



ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO ACIMA E ABAIXO DO SOLO EM FLORESTAS DE MATA ATLÂNTICA

Simone Aparecida Vieira

Luciana F. Alves, Susian C. Martins, Larissa G. Veiga, Marcos A. Scaranello, Marisa Picollo, Plínio B. Camargo, Flavio Mães dos Santos, Carlos A. Joly, Luiz A. Martinelli

Laboratório de Ecologia Isotópica - CENA/USP, Institute of Arctic and Alpine Research (INSTAAR), University of Colorado, Boulder, CO USA & Seção de Ecologia, Instituto de Botânica, São Paulo, SP, Brasil, Instituto de Biologia - UNICAMP

INTRODUÇÃO

Apesar da preocupação mundial e do aumento dos esforços internacionais para a conservação dos recursos naturais, as florestas tropicais do mundo continuam a desaparecer em taxas sem precedentes. Dados da FAO revelam que, entre 2000 e 2005, por exemplo, o Brasil foi responsável por 42% da perda da cobertura florestal do mundo.

Entre as florestas tropicais, a Mata Atlântica, localizada principalmente na região serrana próximo ao oceano, é uma das florestas tropicais mais ameaçadas, abrangendo atualmente menos de 7% de seus 1,5 milhões de km² originais (Ribeiro *et al.*, 009). No Estado de São Paulo, especificamente, resta menos de 5% de sua cobertura florestal original e a floresta remanescente esta inserida em uma matriz alterada por atividades humanas.

Nas últimas 3 décadas muitos estudos relativos a biodiversidade tem sido desenvolvidos em Mata Atlântica (Leitão Filho, 1993; Torezan, 1995; Morellato & Haddad, 2000; Oliveira Filho & Fontes, 2000), mas comparativamente, pouca informação esta disponível sobre a estrutura e o funcionamento deste ecossistema, e a quantificação da biomassa dessas florestas continua incipiente. Apesar do fato de que a maior parte do estoque de biomassa da Mata Atlântica ter sido removido nos últimos 150 anos, estimativas de biomassa e estoque de carbono e nitrogênio nos fragmentos remanescentes podem fornecer informações importantes para conservação destas florestas, assim como auxiliar no desenvolvimento de práticas de manejo da regeneração, melhorando nossa compreensão sobre os mecanismos que sustentam e regulamenta a biodiversidade, bem como os processos que controlam a estrutura e funcionamento dessas florestas.

OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho foi quantificar os estoques de carbono e nitrogênio acima e abaixo do solo em florestas de Mata Atlântica e verificar se existem diferenças

significativas na biomassa viva acima do solo e nos estoques de carbono e nitrogênio acima e abaixo do solo ao longo de um gradiente altitudinal na Mata Atlântica costeira do Estado de São Paulo.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram selecionados quatro fitofisionomias ao longo de um gradiente altitudinal localizado no maior fragmento contínuo de Mata Atlântica no Brasil (315,000 ha), situado no nordeste do Estado de São Paulo, nos municípios de Ubatuba e São Luis do Paraitinga, (23o34'S e 45o02'W e 23o17'S e 45o11'W). A vegetação predominante na área é a Floresta Ombrófila Densa e o clima regional predominante nas áreas entre 0 e 400 m é o Af, clima tropical chuvoso, sem estação seca. A precipitação média anual é de 3.000 mm (menor precipitação em junho: 87 mm) e a temperatura média anual é 21,9 °C. Nas áreas acima de 1.000 m o clima da região é Cwa, tropical temperado sem estação seca, com precipitação média anual de 2300 mm e com precipitação não é inferior a 60 mm nos dois meses mais secos. Embora a precipitação seja menor nas áreas acima de 1.000 m, devido à presença de nuvens, temperaturas mais baixas e nevoeiro frequente, a evapotranspiração nestas florestas tende a ser menor que nas demais áreas.

Nas áreas de restinga o solo é um "spodosol" com alto teor de areia (mais de 80%) e nas áreas que ocorrem a 100 m, 400 m, e 1.000 m, o Cambissolo é o principal tipo de solo com mais de 50% de areia. Todos os solos apresentam, baixo pH, baixa CTE e alta saturação de alumínio.

Na Mata Atlântica, o estoque de carbono acima do solo foi determinada de acordo com o inventário feito em parcelas permanentes estabelecidas pelo projeto "BIOTA / FAPESP - Gradiente Funcional" (proc. 03/12595 - 7). Foram estabelecidas 4 parcelas permanentes de 1 ha (100 x 100 m) em cada uma das fitofisionomias: Floresta Ombrófila de Terras Baixas (100 m anm), Submontana (400 m anm) e Montana (1200 m anm). Na restinga (0 m anm), foi es-

tabelecida apenas 1 parcela permanente, devido à falta de continuidade de áreas deste bioma na região. Em todas as parcelas permanentes foram coletados dados referentes à estrutura florestal, a composição florística e aos estoques de carbono e nitrogênio, acima e abaixo do solo (serapilheira grossa, fina, estoques no solo e biomassa viva aérea).

Em cada parcela foram marcadas e medidos todos os indivíduos arbóreos vivos e mortos com DAP acima de 4,8 cm, incluindo árvores, palmeiras e fetos arborecentes. Também foi quantificada a madeira morta caída no chão e a camada mediana anual de serapilheira depositada sobre o solo. A partir dos dados da Biomassa viva acima do solo, estimada através de equações alométricas (Vieira *et al.*, 2008), foi calculada a biomassa de raízes.

A biomassa foi então convertida em estoque, utilizando - se os teores médio de C e N, obtidos a partir de análise química realizada para cada um dos compartimentos.

Os estoques de C e N no solo até 1m de profundidade foram estimados também com base nos teores obtidos em análise de laboratório.

Os resultados obtidos para cada uma das altitudes foram comparados utilizando - se ANOVA.

RESULTADOS

As fitofisionomias estudadas apresentaram diferenças com relação à densidade de indivíduos arbóreos. Na restinga, observou - se 740 ind.ha⁻¹, 605 ind ha⁻¹ nas florestas de Terras Baixas, 808 ind ha⁻¹ nas florestas Submontana e 879 ind ha⁻¹ nas áreas Montanas. A contribuição das palmeiras aumentou conforme se subia no gradiente, representando cerca de 1% dos indivíduos arbóreos com DAP >10 cm nas áreas de restinga, 8% nas florestas de Terras Baixas, 10% nas Submontanas e mais de 30% nas florestas Montanas. Os indivíduos arbóreos pequenos (DAP 10 - 30 cm) representam quase 90% do total de haste em todas as florestais estudadas.

Observou - se que a biomassa viva acima do solo (BVAS) foi menor na área de Restinga (153 Mg ha⁻¹) e maior nas florestas Montana (271 Mg ha⁻¹). Nas florestas de Terras Baixas a BVAS foi de 201 Mg ha⁻¹, onde presença de rochas de grandes dimensões chegam a recobrir até 30% do terreno, diminuindo assim a frequência de indivíduos e consequentemente a biomassa. Nas florestas Submontanas a BVAS foi estimada em 243 Mg ha⁻¹. Aproximadamente dois terços da biomassa esta concentrada em árvores com DAP < 50cm e uniformemente distribuídas entre as classes de DAP de 10 - 30 cm e 30 - 50 cm tanto nas florestas de Terras Baixas quanto nas Submontana e Montana. A exceção a esse padrão, na distribuição de biomassa entre as classes de DAP, foi a Restinga onde 85% da biomassa esta concentrada nas árvores com DAP < 50 cm, e sendo 60% concentrada nos indivíduos com DAP 10 - 30 cm. Outra importante observação foi que as árvores grandes (DAP > 70 cm) são responsáveis por uma pequena fração da BVAS, representando ao redor de 5% da BVAS nas áreas de Restinga e um máximo de 15% nas Terras Baixas.

O estoque total de Carbono e N na biomassa acima do solo (vivos e mortos) foi de 101 MgC ha⁻¹ na restinga, 115 MgC ha⁻¹ na Terras Baixas, 136 MgC ha⁻¹ na Submontana

e 165 MgC ha⁻¹ nas florestas Montanas. Não foi observado diferença significativa no estoque de C e N acima do solo, que incluem a os componentes e vivos e mortos, entre as áreas de floresta submontana e montana.

Nas florestas de Terras Baixas e Submontana mais de 80% do carbono encontrado acima do solo, encontrasse estocado nas árvores vivas, enquanto que, na florestas Montanas, esse percentual não é superior a 70%. Nas florestas de Terras Baixas e Submontana, a madeira morta depositada sobre o solo é responsável por cerca de 15% do carbono armazenado acima do solo. Nas florestas Montanas esta percentagem aumenta para cerca de 25%. Finalmente, a camada de serapilheira representa aproximadamente 1,5% do estoque de carbono acima do solo em todas as florestas ao longo do gradiente altitudinal estudado.

No solo, observou - se que o estoque de Carbono até 1 m de profundidade aumenta com gradiente altitudinal. Assim, a área de Restinga apresenta o menor estoque de carbono no solo (82 ± 23,1 MgC ha⁻¹). O estoque de C no solo nas florestas de Terras Baixas foi de 194 ± 62 MgC ha⁻¹, na Submontana 237 ± 61 MgC ha⁻¹ e na Montana, observou - se os maiores valores, que chegaram a 290 ± 90 MgC ha⁻¹.

O estoque total de Carbono nas florestas de Mata Atlântica estudadas, considerando os estoques acima e abaixo do solo, apresentou tendência de aumento com a altitude, repetindo o padrão observado no solo, uma vez que o solo armazena mais que 60% do Carbono total observado nas florestas de Terras Baixas, Submontana e Montana. Apenas na Restinga, os solos responderam por menos que 50% do estoque total de C observado (46%). Os valores observados foram 177 MgC ha⁻¹ na Restinga, 313 MgC ha⁻¹ nas Terras Baixas, 376 MgC ha⁻¹ na Submontana e 426 MgC ha⁻¹ nas florestas montanas.

O N total de armazenamento de biomassa acima do solo aumentou ligeiramente com gradiente altitudinal, com maior valor observado nas florestas Submontanas (1,13 MgN ha⁻¹). Nas florestas de Terras Baixas, o estoque foi de 0,9 MgN ha⁻¹, 1,0 MgN ha⁻¹ na Submontana e 1,1 MgN ha⁻¹ nas florestas Montanas. O nitrogênio total acima do solo encontra - se armazenado principalmente em árvores vivas, seguindo o mesmo padrão observado para a distribuição do C. Nas florestas de Terras Baixas e Submontana os indivíduos arbóreos vivos armazenam mais de 75% do nitrogênio estocado acima do solo, enquanto que na Restinga e na floresta Montana este percentual é reduzido para 65%. Nas Terras Baixas e na Submontana, a madeira morta foi responsável por cerca de 15% do nitrogênio acima do solo enquanto que nas áreas de Restinga e Montana esta percentagem aumenta para cerca de 25%. Nas 4 fitofisionomias, apenas 7% do nitrogênio estocado acima do solo encontra - se na camada de serapilheira.

O estoque de nitrogênio no solo (0 - 100 cm de profundidade) aumentou com a altitude. O solo da Restinga armazena apenas 5 MgN ha⁻¹, aumentando para 14 e 18 MgN ha⁻¹ nas florestas de Terras Baixas e Submontana, respectivamente, atingindo um máximo de 21 MgN ha⁻¹ nas florestas Montanas. Como a quantidade de nitrogênio estocado acima do solo é muito menor do que o observado no solo, o estoque total de nitrogênio (acima + abaixo do solo) segue a mesma tendência observada para o solo, ou seja, o estoque total

de N tende a aumentar com a altitude, sendo os maiores valores observados nas florestas Montanas.

CONCLUSÃO

As Florestas de Mata Atlântica podem armazenar grandes quantidades de Carbono e Nitrogênio. O compartimento que estoca as maiores quantidade de C e N foi o solo para todas as áreas amostradas, exceto a restinga, onde os estoques acima e abaixo do solo foram praticamente iguais.

Quando comparados os compartimentos (vegetação, serapilheira sobre o solo, madeira morta, raiz e solo) separadamente, não observou - se diferenças expressivas ao longo do grandiente nos estoques de C e N. No entanto, quanto analisado o estoque total, um padrão de aumento com a altitude se torna evidente.

REFERÊNCIAS

Leitão Filho H.F. Ecologia da Mata Atlântica em Cubatão. Ed. UNESP/UNICAMP, São Paulo e Campinas. 1993.

Morellato L.P.C., Haddad C.F.B. Introduction: The Brazilian Atlantic forest. *Biotropica* 32(4b):786 - 792, 2000.

Oliveira Filho A., Fontes M.A. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in south - eastern Brazil, and the influence of climate. *Biotropica* 32(4b):793 - 810. 2000.

Ribeiro M.C., Metzger J.P., Martensen A.C, Ponzoni F.J., Hirota M.M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation* 142: 1141-1153, 2009.

Torezan J.M.D. Estudo da sucessão secundária, na floresta ombrófila densa submontana, em áreas anteriormente cultivadas pelo sistema de "coivara", em Iporanga - S.P. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1995.

Vieira S.A., Alves L.F., Aidar M.P.M., Araújo L.S., Baker T., Batista J.L.F., Campos M.C.R., Camargo P.B., Chave J., Delitti W.B., Higuchi N., Honório E., Joly C.A., Keller M., Martinelli L.A., de Mattos E. A., Metzker T., Phillips O., Santos F.A. M., Shimabukuro M.T., Silveira M., Trumbore S.E. Estimation of biomass and carbon stocks: the case of the Atlantic Forest. *Biota Neotropica* 8 (2). 2008.