo, o que, conseqüentemente, influencia na fertilidade e ciclagem de nutrientes (Campos et. al. 1999). A deterioração severa das propriedades dos solos pode levar à degradação permanente da sua produtividade, comprometendo igualmente suas funções ecológicas e a resiliência do ecossistema (Nardi et al., 1996; Islam et al., 1999).

Uma das conseqüências deste quadro é a perda da biodiversidade da fauna e da flora, que trazem conseqüências diretas para a comunidade local e para todo o mundo, já que florestas são vitais na sustentação da vida na Terra, tendo pa-

pel não só ambiental, mas sócio - econômico (UNEP, 2001). Tendo em vista o estágio de degradação dos ecossistemas florestais, a recomposição da vegetação é tida como a maneira mais útil e aceita para restaurá - los, reduzindo a erosão e protegendo os solos contra degradação (Morgan, 1986; Palmer et al., 1997; Lake, 2001).

Desta forma, projetos de restauração têm por objetivo reverter esta situação, manipulando os componentes bióticos e abióticos de um ambiente a fim de recompor sua estrutura e funcionamento o mais próximo possível do estado original, anterior à perturbação.

Os resultados esperados dessas ações são:

- 1) proteger áreas de córregos e cursos de água, o que evita erosão e assoreamento, já que as raízes profundas são capazes de impedir deslizamentos de terra sobre os córregos, além de promover a infiltração de água no solo, o que evita enchentes, ajuda a manter o regime das chuvas e reduz a perda de água através do escoamento em encostas;
- 2) manter e restaurar a biodiversidade, o que gera um controle biológico de pragas, polinizadores naturais, e a própria manutenção da diversidade genética e de espécies;
- 3) servir como corredor ecológico, o que mantém o fluxo gênico entre os fragmentos;
- 4) fixar e armazenar carbono, o que também contribui para uma diminuição do aquecimento global;
- 5) diminuir o risco de queimadas.
- 6) Além de disponibilizar para as comunidades do entorno e para o país, através de um extrativismo seletivo, uma fonte de madeira, bambu, frutos comestíveis, plantas medicinais etc (Itto, 2002).

Como também objetiva - se a restauração das propriedades dos solos bem com suas funções, é fundamental que variáveis edáficas sensíveis a essas mudanças ambientais sejam incorporadas ao conjunto de indicadores ecológicos da eficiência da restauração dos ecossistemas.

Nessa perspectiva, pode - se formular uma premissa geral de trabalho: a regeneração da vegetação provoca alterações nas propriedades químicas dos solos, podendo estas serem

utilizadas como indicadores da eficiência de programas de restauração de áreas degradadas.

O presente trabalho está inserido no projeto de “Restauração solidária de Floresta Atlântica no corredor prioritário Sooretama/Goytacazes/Comboios, ES”.

OBJETIVOS

Este trabalho tem por objetivo avaliar ecologicamente a eficiência e a capacidade de restauração da fertilidade do solo após cerca de dez anos da implantação de plantios de restauração.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Sooretama, Linhares e Jaguaré. Em comparação com outras áreas da Mata Atlântica a região do norte do Espírito Santo teve um ritmo de colonização mais lento devido aos aspectos de sua paisagem e de seus processos históricos. Entretanto, a partir da década de 1950, a região passou por um intenso processo de ocupação agrícola levando a aceleração do desmatamento das florestas nativas. Provavelmente a degradação desses ambientes se deu devido à falta de práticas alternativas de agricultura e manejo do solo, visto que as principais atividades na região ainda são a extração de madeira e o monocultivo do café.

Atualmente a região se caracteriza por um elevado número de fragmentos florestais isolados formados por matas secundárias originárias de áreas interferidas pela extração de madeira nobre e algumas áreas abandonadas após o uso da terra (Agarez et. al. 2004).

Em meio a uma matriz essencialmente agrícola, encontra-se a maior área de Floresta Atlântica do Espírito Santo, que corresponde àquela preservada pela Reserva Biológica de Sooretama, criada em 1943 e demarcada definitivamente em 1982, e pela Reserva Natural da Vale do Rio Doce, criada na década de 50. Juntas, estas reservas preservam cerca de 45.000 ha de Floresta Atlântica de Tabuleiros, sendo um dos centros de endemismo da Mata Atlântica que, devido às ameaças a biodiversidade, é considerada um dos 25 hot-spots mundiais para conservação (Myers & Mittermeier, 2000). A Floresta Atlântica de Tabuleiros, possui espécies tanto da Floresta Atlântica, quanto da Floresta Amazônica e ainda, espécies endêmicas (Rizzini, 1979; Agarez et al., 2004).

Segundo a classificação da EMBRAPA (1999), o tipo de solo predominante dos tabuleiros costeiros é classificado como Podzólico Amarelo Distrófico, ou Argissolo Amarelo, sendo o oligotrofismo uma característica marcante, em razão do predomínio de argilas de baixa atividade e baixas concentrações de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} e K^{+} , além da textura arenosa do horizonte A, que diminui a capacidade de retenção dos nutrientes (Barbosa, 2007). A forma de húmus é o mull mesotrófico tropical (Garay et al., 1995) e resulta da rápida decomposição dos aportes foliares. O clima é marcado por períodos de seca no inverno e chuvas no verão, podendo haver variações anuais expressivas. Segundo a estação meteorológica da Reserva Natural Companhia Vale do Rio Doce,

a precipitação média anual é de 1.202 mm, sendo os maiores índices registrados entre os meses de novembro a março, e os menores de maio a agosto.

No final da década de 90, começou a ser desenvolvido na região o subprojeto demonstrativo “Conservação e Recuperação da Floresta Atlântica, em Linhares - ES, com base na avaliação funcional da biodiversidade”, como parte do Programa Nacional de Diversidade Biológica Brasileira (PRONAMA - PROBIO). Através desse subprojeto, foram conduzidas atividades para avaliação dos solos de áreas degradadas e recuperação dessas áreas. Os estudos desenvolvidos revelaram profundas alterações na estrutura física e composição química dos solos outrora produtivos ou ocupados por formações florestais.

Nas terras de 38 produtores rurais foi restaurada, no total, uma superfície de 104 hectares com plantios arbóreos com mais de 40 espécies nativas, em bordas de córregos e mananciais, ou seja, em áreas de preservação permanente, sendo que o número de mudas utilizadas se elevou a 280.000.

Para se avaliar a restauração da fertilidade do solo após os plantios, serão feitas comparações entre as variáveis químicas nas áreas em restauração antes e depois dos plantios, além de comparações entre as variáveis químicas destas áreas com a área controle, de floresta nativa.

Nesse estudo, serão considerados os horizontes superficiais, já que neles há acúmulo de matéria orgânica e nutrientes em abundância (Garay, et al., 1995). Além do que, as alterações na matéria orgânica devido a reconstrução da vegetação ocorrem primeiramente na superfície dos solos (Desjardins et al., 1994; Rao et al., 1994). Sendo assim, tomamos o horizonte de interface (Ai), de profundidade 0 a 2 cm, que se localiza entre as camadas holorgânicas e o horizonte A1; e o horizonte A1, de profundidade 2 a 12 cm, que compreende os primeiros 10 centímetros do primeiro horizonte orgânico - mineral propriamente dito (Garay et al., 1995; Kindel & Garay 2002).

Foram escolhidos para teste 5 sítios de amostragem, sendo eles: Fazenda Bizi, Fazenda Santa Helena, Fazenda Caliman, Fazenda Pitangueira, e Reserva Biológica de Sooretama (considerada área controle). Em cada uma das áreas foram coletadas 9 amostras sendo que em cada ponto foi tomado o cuidado de se manter a maior distância possível das raízes grandes das árvores, trilhas, bordas e entre os próprios pontos, que não for menor que 50 metros. Após a escolha dos pontos de coleta, a área foi demarcada com um quadrado de 25x25cm. As camadas de folhagem foram retiradas manualmente, divididas em camadas F e L (com folhas inteiras e folhas em processo de decomposição, respectivamente) e armazenadas corretamente para posteriores análises. As amostras de solo foram subdivididas em duas profundidades: de 0 - 2 cm (horizonte Ai) e 2 - 12 cm (horizonte A1). Os primeiros 2 cm, foram retirados com auxílio de uma pá. Em relação ao horizonte A1, um cilindro de 10x10 cm foi enterrado e o volume de solo contido nele, coletado. O material dos horizontes Ai e A1 foi seco ao ar em temperatura ambiente. Em seguida, peneirado em malha de 2 mm e as frações grosseiras contidas nas amostras como: folhas, galhos, material reprodutivo e raízes foram separadas manualmente. O material ainda foi destorreado com rolo de madeira obtendo - se a chamada Terra

Fina Seca ao Ar (TFSA). O material fino resultante foi enviado ao Centro Nacional de Pesquisas do Solo - EMBRAPA para análise em termos de C, N, P, Ca, Mg, Na, K, BT (soma das bases trocáveis), CTC (capacidade de troca catiônica), %SB (porcentagem de saturação em bases) e pH. Estas foram então conduzidas e tratadas segundo os métodos desenvolvidos pelo próprio CNPS - Embrapa Solos (EMBRAPA, 1997).

Esta metodologia foi aplicada tanto na época anterior aos plantios (1998), quanto cerca de dez anos depois (2008) para que se pudessem realizar as comparações. É importante lembrar que os solos dos plantios de restauração não possuíam o horizonte Ai, perdido em consequência da erosão. No entanto, foram tomadas amostras da profundidade 0 - 2 cm, para que as comparações com o sítio controle pudessem ser feitas adequadamente. Além disso, para as comparações feitas com o sítio controle foram utilizados apenas os dados coletados em 1998, já que sob vegetação natural, o conteúdo de matéria orgânica do solo encontra-se estável (Bayer, C.; Mielniczuk, J. 1999).

Foram realizados testes estatísticos, com as probabilidades calculadas ao nível de significância de 5%, com auxílio do software Statistica® 7.0. Os testes estatísticos foram realizados a partir dos dados normalizados pela raiz quadrada. Para comparar os parâmetros de um mesmo sítio entre 1998 e 2008 foram empregados testes - t de Student. Posteriormente, uma ANOVA (one - way) foi utilizada para comparar as áreas dos plantios com a REBIO, nas mesmas datas. Esse teste foi feito com o intuito de verificar quais sítios reflorestados se encontravam mais próximos da área controle em relação aos parâmetros analisados. No caso de diferenças significativas, o teste post - hoc Tukey foi realizado.

RESULTADOS

Para o horizonte Ai do sítio Pitangueiras verificamos mudanças significativas nos níveis de Na ($p=0,002$; $F=1,28$) e CTC ($p=0,03$; $F=1,46$) entre os anos, embora nenhum desses níveis tenham alcançado os valores observados na REBIO. Em relação ao horizonte A1, observamos mudanças significativas nos níveis de C ($p=0,02$; $F=1,00$), N ($p=0,01$; $F=1,05$), P ($p < 0,001$; $F=5,69$) e CTC ($p < 0,01$; $F=1,36$), entre 1998 e 2008. No entanto, o que vemos e que apenas o valor de N ($0,11 \pm 0,03$) se assemelha ao encontrado na REBIO.

Em relação ao horizonte Ai do sítio Caliman, alterações significativas nos níveis de C ($p < 0,001$; $F=10,02$), N ($p < 0,001$; $F=6,45$), P ($p=0,03$; $F=1,15$), Ca ($p < 0,001$; $F=2,71$), Mg ($p < 0,001$; $F=4,06$), K ($p < 0,01$; $F=1,12$), BT ($p < 0,001$; $F=2,78$), CTC ($p < 0,001$; $F=7,40$), %SB ($p < 0,001$; $F=5,79$) e pH ($p < 0,001$; $F=2,86$), entre os anos foram constatadas. Porém, apenas os níveis de C ($2,62 \pm 1,48$), N ($0,2 \pm 0,09$), Mg ($2,30 \pm 0,8$) e %SB ($69,0 \pm 7,8$) apresentaram valores semelhantes aos da REBIO. Já para o horizonte A1, verificamos mudanças em C ($p=0,01$; $F=3,43$), N ($p=0,009$; $F=2,04$), P ($p=0,02$; $F=2,03$), Ca ($p=0,01$; $F=2,15$), Mg ($p=0,003$; $F=1,99$), Na ($p=0,02$; $F=4,03$), BT ($p=0,01$; $F=2,01$), %SB ($p=0,04$; $F=2,51$) e pH ($p=0,04$; $F=1,03$), quando comparados os anos de 1998 e 2008. Embora apenas os valores de Ca ($1,90 \pm 0,87$), Mg

($1,00 \pm 0,43$) e BT ($3,10 \pm 1,26$) tenham alcançado níveis semelhantes aos do sítio controle após os plantios.

Sta. Helena mostrou mudanças para C ($p < 0,001$; $F=1,83$), N ($p < 0,001$; $F=1,19$), P ($p < 0,001$; $F=2,40$), Ca ($p < 0,001$; $F=1,98$), Mg ($p < 0,001$; $F=2,54$), BT ($p < 0,001$; $F=1,68$), CTC ($p < 0,001$; $F=1,24$), %SB ($p=0,03$; $F=3,64$) e pH ($p=0,01$; $F=1,02$) no horizonte Ai entre os anos, embora nenhum dos parâmetros tenha atingido valores similares aos encontrados REBIO. Em relação ao horizonte A1, foram observadas alterações significativas quanto aos níveis de C ($p=0,002$; $F=1,23$), N ($p < 0,001$; $F=2,18$), C/N ($p=0,001$; $F=1,75$), P ($p < 0,001$; $F=1,69$), Ca ($p=0,01$; $F=1,24$), Mg ($p < 0,001$; $F=9,18$), Na ($p=0,01$; $F=9,41$), BT ($p < 0,001$; $F=1,16$), CTC ($p < 0,001$; $F=1,13$). Apesar disso, somente o valor de CTC ($5,12 \pm 0,72$) tenha se aproximado significativamente do encontrado na REBIO.

Para o horizonte Ai do sítio Bizi houve diferenças nos valores de C ($p=0,01$; $F=3,15$), N ($p=0,03$; $F=3,36$), Ca ($p=0,001$; $F=2,38$), Mg ($p < 0,001$; $F=4,72$), K ($p=0,001$; $F=1,08$), BT ($p=0,001$; $F=3,37$), CTC ($p=0,003$; $F=8,80$) e %SB ($p=0,02$; $F=1,72$), mas apenas os valores de Mg ($2,30 \pm 0,8$) e K ($0,11 \pm 0,08$) alcançaram os valores da REBIO. Enquanto que para o horizonte A1 as mudanças foram significativas para N ($p=0,03$; $F=3,52$), P ($p < 0,001$; $F=2,83$), Ca ($p=0,004$; $F=1,21$), Mg ($p=0,008$; $F=1,33$), K ($p=0,001$; $F=5,91$), BT ($p=0,008$; $F=1,08$), CTC ($p=0,02$; $F=1,05$), %SB ($p=0,02$; $F=1,10$). Porém apenas o valor de K ($0,06 \pm 0,03$) se aproximou do encontrado na REBIO.

Em solos tropicais e subtropicais altamente intemperizados, a matéria orgânica tem grande importância para o fornecimento de nutrientes para a vegetação, a retenção de cátions, a complexação de elementos tóxicos e de micronutrientes, a estabilidade da estrutura, a infiltração e retenção de água, a aeração, a atividade e biomassa microbiana, constituindo - se assim, um componente fundamental da sua capacidade produtiva (Bayer, C.; Mielniczuk, J. 1999).

Após a análise dos dados podemos perceber que o sítio Caliman foi o que apresentou mais valores que se assemelham aos encontrados na REBIO (C, N, Mg, %SB), quando se trata do horizonte de interface Ai, o que significa que nesse sítio as funções do solo estão mais próximas do ecossistema natural de comparação, visto que é nesse horizonte que se dão os principais processos de decomposição, ciclagem e acúmulo de matéria orgânica (GARAY, *et al.*, 1995; DESJARDINS *et al.*, 1994; RAO *et al.*, 1994), o qual está intimamente relacionado as quantidades de C e N do solo, fator que irá acarretar numa maior retenção dos nutrientes nesse horizonte. Favorecendo dessa forma, um melhor desenvolvimento da vegetação presente no local. Embora, não tenha apresentado a mesma quantidade de parâmetros com valores semelhantes aos da REBIO, o sítio Bizi mostrou que os processos de restauração estão ocorrendo principalmente quando observamos os nutrientes disponíveis no solo, já que os níveis de Mg e K foram semelhantes aos da área controle. Em relação ao horizonte A1, o mesmo pode ser afirmado quanto a recuperação da fertilidade do solo, desde que se observa que os valores de Ca, Mg e BT do sítio Caliman são significativamente semelhantes aos da área controle, após decorridos cerca de dez anos da implementação dos plantios de restauração. Apesar disso, mudanças significativas

em todos os outros sítios também foram observadas neste horizonte, embora para apenas um dos parâmetros analisados em cada sítio, sendo o valor de K na fazenda Bizi, CTC no sítio Sta. Helena, e N em Pitangueiras. O que demonstra, ainda que timidamente, um grau de melhoria nos indicadores de fertilidade do solo.

CONCLUSÃO

Os resultados indicam a eficiência dos plantios na restauração funcional do solo, mas sugerem que um período de tempo mais longo é necessário para que os valores das áreas em recuperação aproximem - se daqueles exibidos pela área controle.

REFERÊNCIAS

- Agarez, F. V., Garay, I. & Vicens, R. S. 2004. "A floresta em pé: heterogeneidade de fragmentos e conservação". In: Garay, I. & Rizzini, C. M. (Orgs.). A Floresta Atlântica de Tabuleiros: diversidade funcional da cobertura arbórea. Editora Vozes, Petrópolis, RJ, Brasil.
- Barbosa J., 2007. Avaliação da restauração e conservação de solos por meio de indicadores físicos, químicos e microbiológicos em Floresta Atlântica de Tabuleiros - ES, BR.
- Bayer, C.; Mielniczuk, J. 1999 "Dinâmica e Função da Matéria orgânica". Fundamentos da Matéria Orgânica dos Solos, pp. 09 - 26.
- Campos B. C., Reinert D. J., Nicolodi R., & Cassol L. C. Dinâmica da agregação induzida pelo uso de plantas de inverno para cobertura do solo R. Bras. Ci. Solo, 23:383 -391,1999.
- Desjardins, T., Andreux, F., Volkoff, B. & Cerri, C.C., 1994. "Organic carbon and ^{13}C contents in soils and soil size - fractions, and their changes due to deforestation and pasture installation in eastern Amazonia". Geoderma, v. 61, pp. 103 - 118.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária / Centro Nacional de Pesquisa de Solos (CNPS). 1997. Manual de métodos de análise de solos. EMBRAPA - CNPS, Rio de Janeiro.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária / Centro Nacional de Pesquisa de Solos (CNPS). 1999. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro.
- Garay, I., Kindel, A., Jesus, R.M. 1995. "Diversity of humus forms in the Atlantic Forest ecosystems (Brazil): The Table - land Atlantic Forest". Acta Oecologica. v. 16, pp. 553 - 570.
- International Tropical Timber Organization (ITTO), Guidelines for the Restoration, Management and Rehabilitation of Degraded and Secondary Tropical Forests (Itto, Yokohama, Japan, 2002).
- Islam, K.R, Kamaluddin, M., Bhuiyan, M.K. & Badruddin, A. 1999. "Comparative performance of exotic and indigenous forest species for tropical semi - evergreen degraded forest land reforestation in Bangladesh". Land Degraded Dev., v. 10, pp. 241 - 249.
- Kindel, A. & Garay, I. 2002. "Humus forms in ecosystems of the Atlantic Forest, Brazil". Geoderma, v. 108, pp. 101 - 118.
- Lake, P.S. 2001. "On the maturing of restoration: Linking ecological research and restoration". Ecological Management and Restoration, v. 2 n., 2, pp. 110 - 115.
- Morgan, R.P.C. 1986. Soil Erosion and Conservation. Scientific & Technical Ed., London.
- MMA/SBF. Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas / Denise Marçal Rambaldi, Daniela América Suárez de Oliveira (orgs.). Brasília, 2003.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., da Fonseca, G. A. B. & Kent, J., 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature 403, 853-858.
- Nardi, S., Cocheri, G. & Dell'Agnola, G. 1996. "Biological activity of humus". In: Piccolo, A. (Ed.), Humic Substances in Terrestrial Ecosystems. Elsevier, Amsterdam, pp. 361 - 406.
- Palmer, M.A., Ambrose, R.F. & Poff, N.L. 1997. "Ecological theory and community restoration ecology". Restoration Ecology, v. 5, n. 4, pp. 291 - 300.
- Rao, I.M., Ayarza, M.A. & Thomas, R.J. 1994. "The use of carbon isotope ratios to evaluate legume contribution to soil enhancement in tropical pastures". Plant Soil, v. 162, pp. 177 - 182.
- Rizzini, C.T. 1979. Tratado de fitogeografia do Brasil, aspectos sociológicos e florísticos. Ed. Âmbito Cultural, Rio de Janeiro, RJ.
- Viana V.M. & Tabanez, A.A.J. Biology and conservation of forests fragments in the Brazilian Atlantic Moist Forest. In: Forest Patches in Tropical Landscapes, Schellas, J. & Greenberg, R. (eds.). Island Press, Washington DC, p.151 - 167, 1996.
- UNEP (2001). An Assessment of the Status of the World's Remaining Closed Forests. Division of Early Warning and Assessment (DEWA) United Nations Environment Programme (UNEP) P.O. Box 30552, Nairobi, Kenya.