

RELAÇÃO ENTRE ESTOQUE DE CARBONO E ESTRUTURA ARBÓREA EM FRAGMENTOS DE FLORESTA ATLÂNTICA SUBTROPICAL

Relationship between carbon stock and tree structure in subtropical Atlantic fragments

Daniela de Oliveira¹, Elivane Saete Capellesso², Tanise Luisa Sausen¹

¹ Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Câmpus de Erechim-RS. Laboratório de Ecologia e Sistemática Vegetal – ECOSSIS

² Laboratório de Ecologia Vegetal, Departamento de Botânica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil. e-mail: tasausen@uricer.edu.br

Data do recebimento: 06/08/2016 – Data do aceite: 24/01/2017

RESUMO: Este estudo teve como objetivo determinar a relação entre a estrutura da vegetação arbórea com o potencial de estoque de carbono na biomassa florestal em fragmentos florestais subtropicais. Foram estabelecidas, em cada fragmento florestal, 20 unidades amostrais de 10 x 10 m, totalizando 2000 m². Nas unidades amostrais, foram determinados a altura e o diâmetro na altura do peito (DAP) de todos os indivíduos arbóreos. Os parâmetros estruturais, de diversidade e a biomassa das espécies arbóreas foram quantificadas e foi calculado o estoque de carbono para cada espécie e fragmento florestal. O estoque de carbono na biomassa entre os fragmentos foi comparado por meio de um teste de Mann-Whitney. O teste Indval foi utilizado para a classificação de espécies indicadoras, a partir da abundância dos indivíduos nos fragmentos estudados. Foram amostradas 50 espécies arbóreas no fragmento florestal 1 (FF1), distribuídas em 22 famílias. No fragmento florestal 2 (FF2), foram amostradas 33 espécies, distribuídas em 18 famílias. O estoque total de carbono não apresentou diferença entre FF1 e FF2, apesar do maior índice de diversidade no FF1. Os resultados deste estudo indicaram que a presença de determinadas espécies, tais como *Sebastiania commersoniana* e *Myrciaria tenella* no FF1 e *Nectandra megapotamica* e *Luehea divaricata* no FF2, evidenciadas pela análise de espécies indicadoras, foram os principais fatores associado com o estoque de carbono na biomassa em detrimento da diversidade vegetal.

Palavras-chave: Acúmulo de Carbono. Espécies Indicadoras. Diversidade vegetal.

ABSTRACT: This study aimed to determine the relationship between forest structure and the potential of carbon stock in tree biomass in subtropical forest fragments. It was established twenty 10 x 10 m sampled units, totaling 2,000 m², in each forest fragment. In the sample units, height and diameter at breast height (DBH) of all tree individuals were determined. The structural and diversity parameters and the biomass of tree species were quantified and carbon stock was calculated for each species and forest fragment. The biomass carbon stock between fragments was compared by a Mann-Whitney test. The Indval test was used for classification of indicator species, from the abundance of individuals in the fragments studied. Fifty tree species were sampled in forest fragment 1 (FF1), distributed in 22 families. In the forest fragment 2 (FF2), 33 species were sampled, distributed in 18 families. The total carbon stock did not show any difference between FF1 and FF2, despite the higher diversity index in FF1. The results of this study indicated that the presence of certain species, such as *Sebastiania commersoniana* and *Myrciaria tenella* in FF1 and, *Nectandra megapotamica* and *Luehea divaricata* in FF2, evidenced by the analysis of indicator species, were the main factors associated with potential biomass carbon stock to the detriment of plant diversity.

Keywords: Carbon Accumulation. Indicator Species. Plant Diversity.

Introdução

As florestas são consideradas os principais reservatórios de carbono devido à capacidade de remover o dióxido de carbono (CO₂) da atmosfera e estocá-lo na biomassa vegetal e no solo (THOMSON et al. 2008). Estima-se que as florestas contenham 80% do carbono (C) aéreo e 40% do C existente abaixo do solo (DIXON et al. 1994), e o crescente desmatamento dessas áreas têm profundo impacto sobre as mudanças climáticas globais (HEIMANN e REICHSTEIN, 2008).

A Floresta Atlântica é considerada um dos *hotspots* de biodiversidade (MYERS et al. 2000; SLOAN et al. 2014) e se encontra extremamente fragmentada (OLIVEIRA-FILHO et al. 2013), sendo uma das maiores florestas tropicais das Américas, com aproximadamente, 150 milhões de hectares, restando atualmente apenas 11,7% da área original (RIBEIRO et al. 2009). Acredita-se que a

maior parte do carbono estocado na Floresta Atlântica foi removida ao longo dos últimos 150 anos (DEAN, 1995), principalmente pelo intenso desmatamento.

O processo de fragmentação florestal pode acarretar em mudanças na alocação de carbono, com uma diminuição na biomassa vegetal e, conseqüentemente, um declínio do carbono no solo (SHIBISTOVA et al. 2012). As atividades humanas são a principal causa da redução desses fragmentos florestais, levando a mudanças na estrutura e composição biótica da comunidade biológica, podendo alterar o funcionamento do ecossistema (HOOPER et al., 2005). Outros fatores podem influenciar a capacidade de estoque de carbono na biomassa de uma árvore, sendo os mais importantes a densidade básica da madeira, o diâmetro do caule e a altura total da árvore (CHAVE et al., 2005; SAUSEN et al., 2013). Diversos trabalhos demonstram que, além dos parâmetros estruturais da vegetação, a riqueza

de espécies e abundância de indivíduos são importantes para o armazenamento de biomassa vegetal (EISENHAEUER et al., 2012; HARROP e PRITCHARD, 2011; LECERF et al., 2011; MACE et al., 2012; DÍAZ et al., 2009; CARDINALE et al., 2012; HOOPER et al., 2012; ZITTER et al., 2013).

Os remanescentes no Sul do Brasil são classificados como Floresta Atlântica com Araucária (OLIVEIRA-FILHO et al., 2013). Esses remanescentes encontram-se bastante fragmentados e degradados, onde os locais com maiores índices deste tipo de vegetação encontram-se em locais com declividade acentuada do terreno, a pouca profundidade do solo, com a presença de afloramentos rochosos, impossibilitando práticas agrícolas em grande escala (DECIAN et al., 2009). Essas regiões apresentam uma ampla variação na composição e estrutura florestal, sendo esta última o principal fator associado com a variação no estoque de carbono em florestas nativas subtropicais (CAPELLESSO et al., 2016).

Diante disso, o objetivo deste estudo é o de relacionar os parâmetros estruturais da vegetação com a capacidade de estoque de carbono na biomassa florestal em distintos fragmentos florestais. Espera-se que o fragmento vegetal com maior índice de diversidade vegetal apresente um maior estoque de carbono na biomassa, associado com a maior riqueza de espécies arbóreas.

Material e Métodos

Área de Estudo

A coleta de dados foi realizada em dois fragmentos florestais nativos em uma área de transição entre a Floresta Ombrófila Mista e a Floresta Estacional, na região norte do Rio Grande do Sul (OLIVEIRA FILHO et al., 2013). Localizados no município de Barão de Cotegipe, entre as coordenadas 27°28'39" S

52°31'45" O e 27°39'40" S 52°20'24" O (FF1) e no município de Gaurama, entre as coordenadas 27°30'21" S 52°11'10" O e 27°40'43" S 52°02'15" , (FF2; Figura 1). A precipitação média anual fica em torno de 175 mm e as temperaturas médias mensais oscilando entre 13 e 22 °C. O solo da região é do tipo Latossolo Vermelho Aluminoférrico, sendo bem drenados, normalmente profundos a muito profundos (STRECK et al., 2008). Em cada um dos fragmentos florestais estudados, foram estabelecidas 20 unidades amostrais, de 10 x 10 m, totalizando 2000 m², por fragmento. Para determinação das unidades amostrais, foram selecionados fragmentos florestais com riachos de 3ª ordem, sendo dez unidades em cada lado do riacho

Coleta de Dados

Para caracterização fitossociológica, foram determinados. Foram amostradas todas as árvores vivas, com diâmetro altura do peito (DAP) ≥ 15 cm e realizada a estimativa

Figura 1 - Localização das áreas de estudo em Barão de Cotegipe e Gaurama, Rio Grande do Sul.



Fonte: Laboratório de Geoprocessamento e Planejamento Ambiental – LAGEPLAN – URI Erechim, 2013.

de altura dos indivíduos. As espécies foram identificadas de acordo com a literatura específica (SOBRAL et al., 2013). A partir da altura e DAP das espécies foram determinados os parâmetros dominância absoluta, área basal, volume, altura média e diâmetro médio das espécies, com auxílio do *software* Fitopac 2 (Shepherd, 2010). Para a determinação da biomassa aérea, foram utilizados dados de densidade da madeira da base de dados do laboratório (SAUSEN et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2016) e do Global Wood Density Database. O estoque de carbono na biomassa aérea foi determinado, conforme Oliveira et al. (2016).

Análise de Dados

Foram avaliados a abundância de indivíduos, riqueza de espécies, Índice de diversidade de Shannon-Wiener (H'), Equitabilidade de Pielou (J') e riqueza estimada de espécies por meio do Índice de Jackknife de 1ª ordem. Os parâmetros estruturais de dominância absoluta, área basal, volume e altura média foram comparados entre as áreas por meio de teste *t*. O estoque de carbono na biomassa entre os fragmentos florestais foi comparado por meio de um teste de Mann-Whitney com dados não paramétricos. Para determinar a influência das espécies arbóreas nos serviços ecossistêmicos; foi realizada uma análise das espécies indicadoras do fragmento (DUFRENE; LEGENDRE, 1997), a partir da abundância de indivíduos das espécies amostradas na caracterização fitossociológica, utilizando o teste Indival. Todas as análises foram realizadas no ambiente estatístico “R” (R CORE TEAM, 2013).

Resultados

O FF1 apresentou maior abundância de indivíduos, riqueza de espécies e famílias,

bem como maior diversidade, equitabilidade e riqueza estimada (Tabela I).

Tabela I - Parâmetros estruturais, diversidade, equitabilidade e riqueza estimada dos fragmentos.

Parâmetros	FF1	FF2
Abundância de indivíduos	353	219
Riqueza de espécies	53	33
Famílias	23	18
H' (nats.ind. ⁻¹)	3,23	2,69
J'	0,82	0,77
Jackknife (1º ordem)	63%	44%

As famílias mais abundantes para FF1 e FF2 foram Fabaceae, Myrtaceae, Lauraceae, Sapindaceae e Euphorbiaceae. Para o fragmento de FF1, as espécies *Myrciaria tenella*, seguida de *Allophylus puberulus*, *Sebastiania commersoniana* e *Matayba elaeagnoides* apresentaram maiores valores de importância. Do total amostrado, 14 espécies apresentaram a ocorrência de um indivíduo. Para o fragmento de FF2, as espécies *Nectandra megapotamica*, *Allophylus puberulus*, *Matayba elaeagnoides* e *Luehea divaricata* foram espécies com maiores valores de importância. Doze espécies apresentaram a ocorrência de um indivíduo do total amostrado.

Os parâmetros estruturais de dominância, área basal e volume apresentaram diferença entre as áreas de estudo, com o FF1 apresentando maiores valores para esses parâmetros (Tabela II). Todavia, apesar das diferenças estruturais, o estoque de carbono na biomassa não apresentou diferença ($p > 0,11$), apesar do maior estoque total observado no FF1 (1.599,03 ton ha⁻¹) em relação ao FF2 (733,23 ton ha⁻¹; Figura 2).

As espécies que mais contribuíram para o estoque de carbono no FF1, com suas respectivas famílias, foram: *Sebastiania commersoniana* (152,64 ton ha⁻¹), (Euphorbiaceae), seguida por *Matayba elaeagnoides* (127,89 ton ha⁻¹) (Sapindaceae), *Myrcianthes pungens*

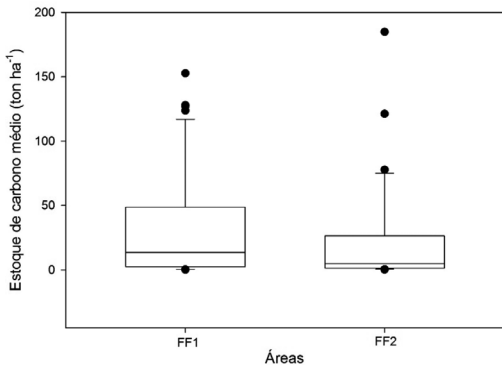
(127,17 ton ha⁻¹) e *Myrciaria tenella* (123,71 ton ha⁻¹) (Myrtaceae). Para FF2, as espécies que mais contribuíram foram *Nectandra megapotamica* (184,8 ton ha⁻¹) (Lauraceae), *Luehea divaricata* (121,21 ton ha⁻¹) da família (Malvaceae), *Lonchocarpus campestris* (77,77 ton ha⁻¹) (Fabaceae) e *Matayba elaeagnoides* (70,88 ton ha⁻¹) (Sapindaceae).

Tabela II - Parâmetros estruturais de dominância absoluta, área basal, volume, altura média e diâmetro médio nos dois fragmentos florestais avaliados (FF1 e FF2).

Parâmetros	FF1	FF2	p
Dominância absoluta (m ² ha ⁻¹)	36,8±14	21,5±13,6	<0,001*
Área basal (m ² ha ⁻¹)	0,3±0,1	0,2±0,13	<0,001*
Volume (m ³)	4,9±2,1	3,2±2,8	0,035*
Altura média (m)	9,8±1,6	9,5±1,7	0,599

* Indica diferença (p ≤ 0,05)

Figura 2 - Estoque de carbono médio na biomassa arbórea nos fragmentos florestais FF1 e FF2. Valores representam as médias seguidas pelo desvio padrão de todos os indivíduos amostrados (n= 353 e 219 indivíduos, respectivamente).



A partir da análise de espécies indicadoras, observou-se que seis espécies para FF1 e quatro para FF2 (Tabela III) podem ser classificadas como indicadoras de serviços ambientais a partir de sua abundância nos fragmentos florestais. Das espécies classificadas como indicadoras pelo programa Indival, destacam-se as espécies, *Sebastiania commersoniana* e *Myrciaria tenella* no FF1, e

Nectandra megapotamica e *Luehea divaricata* no FF2 apresentaram maior capacidade de estoque de carbono na biomassa. Apesar do alto Indival, as espécies *Sebastiania brasiliensis* (FF1) e *Lonchocarpus campestris* (FF2) apresentaram baixo potencial de estoque de carbono.

Tabela III - Análise de espécies indicadoras de qualidade do ambiente nos fragmentos florestais FF1 e FF2. Indival (porcentagem de indicação da espécie).

Fragmento	Espécies indicadoras	Indival (%)
FF1	<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	58
	<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L.B. Sm. & Downs	55
	<i>Myrciaria tenella</i> (DC.) O. Berg	55
	<i>Ocotea pulchella</i> (Ness) Mez	40
	<i>Styrax leprosus</i> Hook. & Arn.	40
	<i>Campomanesia guazumifolia</i> (Cambess.) O. Berg.	34
FF2	<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	68
	<i>Lonchocarpus campestris</i> Mart. ex Benth.	54
	<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.	33
	<i>Ateleia glazioviana</i> Baill.	25

No FF2, as espécies que foram classificadas como indicadoras do fragmento, corresponderam a 55% do estoque total de carbono, enquanto no FF1, as espécies indicadoras representaram 31% do estoque total de carbono.

Discussão

O maior índice de diversidade vegetal e a maior abundância de espécies arbóreas não foram associados com o estoque de carbono na biomassa, apesar dos maiores valores de área basal, volume e dominância. A ausência de diferenças no estoque de carbono entre os

fragmentos pode estar relacionada com abundância e o tamanho dos indivíduos (SAUSEN et al. 2013). Além disso, a potencialidade de determinadas espécies, ressaltadas neste estudo pela análise de espécies indicadoras, tais como *Sebastiania commersoniana*, *Myrciaria tenella*, *Nectandra megapotamica* e *Luehea divaricata* no estoque de carbono na biomassa pode ser responsável pelo estoque similar de carbono, apesar das diferenças observadas na estrutura dos fragmentos florestais.

As espécies consideradas mais importantes em uma comunidade florestal são classificadas como espécies indicadoras (MCGEORCH, 1998), podendo ser utilizadas para compreender sua influência nos serviços e funcionamento do ecossistema local. O potencial de estoque de carbono apresentou relação direta com algumas espécies classificadas como indicadoras. Esses resultados sugerem que a presença de determinadas espécies na composição florística desempenha um papel importante no armazenamento de carbono na biomassa semelhante ao observado por Sausen et al. (2013) e Oliveira et al. (2016). Pode-se ressaltar, também, que as famílias Lauraceae, Sapindaceae e Fabaceae, com maior valor de importância em ambas as áreas, podem estar associados à ausência de diferença no estoque de carbono entre as áreas. Assim, pode-se inferir que o armazenamento de carbono em

fragmentos de Floresta Atlântica no Sul do Brasil parece estar associado com presença de espécies indicadoras. Capellesso et al. (2016) observou um forte efeito de algumas espécies sobre a produtividade primária de fragmentos florestais subtropicais, evidenciando um efeito de seleção sobre o funcionamento do ecossistema.

Bertan et al. (2015) observaram que o potencial de sequestro de carbono de florestas nativas pode ser tão alto quanto o de monoculturas florestais. Os autores ressaltaram a importância da diversidade vegetal sobre os serviços ecossistêmicos associados com a incorporação de elementos de integridade ambiental como, por exemplo, a diversidade biológica, além da capacidade de estoque de carbono. Diante dos resultados alcançados neste trabalho, é possível concluir que a presença de espécies classificadas como indicadoras, a partir da sua abundância nos fragmentos florestais, foi determinante para o estoque de carbono na biomassa para ambas as áreas em detrimento de índices de diversidade vegetal. Adicionalmente, os resultados observados destacam o potencial ecológico e funcional das espécies *Sebastiania commersoniana*, *Nectandra megapotamica* e *Lonchocarpus campestris*, que se destacam em fragmentos florestais subtropicais pela sua importância ecológica na estruturação das florestas (BUDKE et al. 2010; MÉLO et al., 2013) e pelos serviços ambientais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e ao Departamento de Ciências Biológicas Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI pelo auxílio financeiro para a condução deste estudo. E. Capelesso recebeu bolsa de Mestrado da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

REFERÊNCIAS

- BERTAN, C. R., CAPELLESSO, E. S., BUDKE, J.C., SAUSEN, T.L. A produtividade primária como um indicador de qualidade ambiental em sistemas florestais. In: Parron, L.M., Garcia, J. R., Oliveira, E.B., Brown, G. G., Prado, R.B. (Eds). **Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica**. Embrapa Florestas, Brasília, 2015.
- BUDKE, J.C.; JARENKOW, J.A.; OLIVEIRA-FILHO, A.T. Intermediary disturbance increases tree diversity in riverine forest of southern Brazil. **Biodiversity Conservation**, v. 19, n. 8, p. 2371-2387, 2010.
- BROWN, S. L.; SCHOEDER, P.; KERN, J. S. Spatial distribution of biomass in forests of the eastern USA. **Forest Ecology and Management**, v.123, n. 1, p. 81-90, 1999.
- CAPELLESSO, E.S.; SCRIVOSKI, K.L.; ZANIN, E.M.; HEPP, L.H. ; BAYER, C.; SAUSEN, T.L. Effects of forest structure on litter production, soil chemical composition and litter-soil interactions. **Acta Botanica Brasílica**, v. 30, n.3, p. 329 -335, 2016.
- CARDINALE, B. J.; DUFFY, J. E.; GONZALES, A.; HOOPER, D. U.; PERRINGS, C.; et al. Biodiversity loss and its impact on humanity. **Nature**, v. 486, p. 59-67, 2012.
- CHAVE, J.; ANDALO, C.; BROWN, S.; CAIMS, M. A.; CHAMBERS, J. Q.; EAMUS, D.; FÖLSTER, H.; FROMARD, F.; HIGUCHI, N.; KIRA, T.; LESCURE, J.P.; NELSON, B.W.; OGAWA, H.; PUIG, H.; RIÉRA, B.; YAMAKURA, T. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. **Oecologia**, v. 145, n. 1, p. 87-99, 2005.
- DEAN, W. **With Broadax and Firebrand – The Destruction of the Brazilian Atlantic Forest**. University of California Press, Berkeley. 1995.
- DECIAN, V.; ZANIN, E. M.; HENKE, C.; QUADROS, F. R.; FERRARI, C. A. Uso da terra na região Alto Uruguai do Rio Grande do Sul e obtenção de um banco de dados relacional de fragmentos de vegetação arbórea. **Perspectiva**, v. 33, n. 121, p. 165-176, 2009.
- DÍAZ, S.; HECTOR, A.; WARDLE, D. Biodiversity in forest carbon sequestration initiatives: not just a side benefit. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 1, n. 1, p. 55–60, 2009.
- DIXON, R.; BROWN, S.; HOUGHTON, R.; SOLOMON, A.; TREXLER, M.; WISNIEWSKI, J. Carbon pools and flux of global forest ecosystems. **Science**, v. 263, n. 5144, p.185–190, 1994.
- DUFRENE, M.; LEGENDRE, P. Species assemblages and Indicator Species: the need for a flexible asymmetrical approach. **Ecological Monographs**, v. 67, n. 3, p. 345-366, 1997.
- EISENHAUER, N.; REICH, P. B.; ISBELL, F. Decomposer diversity and identity influence plant diversity effects on ecosystem functioning. **Ecology**, v. 93, n.10, p. 2227-2240, 2012.
- HARROP, S.R.; PRITCHARD, D. J. A hard instrument goes soft: The implications of the convention on biological diversity’s current trajectory. **Global Environmental Change**, v. 21, n. 2, p.474–480, 2011.
- HEIMANN, M.; REICHSTEIN, M. Terrestrial ecosystem carbon dynamics and climate feedbacks. **Nature**, v. 451, n. 7176, p. 289–292, 2008.
- HOOPER, D. U.; CHAPIN III, F. S.; EWEL, J. J.; HECTOR, A.; INCHAUSTI, P.; et al. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. **Ecological Monographs**, v.75, n. 1, p. 3–35, 2005.
- HOOPER, D. U.; ADAIR, E. C.; CARDINALE, B. J.; BYRNES, J. E. K.; HUNGATE, B. A.; et al. A global synthesis reveals biodiversity loss as a major driver of ecosystem change. **Nature**, v. 486, n. 7401, p. 105–108, 2012.

- LECERF, A.; MARIE, G.; KOMINOSKI, J.S.; LEROY, C.J.; BERNADET, C.; SWAN, C.M. Incubation time, functional litter diversity, and habitat characteristics predict litter-mixing effects on decomposition. **Ecology**, v.92, n. 1, p.160–169, 2011.
- MACE, G. M.; NORRIS, K.; FITTER, A. H. Biodiversity and ecosystem services: a multilayered relationship. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 27, n. 1, p. 19–26, 2012.
- MCGEOCH, M. A. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. **Biological Reviews**, v. 73, n. 2, p. 181-201, 1998.
- MÉLO, M.A.; BUDKE, J.C.; HENKE-OLIVEIRA, C. Relationships between structure of the tree component and environmental variables in a subtropical seasonal forest in the upper Uruguay River valley, Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 27, n. 4, p. 751-760, 2013.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853–858, 2000.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T., BUDKE, J.C., JARENKOW, J.A., EISENLOHR, P.V., NEVES, D.R.M. Delving into the variations in tree species composition and richness across South American subtropical Atlantic and Pampean forests. **Journal of Plant Ecology**, v.2, n. 3, p.1-23, 2013.
- OLIVEIRA, M., RIL, F. L., PERETTI, C., CAPELLESSO, E.S., SAUSEN, T.L., BUDKE, J. C. Biomassa e estoques de carbono em diferentes sistemas florestais no sul do Brasil. **Perspectiva**, v. 40, n. 149, p. 9-20, 2016.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a Language and Environment for Statistical Computing. R foundation for statistical computing**. Vienna, Austria. URL: <http://r-project.org>, 2012.
- 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**, v. 142, n. 6, p. 1141–1153, 2009.
- SAUSEN, T. L.; NEUMANN, G. M.; BASTOS, J. R.; DELLAGOSTIN, S. M.; BUDKE, J. C. A estrutura florestal determina o potencial de estoque de carbono em remanescentes da região do Alto Uruguai, sul do Brasil. In: José Eduardo dos Santos; Elisabete Maria Zanin. (Org.). **Faces da Polissemia da Paisagem**. São Carlos: RiMa, p. 275-287, 2013.
- SHIBISTOVA, O.; YOHANNES, Y.; BOY, J.; RICHTER, A.; WILD, B.; WATZKA, M.; GUGGENBERGER, G. Rate of Belowground Carbon Allocation Differs with Successional Habit of Two Afremontane Trees. **PLoS one**, v.7, n. 9, p. e45540, 2012.
- SLOAN, S.; JENKINS, C. N.; JOPPA, L. N.; GAVEAU, D. L. A.; LAURENCE, W. F. Remaining natural vegetation in the global biodiversity hotspots. **Biological Conservation**, v. 177, p. 12-24, 2014.
- SOBRAL, M.; JARENKOW, J. A.; BRACK, P.; IRGANG, B.; LAROCCA, J.; RODRIGUES, R. S. **Flora arbórea e arborescente do Rio Grande do Sul, Brasil**. São Carlos, RiMA/Novo Ambiente, 2. Ed. 2013.
- STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; do NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: EMATER/RS, 2008.
- THOMSON, A.M.; IZAURRALDE, C.; SMITH, S.J.; CLARKE, L.E. Integrated estimates of global terrestrial carbon sequestration. **Global Environmental Change**, v. 18, n. 1, p. 192-203, 2008.
- ZITTER, C.; BENNETT, E. M.; GONZALEZ, A. Functional diversity and management mediate aboveground carbon stocks in small forest fragments. **Ecosphere**, v. 4, n. 7, 2013.