



COMPARAÇÃO DO ESTOQUE DE CARBONO FIXADO NA BIOMASSA AÉREA ENTRE DIFERENTES ESTÁDIOS DE SUCESSÃO EM FRAGMENTOS DE MATA ATLÂNTICA, PARA FINS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL

S.C. Ribeiro

S.V. Martins; A.L. de Souza; H.G. Leite; L.A.G. Jacovine; C.P.B. Soares

1 - Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Florestal: Programa de Pós - Graduação em Ciência Florestal. Av. P.H. Rolfs, s/n, Campus UFV, Viçosa, MG Brasil, 36570 - 000. (sabina_ribeiro@yahoo.com.br)

2 - Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Florestal. Av. P.H. Rolfs, s/n, Campus UFV, Viçosa, MG Brasil, 36570 - 000.

INTRODUÇÃO

Os ecossistemas florestais são fonte de uma grande variedade de serviços ambientais. Eles contribuem com a regulação climática local e global, fixação de carbono na biomassa, proteção do solo contra a erosão e manutenção do ciclo hidrológico, dentre outros (Stenger *et al.*, 009).

A fixação de carbono na biomassa é um serviço ambiental que merece destaque devido à sua importância na mitigação da intensificação do efeito estufa. Uma prova disso é que cerca de 2/3 de todo o carbono fixado anualmente pelos ecossistemas terrestres encontra - se nas florestas (Kun & Dongsheng, 2008).

Segundo Urquiza - Haas *et al.*, (2007), ao longo da sucessão florestal o incremento em biomassa e, assim, a fixação de carbono, pode ocorrer em diferentes taxas. Silver *et al.*, (2000) relataram que nos primeiros 20 anos a taxa de acúmulo de biomassa acima do solo é significativamente maior do que nos anos subsequentes e sofre pouca influência da zona climática a qual pertence.

Esse fato ressalta a importância do conhecimento do estágio sucessional da floresta em estudos voltados para a quantificação de biomassa e estoque de carbono, especialmente em ambientes fragmentados e com alta incidência de florestas secundárias, como é o caso da Mata Atlântica. Lu *et al.*, (2003) destacam que uma correta diferenciação de florestas em sucessão em estádios é de grande importância para o melhor entendimento do seu papel e da sua relação com as mudanças no ecossistema.

A comparação dos estoques de carbono provenientes de áreas em diferentes estádios de sucessão é uma forma de avaliar o potencial das mesmas como sumidouros de carbono. Entretanto, para que essa avaliação seja efetiva é importante considerar um maior número de variáveis, como volume, densidade, área basal, entre outros. Nesse sentido,

as técnicas de análise multivariadas apresentam - se como ferramentas úteis por permitirem a análise simultânea de múltiplas variáveis dependentes e independentes (Grimm & Yarnold, 2000).

OBJETIVOS

Em vista do exposto e da escassez de estudos relacionados ao estoque de carbono em áreas de Mata Atlântica, o objetivo do presente trabalho foi comparar o estoque de carbono fixado na biomassa acima do solo entre diferentes estádios de sucessão na Mata Atlântica utilizando uma técnica de análise multivariada.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados foram obtidos a partir de quatro estudos relacionados ao estoque de carbono em diferentes estádios de sucessão na Mata Atlântica, publicados por Ribeiro (2007), Pompéia apud Burger (2005), Burger (2005) e Tanizaki - Fonseca (2000). A escolha destes se deu por apresentarem concomitantemente dados de biomassa aérea e idade em diferentes estádios de sucessão.

A classificação dos estádios de sucessão com base no estoque de carbono foi feita pelo emprego da análise de agrupamento ou *clusters*. Esta técnica, segundo Fernau & Samson (1990), visa reunir um conjunto de dados em grupos cujos membros apresentem características similares e diferenciem - se entre si o mínimo possível. No entanto, cada grupo deve ser o mais distinto possível dos demais grupos.

A determinação da similaridade entre membros de um mesmo grupo e da distância entre grupos pode ser feita pelo uso de diversos métodos. A similaridade entre pontos pode ser determinada pela distância euclidiana ou coeficientes de

correlação. Já os métodos de agrupamento incluem a ligação simples, completa, média, centróide, mediana e o método de Ward (Fernau & Samson, 1990).

No presente estudo empregou-se como medida de dissimilaridade a distância euclidiana simples, calculada conforme a expressão 1:

$$dx,y = [\sum (xi-yi)^2]^{1/2}$$

em que:

dx,y = distância euclidiana entre os pontos x e y ;

xi = local x ;

yi = local y ;

n = número de locais.

Como a distância euclidiana é afetada pela escala e os dados estão em diferentes unidades, foi feita a padronização dos mesmos (Cruz & Carneiro, 2006), de forma que cada variável tenha média igual a zero e desvio - padrão igual a 1, o que representa uma padronização dos dados para a normalidade (expressão 2).

Dado padronizado = $(zi-z)/Szi$

em que:

zi = idade ou BVAS;

z = média da idade ou BVAS;

Szi = desvio - padrão da idade ou BVAS.

O método de agrupamento usado foi o de Ward (Souza *et al.*, 1997). A sequência de fusão dos agrupamentos foi representada graficamente por dendrogramas. A análise dos dendrogramas foi feita por inspeção visual de forma a avaliar a coerência dos agrupamentos com os dados usados. Os gráficos e análises foram obtidos por meio dos programas computacionais Statistica 8.0 (StatSoft Inc., 2008) e Microsoft Excel 2003.

RESULTADOS

Os dendrogramas obtidos a partir da análise de *cluster* para dados de biomassa e idade das quatro áreas de estudos apresentaram no eixo vertical a distância euclidiana simples, em porcentagem, variando de zero (0%) a cem (100%), e no eixo horizontal as florestas comparadas com diferentes idades e biomassa.

Na grande maioria dos casos constatou-se, por meio da inspeção visual, que a idade foi o fator preponderante para o agrupamento de áreas de estudo em um mesmo grupo, resultando em grupos distintos em termos de biomassa. Assim, através da aplicação da análise de *cluster* e da inspeção visual, foi possível identificar florestas em diferentes estádios de sucessão com base nos dados de biomassa, a qual se relaciona diretamente com estoque de carbono.

Dessa forma, florestas que foram consideradas "primárias" pelos autores não necessariamente foram agrupadas juntas, visto que em alguns casos, as mesmas possuíam estoque de carbono menor do que as outras florestas classificadas como secundárias. Isso pode ser devido a diversos fatores, tais como condições locais (solo, clima, disponibilidade de água, etc), composição de espécies, distúrbios naturais (Ranatunga *et al.*, 2008) e sobretudo devido à adoção de diferentes critérios de classificação de estádios de sucessão da vegetação secundária. Embora seja esperado que florestas em estádio sucessional avançado no domínio Atlântico apresentem elevados valores de área basal e de

biomassa, nem sempre esta relação ocorre principalmente em condições de restrições edáficas, como solos rasos, e em altitude elevadas.

Cabe ressaltar a importância de se considerar, em estudos semelhantes ao aqui apresentado, fatores naturais e antrópicos que possam influenciar no estoque de carbono da floresta para uma análise mais eficiente.

CONCLUSÃO

- A análise de *cluster* viabilizou a comparação de áreas de estudo em termos de estádios de sucessão e estoques de biomassa, carbono e dióxido de carbono equivalente.

- É preciso considerar fatores naturais e antrópicos que possam influenciar no estoque de carbono de uma floresta para uma análise correta.

- Na classificação de estádios de sucessão de vegetação secundária é fundamental adotar critérios padronizados em resoluções do CONAMA que disciplinam a referida matéria.

- A restauração da Mata Atlântica com a criação de florestas secundárias nos mais variados estádios sucessionais, além de todos os benefícios ecológicos relacionados à conservação do solo, da água e da biodiversidade também contribui para fixação de carbono em valores que podem ser semelhantes aos de florestas primárias.

Agradecimentos

Agradecemos a CAPES pela concessão da bolsa de doutorado de S.C. Ribeiro, ao CNPq pelas bolsas de produtividade em pesquisa dos demais autores e pelo financiamento da pesquisa e à FAPEMIG pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

- Burger, D.M. 2005. *Modelos alométricos para estimativa da fitomassa de Mata Atlântica na Serra do Mar, SP*. São Paulo. 112 p. Tese (Doutorado em Ciências)-IB/ Universidade de São Paulo.
- Cruz, C.D. & Carneiro, P.C.S. 2006. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Vol. 2. Viçosa: Ed. UFV. 582 p.
- Fernau, M.E. & Samson, P.J. 1990. Use of cluster analysis to define periods of similar meteorology and precipitation chemistry in Eastern North America. Part I: Transport Patterns. *Journal of Applied Meteorology*, 29: 735 - 750.
- Grimm, L.G. & Yarnold, P.R. 2000. Introduction to multivariate statistics. In: GRIMM, L.G. & YARNOLD, P.R., (eds). *Reading and understanding more multivariate statistics*. Washington: American Psychological Association. Cap. 1, p. 3 - 22.
- Kun, Y. & Dongsheng, G. 2008. Changes in forest biomass carbon stock in the Pearl River Delta between 1989 and 2003. *Journal of Environmental Sciences*, 20: 1439 - 1444.
- Lu, D.; Mausel, P.; Brondízio, E.; Moran, E. 2003. Classification of successional forest stages in the Brazilian Amazon basin. *Forest Ecology and Management*, 181: 301 - 312.
- Pompéia, S.L. 2005. Sucessão secundária da Mata Atlântica em áreas afetadas pela poluição atmosférica. In:

- BURGER, D.M. *Modelos alométricos para estimativa da fitomassa de Mata Atlântica na Serra do Mar, SP*. São Paulo. 112 p. Tese (Doutorado em Ciências)-IB/ Universidade de São Paulo.
- Ranatunga, K.; Keenan, R.J.; Wulschleger, S.D.; Post, W.M.; Tharp, M.L. 2008. Effects of harvest management practices on forest biomass and soil carbon in eucalypt forests in New South Wales, Australia: Simulations with the forest succession model LINKAGES. *Forest ecology and management*, 255: 2407 - 2415.
- Ribeiro, S.C. 2007. *Quantificação do estoque de biomassa e análise econômica da implementação de projetos visando a geração de créditos de carbono em pastagem, capoeira e floresta primária*. Viçosa. 128 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)-Universidade Federal de Viçosa.
- Silver, W.L.; Osterlag, R.; Lugo, A.E. 2000. The potential for carbon sequestration through reforestation of abandoned tropical agricultural and pasture lands. *Restoration Ecology*, 8: 394 - 407.
- Souza, A.L.; Ferreira, R.L.C.; Xavier, A. 1997. *Análise de agrupamento aplicada à área florestal*. Viçosa: SIF. 109 p.
- Statsoft, Inc. 2008. *STATISTICA (data analysis software system)*, version 8.0.
- Stenger, A.; Harou, P.; Navrud, S. 2009. Valuing environmental goods and services derived from the forests. *Journal of Forest Economics*, 15: 1 - 14.
- Tanizaki - fonseca, K. 2000. *Impacto do uso da terra no estoque e fluxo de carbono na área de domínio da Mata Atlântica: estudo de caso, estado do Rio de Janeiro*. Niterói. 212 p. Tese (Doutorado em Geociências)-Universidade Federal Fluminense.
- Urquiza - haas, T.; Dolman, P.M.; Peres, C.A. 2007. Regional scale variation in forest structure and biomass in the Yucatan Peninsula, Mexico: effects of forest disturbance. *Forest Ecology and Management*, 247: 80 - 90.