

## Fatores determinantes da regeneração natural em um fragmento de floresta com araucária no planalto catarinense

Determinant factors on natural regeneration in a fragment of araucaria forest on Santa Catarina State plateau

Pedro Higuchi<sup>1</sup>, Ana Carolina da Silva<sup>1</sup>, Fernando Buzzi Junior<sup>2</sup>,  
Marcelo Negrini<sup>3</sup>, Tiago de Souza Ferreira<sup>4</sup>, Sheila Trierveiler de Souza<sup>5</sup>,  
Kristiana Fiorentin dos Santos<sup>6</sup> e Manoela Bez Vefago<sup>2</sup>**Resumo**

O presente estudo teve como objetivos caracterizar a estrutura e a composição florística do componente arbóreo regenerativo de um fragmento de floresta com araucária no Planalto Catarinense e avaliar a influência de variáveis ambientais e do componente arbóreo adulto (árvores com DAP  $\geq$  5cm) sobre a organização espacial deste. Em 50 unidades amostrais, foram anotados dados referentes à identificação botânica e a classe de altura (h) de todos regenerantes: Classe 1 ( $20 \text{ cm} \leq h \leq 1 \text{ m}$ ), Classe 2 ( $1 < h \leq 3 \text{ m}$ ) e Classe 3 ( $h > 3 \text{ m}$  e DAP  $< 5 \text{ cm}$ ). Também foram coletadas, em cada unidade amostral, variáveis edáficas, de relevo, de cobertura do dossel e de densidade e riqueza do componente arbóreo adulto. A relação entre as variáveis estudadas e o componente regenerativo de cada classe foi analisada pela Análise de Correspondência Canônica (CCA). Foram encontradas 79 espécies arbóreas regenerantes. Myrtaceae se destacou como a família de maior riqueza, com 20 espécies. Os resultados demonstraram acentuada redução da abundância da classe de menor para a de maior tamanho e que o componente regenerativo foi pouco influenciado pelas variáveis estudadas.

**Palavras-chave:** Componente regenerativo, floresta ombrófila mista, análise multivariada.

**Abstract**

This study aimed to describe the floristic and regenerative component structure in an Araucaria Forest fragment and to evaluate the influence of environmental variables and adult tree component (DBH  $\geq$  5 cm) on natural regeneration spatial organization. In 50 sampling units, botanic identification and the height class (h) were recorded for all regenerative individuals: Class 1 ( $20 \text{ cm} \leq h \leq 1 \text{ m}$ ), Class 2 ( $1 < h \leq 3 \text{ m}$ ), Class 3 ( $h > 3 \text{ m}$  e DBH  $< 5 \text{ cm}$ ). In addition, in each plot, variables related to soil, terrain, canopy cover, density and richness of trees with DBH  $\geq$  5 cm were recorded. The relation between the regenerative component and the variables were analyzed by a Canonical Correspondence Analysis (CCA). The survey totaled 79 regenerative species. The richest family was Myrtaceae with 20 species. The results showed a sharp reduction in abundance from the smaller to the larger size class and little influence of the analyzed variables on regenerative component spatial organization.

**Keywords:** Regenerative component, mixed shade forest, multivariate analyses.

**INTRODUÇÃO**

O entendimento do processo de regeneração natural e de sua organização espacial em florestas nativas é de grande importância para

se compreender o funcionamento de comunidades arbóreas e, assim, subsidiar estratégias de manejo florestal, visando a conservação e a exploração sustentável de recursos madeiros e não-madeiros. Do ponto de vista da organiza-

<sup>1</sup>Professor(a) Doutor(a) do Departamento de Engenharia Florestal. UDESC - Universidade do Estado de Santa Catarina. Av. Luiz de Camões, 2090. B. Conta Dinheiro, 88520-000, Lages, SC. E-mail: [higuchip@gmail.com](mailto:higuchip@gmail.com); [carol\\_sil4@yahoo.com.br](mailto:carol_sil4@yahoo.com.br).

<sup>2</sup>Graduando(a) em Engenharia Florestal. UDESC - Universidade do Estado de Santa Catarina. Av. Luiz de Camões, 2090. B. Conta Dinheiro, 88520-000, Lages, SC. E-mail: [buzziifr@hotmail.com](mailto:buzziifr@hotmail.com); [manuvefago@hotmail.com](mailto:manuvefago@hotmail.com).

<sup>3</sup>Mestrando em Recursos Naturais. UFRR - Universidade Federal de Roraima. Av. Ene Garcez, 2413, B. Aeroporto, 69304-000, Boa Vista, RR. E-mail: [engfmarcelonegrini@hotmail.com](mailto:engfmarcelonegrini@hotmail.com)

<sup>4</sup>Mestre em Engenharia Florestal. UDESC - Universidade do Estado de Santa Catarina. Av. Luiz de Camões, 2090. B. Conta Dinheiro, 88520-000, Lages, SC. E-mail: [tiagoferreira@florestal.eng.br](mailto:tiagoferreira@florestal.eng.br).

<sup>5</sup>Mestranda em Manejo do Solo. UDESC - Universidade do Estado de Santa Catarina. Av. Luiz de Camões, 2090. B. Conta Dinheiro, 88520-000, Lages, SC. E-mail: [sheila\\_tsouza@hotmail.com](mailto:sheila_tsouza@hotmail.com)

<sup>6</sup>Doutoranda em Engenharia Florestal. UFSM - Universidade Federal de Santa Maria. Campus Universitário - Centro de Ciências Rurais - Prédio 44 - Sala 5243 - CEP: 97105-900 - Santa Maria - RS. E-mail: [kristianafiorentin@gmail.com](mailto:kristianafiorentin@gmail.com)

ção florística-estrutural do componente regenerativo, vários processos naturais de ordem estocástica e determinística que ocorrem de forma simultânea no ecossistema florestal determinam como espécies arbóreas se distribuem espacialmente no sub-bosque florestal (e.g. BELL, 2005; CHAVE, 2004; HARRISON et al., 2010).

Nas últimas décadas, estudos têm destacado a importância da dinâmica de clareiras (DENSLOW, 1980; WHITMORE, 1989; NICOTRA et al., 1999), da dispersão de propágulos (NATHAN; MULLER-LANDAU, 2000), da competição inter-específica (SCHNITZER et al., 2000), da atividade de patógenos (AUGSPURGER, 1984) e herbívoros (JANZEN, 1970) e das espécies que compõe o componente adulto (GANDOLFI et al., 2007) na organização espacial da comunidade arbórea regenerante. Deste modo, parte da variação florística-estrutural da regeneração natural em uma floresta pode ser explicada em função de fatores relacionados à exigência ecológica de cada espécie em relação ao ambiente em que se desenvolve, e, ou, por fatores que influenciam o recrutamento, como, por exemplo, o processo de dispersão de propágulos (BELL, 2005). De forma geral, espera-se que para indivíduos arbóreos recém-estabelecidos em um ecossistema florestal, aspectos relacionados à dispersão de propágulos sejam mais importantes do que as condições ambientais para a definição da organização florística-estrutural, uma vez que neste estágio ontogenético filtros ambientais não se expressam de forma plena (JABOT et al., 2008). Assim, em estágios ontogenéticos mais avançados, espera-se uma assinatura mais evidente de filtros ambientais sobre a organização florística estrutural de comunidades de espécies arbóreas.

Em se tratando de Floresta Ombrófila Mista de Santa Catarina, vários estudos têm sido realizados para investigar a estrutura e composição do componente arbóreo adulto (e.g. FORMENTO et al., 2004; ESKUCHE, 2007; KLAUBERG et al., 2010; MARTINS-RAMOS et al., 2011; NASCIMENTO et al., 2011; HIGUCHI et al., 2012b; HIGUCHI et al., 2012a; NEGRINI et al., 2012; SILVA et al., 2012; HIGUCHI et al., 2013), no entanto, são raros os trabalhos que avaliam o componente regenerativo (e.g. CALDATO et al., 1996; MEYER et al., 2013). Desta forma, neste trabalho objetivou-se caracterizar a estrutura e a florística do componente arbóreo regenerativo e avaliar a influência de variáveis ambientais e do componente arbóreo adulto em um fragmento de floresta com araucária sobre diferentes classes de tamanho de regenerantes.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista (FOM) Montana (IBGE, 2012), com área aproximada de 103,06 ha e altitude média de 990 m. O fragmento está localizado no Planalto Catarinense, em Lages, que está situado na Bacia do Rio Caveiras (27° 51' 36.41" S e 50° 11' 35,74" W). O clima é classificado como Cfb, de acordo com a classificação de Köppen, com a precipitação e a temperatura média anual (1970-2010), segundo a estação meteorológica de Lages, administrada pela EPAGRI, de 1.682,80 mm e 15,9°C, respectivamente.

No fragmento, o levantamento das variáveis ambientais e da composição e estrutura do componente arbóreo adulto foi realizado por Higuchi et al. (2012b), por meio da alocação de 50 parcelas permanentes de 10 x 20 m (200 m<sup>2</sup>), totalizando 1 ha de área amostrada, onde foram medidas as árvores com DAP  $\geq$  5 cm. As parcelas foram distribuídas ao longo de transeções alocadas de forma aleatória, distanciadas 30 m entre si dentro de cada transeção. Esta distribuição espacial foi definida com a finalidade de amostrar adequadamente as variações ambientais, com transeções alocadas perpendiculares à borda do fragmento, compreendendo a variação topográfica existente na área. O componente regenerativo foi avaliado em subparcelas, alocadas dentro de cada parcela utilizada para o componente arbóreo adulto (ao longo do lado inferior desta), com tamanho diferenciado para cada uma das seguintes classes de tamanho de plantas, de acordo com a metodologia utilizada por Volpato (1994) e Higuchi et al. (2006): Classe 1, que compreendeu as plantas com 0,20-1 m de altura; Classe 2, 1-3 m de altura; e Classe 3, compreendendo plantas com altura maior que 3 m e DAP menor que 5 cm. Para as classes de tamanho de regeneração natural 1, 2 e 3, as seguintes dimensões foram utilizadas para cada subparcela, respectivamente: 0,5 x 10 m (5 m<sup>2</sup>), 0,5 x 20 m (10 m<sup>2</sup>) e 1 x 20 m (20 m<sup>2</sup>). Assim, foram alocadas 50 subparcelas para cada classe de tamanho, totalizando 250 m<sup>2</sup> de área amostrada para a primeira classe, 500 m<sup>2</sup> para a segunda classe e 1.000 m<sup>2</sup> para a terceira classe.

As variáveis ambientais utilizadas na análise foram obtidas por Higuchi et al. (2012b) em cada uma das 50 parcelas: relevo (cota média, desnível máximo, declividade média), solos (pH, matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, sódio, alumínio, porcentagem

de argila, índices H + Al, CTC efetiva, CTC a pH 7,0, soma de bases trocáveis e saturação de bases da CTC a pH 7,0) e cobertura do dossel. As mesmas foram consideradas por serem potencialmente importantes na determinação da organização florística-estrutural do componente regenerativo. A cota média foi considerada como a média das cotas dos quatro vértices de cada parcela. O desnível máximo correspondeu à maior distância vertical entre os vértices das parcelas. A declividade média foi calculada por meio da média simples das declividades dos quatro lados das parcelas. As propriedades químicas e físicas dos solos de cada parcela foram obtidas por meio da análise de amostras compostas superficiais, de acordo com os procedimentos recomendados pela EMBRAPA (1997), provenientes de quatro coletas distribuídas em cada parcela, a uma profundidade 0 a 20 cm. A avaliação da cobertura do dossel foi realizada por meio da média de quatro leituras, em direção ao norte, sul, leste e oeste, no centro de cada parcela, utilizando um densiômetro esférico (modelo A) côncavo (LEMMON, 1956), nos meses de novembro a dezembro.

Foram acrescentadas mais três variáveis explicativas, obtidas em cada parcela: uma variável edáfica, representada pela profundidade do solo, e duas variáveis do componente arbóreo adulto, a densidade de indivíduos e riqueza de espécies, obtidas a partir do banco de dados de Higuchi et al. (2012b). A variável de profundidade do solo foi obtida com auxílio de um trado e uma régua, sendo realizada a perfuração do solo no centro de cada parcela e medição até atingir o corpo rochoso, considerando uma profundidade máxima de 1 m em função do comprimento do trado.

Para verificar se a amostragem realizada foi suficiente para representar a riqueza de espécies encontradas, foi elaborada, para cada classe de tamanho de plantas, a curva de acumulação de espécies no programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2014), com a utilização da biblioteca Vegan (OKSANEN et al., 2014). Essa curva foi construída por meio do método de aleatorização, com 1.000 permutações. A distribuição dos valores de riqueza estimados para as unidades amostrais, por meio das permutações, foi inserida na curva de acumulação de espécies, utilizando gráficos do tipo "boxplot".

A densidade foi calculada para cada espécie e por classe de regenerantes. A relação entre as va-

riáveis estudadas e o componente regenerativo de cada classe foi analisada pela Análise de Correspondência Canônica (CCA). Os dados passaram por uma transformação logarítmica de acordo com a sugestão de Anderson et al. (2006). As variáveis foram submetidas ao método de seleção do tipo "forward stepwise", utilizando a função *Ordstep* da biblioteca *Vegan* (OKSANEN et al., 2014), sendo utilizadas aquelas com  $p < 0,1$ , de acordo com o teste de permutação. Além disso, a colinearidade entre as variáveis foi verificada pelo fator de inflação (VIF), sendo excluídas aquelas com  $VIF > 10$ , o que indica forte colinearidade. A significância da CCA como um todo e das variáveis analisadas foi verificada por testes de permutação, com um número máximo de 999 permutações, usando a função *anova.cca*, do pacote *vegan* (OKSANEN et al., 2014).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontrados 33.870 ind.ha<sup>-1</sup>, sendo que, deste total, 26.480 ind.ha<sup>-1</sup> (78,18%) ocorreram na Classe 1 de altura, 5.600 ind.ha<sup>-1</sup> (16,53%) na Classe 2 e 1.790 ind.ha<sup>-1</sup> (5,28%) na Classe 3 (Tabela 1). Essa redução da densidade entre as classes de tamanho sugere a existência de um forte gargalo demográfico. Para comunidades arbóreas, gargalos demográficos podem ser definidos a partir de um filtro ambiental (GANDOLFI et al., 2007; JABOT et al., 2008) ou devido a fatores relacionados a interações ecológicas existentes, como competição, herbivoria e predação (JANZEN, 1970).

Os indivíduos foram distribuídos em 79 espécies, 55 gêneros e 33 famílias. Comparando-se com outros estudos na região, como de Caldato et al. (1996), que encontraram 44 espécies em Caçador, os regenerantes foram representados por um elevado número de espécie. Foi registrada uma espécie exótica, pertencente ao gênero *Citrus*. Três espécies foram identificadas somente ao nível de família, cinco até o nível de gênero e 10 indivíduos não foram identificados devido à ausência de folhas no momento da coleta de dados. As famílias com o maior número de espécies foram Myrtaceae (20), Asteraceae (6), Lauraceae (4), Salicaceae (4) e Sapindaceae (4). Myrtaceae também se destacou como a família de maior riqueza no componente adulto (HIGUCHI et al., 2012b). *Myrcia*, com cinco espécies, e *Eugenia*, com quatro, foram os gêneros de maior riqueza.

**Tabela 1.** Espécies amostradas no componente regenerativo, com respectivos valores de densidade total e para as diferentes classes de tamanho (1, 2 e 3), em ind.ha<sup>-1</sup>, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana no Planalto Catarinense.

**Table 1.** Sampled species in the regenerative component, with their respective density values for the different size classes (1, 2 and 3), ind.ha<sup>-1</sup>, in a Montane Araucaria Forest in Santa Catarina State Plateau region.

Família	Espécie	1	2	3	Total	
Annonaceae	<i>Annona rugulosa</i> (Schltdl.) H.Rainer	760	100	40	900	
Aquifoliaceae	<i>Ilex microdonta</i> Reissek	40	0	0	40	
	<i>Ilex paraguariensis</i> A.St.-Hil.	0	20	0	20	
	<i>Ilex theezans</i> Mart. ex Reissek	40	180	0	220	
Araliaceae	<i>Oreopanax fulvum</i> Marchal	40	0	0	40	
Araucariaceae	<i>Araucaria angustifolia</i> (Bert.) Kuntze	1080	60	80	1220	
Asteraceae	Asteraceae 1	0	20	0	20	
	<i>Baccharis dentata</i> (Vell.) G.Barroso	40	40	30	110	
	<i>Dasyphyllum spinescens</i> (Less.) Cabrera	320	0	0	320	
	<i>Dasyphyllum tomentosum</i> (Spreng.) Cabrera	200	0	0	200	
	<i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabrera	80	20	0	100	
	<i>Vernonanthura discolor</i> (Spreng.) H.Rob.	0	20	0	20	
Bignoniaceae	<i>Jacaranda puberula</i> Cham.	480	160	10	650	
Cannabaceae	<i>Celtis brasiliensis</i> (Gardner) Planch.	280	40	30	350	
Celastraceae	<i>Maytenus dasyclada</i> Mart.	160	20	0	180	
Clethraceae	<i>Clethra scabra</i> Pers.	40	0	20	60	
Cunoniaceae	<i>Lamanonia ternata</i> Vell.	80	20	40	140	
Dicksoniaceae	<i>Dicksonia sellowiana</i> Hook.	80	40	0	120	
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.-Hil.	40	0	0	40	
Euphorbiaceae	<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	40	0	0	40	
	<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	0	20	40	60	
	<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L.B.Sm. & Downs	200	0	0	200	
Fabaceae	<i>Dalbergia frutescens</i> (Vell.) Britton	840	60	20	920	
	<i>Machaerium paraguariense</i> Hassl.	160	20	10	190	
	<i>Mimosa scabrella</i> Benth.	0	0	10	10	
Lauraceae	<i>Cinnamomum amoenum</i> (Nees & Mart.) Kosterm.	120	0	0	120	
	<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	400	100	20	520	
	<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	40	0	0	40	
	<i>Ocotea pulchella</i> Mart.	840	120	60	1020	
Loganiaceae	<i>Strychnos brasiliensis</i> (Spreng.) Mart.	80	100	10	190	
Melastomataceae	<i>Miconia cinerascens</i> Miq.	240	0	0	240	
	<i>Miconia hiemalis</i> A.St.-Hil. & Naudin ex Naudin	160	40	20	220	
	<i>Miconia</i> sp.	0	0	10	10	
Meliaceae	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	0	20	0	20	
Myrtaceae	<i>Acca sellowiana</i> (O.Berg) Burret	40	0	0	40	
	<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O.Berg	880	120	30	1030	
	<i>Calypttranthes concinna</i> DC.	320	60	30	410	
	<i>Campomanesia xanthocarpa</i> O.Berg	200	140	10	350	
	<i>Eugenia pluriflora</i> DC.	400	240	60	700	
	<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	80	20	0	100	
	<i>Eugenia</i> sp.	40	20	0	60	
	<i>Eugenia uruguayensis</i> Cambess.	0	20	0	20	
	<i>Myrceugenia euosma</i> (O.Berg) D.Legrand	0	20	0	20	
	<i>Myrceugenia ovata</i> (Hook. & Arn.) O.Berg	0	20	0	20	
	<i>Myrceugenia</i> sp.	320	80	10	410	
	<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.	680	340	70	1090	
	<i>Myrcia hartwegiana</i> (O.Berg) Kiaersk.	440	120	30	590	
	<i>Myrcia hatschbachii</i> D.Legrand	800	300	50	1150	
	<i>Myrcia laruotteana</i> Cambess.	200	120	10	330	
	<i>Myrcia palustris</i> DC.	480	160	40	680	
	<i>Myrrhinium atropurpureum</i> Schott	240	20	10	270	
	Myrtaceae 1		40	0	0	40
	Myrtaceae 2		1240	200	30	1470
N.I.	Não identificadas	160	80	10	250	

**Tabela 1 - Continuação.** Espécies amostradas no componente regenerativo, com respectivos valores de densidade total e para as diferentes classes de tamanho (1, 2 e 3), em ind.ha<sup>-1</sup>, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana no Planalto Catarinense.

**Table 1 - Continuation.** Sampled species in the regenerative component, with their respective density values for the different size classes (1, 2 and 3), ind.ha<sup>-1</sup>, in a Montane Araucaria Forest in Santa Catarina State Plateau region.

Família	Espécie	1	2	3	Total
Podocarpaceae	<i>Podocarpus lambertii</i> Klotzsch ex Endl.	200	80	60	340
Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) Roem. & Schult.	200	0	0	200
	<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	2640	440	60	3140
Proteaceae	<i>Roupala montana</i> Aubl.	1000	140	0	1140
Rhamnaceae	<i>Scutia buxifolia</i> Reissek	0	40	20	60
Rosaceae	<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	880	40	0	920
Rubiaceae	<i>Coutarea hexandra</i> (Jacq.) K.Schum.	120	20	0	140
Rutaceae	<i>Citrus</i> sp.	0	20	0	20
	<i>Zanthoxylum kleinii</i> (R.S.Cowan) P.G.Waterman	40	0	0	40
	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	200	20	30	250
Salicaceae	<i>Banara tomentosa</i> Clos	520	120	120	760
	<i>Casearia decandra</i> Jacq.	920	460	210	1590
	<i>Casearia obliqua</i> Spreng.	0	100	30	130
	<i>Xylosma ciliatifolia</i> (Clos) Eichler	0	60	10	70
	<i>Xylosma tweediana</i> (Clos) Eichler	200	40	30	270
Sapindaceae	<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil., Cambess. & A.Juss.) Radlk.	760	40	20	820
	<i>Allophylus guaraniticus</i> (A.St.-Hil.) Radlk.	480	100	40	620
	<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	2080	280	140	2500
	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	1880	140	80	2100
Solanaceae	<i>Brunfelsia cuneifolia</i> J.A.Schmidt	120	0	0	120
	<i>Solanum pseudoquina</i> A.St.-Hil.	40	20	30	90
	<i>Solanum</i> sp.	0	20	0	20
Styracaceae	<i>Styrax leprosus</i> Hook. & Arn.	440	40	0	480
Symplocaceae	<i>Symplocos uniflora</i> (Pohl) Benth.	280	0	0	280
Verbenaceae	<i>Duranta vestita</i> Cham.	0	20	20	40
Winteraceae	<i>Drimys brasiliensis</i> Miers	40	60	50	150
<b>Total</b>		<b>26480</b>	<b>5600</b>	<b>1790</b>	<b>33870</b>

A riqueza encontrada para as classes 1, 2 e 3 foi, respectivamente, de 64, 61 e 45 espécies. A redução na riqueza em função das classes de tamanho indica que os fatores que controlam a densidade da comunidade também atuam como um filtro, reduzindo o número de espécies nas classes de maior tamanho. As curvas de acumulação de espécies demonstraram que a amostragem foi adequada para caracterização florística do componente regenerativo, uma vez que, com a inclusão da última unidade amostral, houve um aumento menor do que 1% no número de espécies em cada classe avaliada (Figura 1).

As espécies de maior densidade na classe de menor tamanho (Classe 1) foram *Myrsine umbellata* Mart. (2.640 ind.ha<sup>-1</sup>), *Cupania vernalis* Cambess. (2.080 ind.ha<sup>-1</sup>) e *Matayba elaeagnoides* Radlk. (1.880 ind.ha<sup>-1</sup>). As de maior densidade na Classe 2 foram *Casearia decandra* Jacq. (460 ind.ha<sup>-1</sup>), *Myrsine umbellata* (440 ind.ha<sup>-1</sup>) e *Myrcia guianensis* (Aubl.) DC. (340 ind.ha<sup>-1</sup>). Na classe de maior tamanho se destacaram *Casearia decandra* (210 ind.ha<sup>-1</sup>), *Cupania vernalis* (140 ind.ha<sup>-1</sup>)

e *Banara tomentosa* Clos (120 ind.ha<sup>-1</sup>). A variação das espécies mais abundantes entre as classes de tamanho pode ser explicada em função das diferentes estratégias de vida das mesmas e suas respectivas capacidades de se desenvolverem no sub-bosque florestal. Algumas espécies podem produzir maior quantidade de propágulos, porém, são competidoras pouco eficientes, tendendo a diminuir suas participações nas classes de maior tamanho. Outras espécies podem produzir poucos propágulos, mas com boa capacidade competitiva, apresentando aumento suas participações nas classes de maior tamanho.

Essas espécies de maior densidade são encontradas, também, no componente regenerativo de outras áreas de FOM (e.g. NARVAES et al., 2005; MEYER et al., 2013). Porém, comparando-se os resultados das densidades do componente regenerativo com o componente adulto (HIGUCHI et al., 2012b), estes são distintos, já que *Araucaria angustifolia* (Bert.) Kuntze, a espécie que mais caracteriza a fitofisionomia da formação florestal estudada, foi a espécie de maior

densidade no componente adulto. No estrato regenerante, *A. angustifolia* foi a sexta com maior valor de densidade, totalizando 1.080, 60 e 80 ind.ha<sup>-1</sup>, respectivamente, nas classes 1, 2 e 3. A baixa participação de *A. angustifolia* no sub-bosque de fragmentos de FOM tem sido relacionada por autores estudando florestas na mesma faixa altitudinal (em torno de 1.000 m) (e.g. CALDATO et al., 1996; NARVAES et al., 2005), demonstrando que esta espécie apresenta baixo potencial regenerativo no sub-bosque de fragmentos desse tipo.

Os resultados da CCA podem ser observados na Tabela 2. A inércia total encontrada para Classe 1 foi de 3,9751, sendo que apenas 11,24% deste total foi explicado de forma significativa pelas variáveis “profundidade do solo”, “cobertura do dossel” e “teor de Mg no solo”. Na Classe 2, a variação explicada da inércia total (5,655) foi de 17,75%, estando relacionada a “profundidade do solo”, “densidade de indivíduos do componente adulto”, “cota média” e “riqueza de espécies do componente adulto”. Na Classe 3, “declividade média” e “teor de P no solo” explicou 17,71% da inércia total (5,130). O auto-valor do eixo 1 para as classes 1, 2 e 3

foram, respectivamente, de 0,2397, 0,3460 e 0,5042. Para o eixo 2 foi observado o mesmo padrão de aumento de auto-valor, com 0,1356, 0,3038 e 0,4042, respectivamente, para as classes 1, 2 e 3.

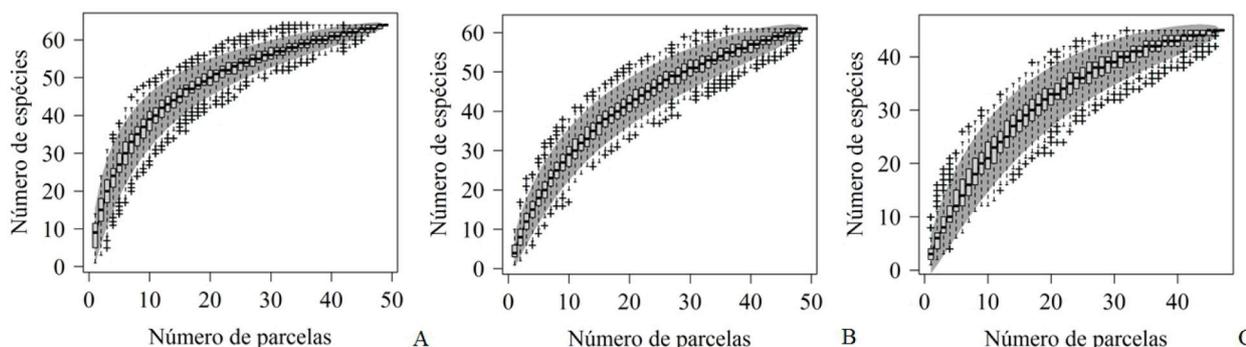
Os resultados das CCA's demonstraram que as variáveis analisadas explicaram pouco da variação encontrada no componente regenerativo. Mesmo assim, foi observada a influência significativa de características do solo (profundidade do solo e teores de Mg e P), do relevo (cota média e declividade do terreno), da disponibilidade de luz (cobertura do dossel) e do componente arbóreo adulto (densidade e riqueza). Na classe 1, a significância da cobertura do dossel (CD), por exemplo, sugere a importância da qualidade do ambiente lumínico no estabelecimento inicial da regeneração natural ( $\leq 1$ m). Aspectos relacionados à influência do componente adulto pareceu representar um importante filtro ecológico na classe 2, uma vez que duas das quatro variáveis significativas, estiveram relacionadas a este componente (riqueza e densidade de indivíduos). Na classe 3, o relevo, representado pela declividade média (DM) e a fertilidade do solo, indicado por teores de

**Tabela 2.** Análise de Correspondência Canônica para as diferentes classes de tamanho do componente regenerativo das espécies arbóreas de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana no Planalto Catarinense.

**Table 2.** Canonical Correspondence Analysis (CCA) for the different size classes of tree community regenerative component, in the Santa Catarina State Plateau region.

	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Inércia total	3,9751	5,655	5,130
Varição explicada (%)	11,24	17,75	17,71
Variáveis significativas ( $p \leq 0,05$ )	PS, CD e Mg	PS, D, CM e R	DM e P
Auto-valor eixo 1	0,23966	0,3460	0,5042
Auto-valor eixo 2	0,13557	0,3038	0,4042
Varição não explicada (%)	88,76	82,25	82,29
P	0,005	0,005	0,005

PS: profundidade do solo; CD: cobertura do dossel; Mg: teor de magnésio no solo; D: densidade de indivíduos do componente adulto ( $DAP \geq 5$ cm); CM: cota média; R: riqueza do componente adulto ( $DAP \geq 5$ cm); DM: declividade média e P: teor de P no solo.



**Figura 1.** Curva de acumulação de espécies para as diferentes classes de tamanho (Classe 1 = A, Classe 2 = B e Classe 3 = C) do componente regenerativo arbóreo de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no Planalto Catarinense.

**Figure 1.** Species accumulation curves for different size classes (Class 1 = A, Class 2 = B and Class 3 = C) of tree community regenerative component in a Montane Araucaria Forest, in the Santa Catarina State Plateau region.

P, foram relevantes. O fato da profundidade do solo (PS) ser a única variável significativa em mais de uma classe de tamanho (classes 1 e 2) demonstra a importância da mesma para o estabelecimento de regenerantes arbóreos de até 3 m de altura. De fato, o grau de desenvolvimento do solo também já foi destacado por Scipioni et al. (2009) como importante fator ambiental para a regeneração natural em uma floresta subtropical. No entanto, os valores baixos da variação explicada por essas variáveis sugerem que a organização estrutural-florística do componente regenerativo do fragmento estudado seja pouco dependente de fatores determinísticos, relacionadas às variáveis mensuradas. Aparentemente, fatores de ordem estocástica, relacionados ao processo de dispersão e de relações ecológicas (e.g. competição, herbivoria e predação), possuem maior importância. Esta inferência se justifica se considerarmos que o processo de regeneração natural no sub-bosque de uma floresta natural começa a partir da chegada e posterior germinação das sementes no piso florestal. Para plantas, a dispersão, que ocorre de forma irregular (GUARIGUATA; PINARD, 1998), é o primeiro processo demográfico de caráter espacial (NATHAN; MULLER-LANDAU, 2000). A maior importância da dispersão em relação a fatores ambientais também foi observada por Paine e Harms (2009), estudando a regeneração natural em uma floresta tropical úmida no Peru.

Os resultados encontrados no presente estudos também demonstram a importância do filtro ambiental pós processo de dispersão. A variação explicada na Classe 1 (11,24%) foi inferior a observada para as Classes 2 e 3 (17,7 e 17,71%), indicando que a redução acentuada na densidade de indivíduos entre as classes é acompanhada pela maior relação das espécies com as variáveis estudadas. O mesmo padrão foi observado por Jabot et al. (2008) estudando áreas de floresta tropical no Panamá, onde verificaram que o efeito acumulativo do filtro ambiental tende a aumentar de acordo com o avanço da ontogenia das árvores.

## CONCLUSÕES

A diferença de densidade de indivíduos entre a classe de menor e maior tamanho indica a existência de um forte gargalo demográfico. Apesar da organização florística-estrutural do componente regenerativo ter sido pouco explicada pelas variáveis analisadas, foi possível veri-

ficar que cada estágio ontogenético avaliado foi influenciado por um conjunto diferenciado de variáveis. Estes resultados denotam a natureza complexa do processo de estabelecimento inicial de espécies arbóreas em condições de sub-bosque.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, M. J.; ELLINGSEN, K. E.; MCARDLE, B. H. Multivariate dispersion as a measure of beta diversity. *Ecology letter*, Hoboken, v. 9, n. 6, p. 683-693, 2006.
- AUGSPURGER, C. K. Seedling survival of tropical tree species: interactions of dispersal distance, light-gaps, and pathogens. *Ecology*, Ithaca, v. 65, n. 6, p. 1705-1712, 1984.
- BELL, G. The co-distribution of species in relation to the neutral theory of community ecology. *Ecology*, Ithaca, v. 86, n.7, p. 1757-1770, 2005.
- CALDATO, S. L.; FLOSS, P. A.; CROCE, D. M.; LONGHI, S. J. Estudo da regeneração natural, banco de sementes e chuva de sementes na reserva genética florestal de Caçador, SC. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 27-38, 1996.
- CHAVE, J. Neutral theory and community ecology. *Ecology letters*, Hoboken, v. 7, n. 3, p. 241-253, 2004.
- DENSLOW, J. S. Gap partitioning among tropical rainforest trees. *Biotropica*, Lawrence, v. 12, n. 2, p. 47-55, 1980.
- EMBRAPA. *Manual de métodos de análises de solo*. 2.ed. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 247 p.
- ESKUCHE, U. El bosque de Araucaria con Podocarpus y los campos de Bom Jardim da Serra, Santa Catarina (Brasil meridional). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, Córdoba, v. 42, n. 3-4, p. 295-308, 2007.
- FORMENTO, S.; SCHORN, L. A.; RAMOS, R. A. B. Dinâmica estrutural arbórea de uma Floresta Ombrófila Mista em Campo Belo do Sul, SC. *Cerne*, Lavras, v. 10, n. 2, p. 196-212, 2004.
- GANDOLFI, S.; JOLY, C. A.; RODRIGUES, R. R. Permeability-impermeability: canopy trees as biodiversity filter. *Sciencia Agricola*, Piracicaba, v. 64, n. 4, p. 433-438, 2007.

- GUARIGUATA, M. R.; PINARD, M. A. Ecological knowledge of regeneration from seed in neotropical forest trees: implications for natural forest management. **Forest Ecology Management**, Amsterdam, v. 112, n. 1-2, p. 87-99, 1998.
- HARRISON, S.; CORNELL, H.; MOORE, K. A. Spatial niches and coexistence: testing theory with tarweeds. **Ecology**, Ithaca, v. 91, n. 7, p. 2141-2150, 2010.
- HIGUCHI, P.; REIS, M. G. F.; REIS, G. G.; PINHEIRO, A. L.; SILVA, C. T.; OLIVEIRA, C. H. R. Composição florística da regeneração natural de espécies arbóreas ao longo de oito anos em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, em Viçosa, MG. **Revista árvore**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 893-904, 2006.
- HIGUCHI, P.; SILVA, A. C.; ALMEIDA, J. A.; BORTOLUZZI, R. L. C.; MANTOVANI, A.; FERREIRA, T. S.; SOUZA, S. T.; GOMES, J. P.; SILVA, K. M. Florística e estrutura do componente arbóreo e análise ambiental de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana no município de Painel, SC. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 153-164, 2013.
- HIGUCHI, P.; SILVA, A. C.; FERREIRA, T. S.; SOUZA, S. T.; GOMES, J. P.; SILVA, K. M.; SANTOS, K. F. Floristic composition and phytogeography of the tree component of Araucaria Forest fragments in southern Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 145-157, 2012a.
- HIGUCHI, P.; SILVA, A. C.; FERREIRA, T. S.; SOUZA, S. T.; GOMES, J. P.; SILVA, K. M.; SANTOS, K. F.; LINKE, C. PAULINO, P. S. Influência de variáveis ambientais sobre o padrão estrutural e florístico do componente arbóreo em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana, em Lages, SC. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 1, p. 79-90, 2012b.
- IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro, 2012. 271 p.
- JABOT, F.; ETIENNE, R. S.; CHAVE, J. Reconciling neutral community models and environmental filtering: theory and empirical test. **Oikos**, Hoboken, v. 117, n. 9, p. 1308-1320, 2008.
- JANZEN, D. H. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. **The American naturalist**, Chicago, v. 104, n. 940, p. 501-528, 1970.
- KLAUBERG, C.; PALUDO, G. F.; BORTOLUZZI, R. C.; MANTOVANI, A. Florística e estrutura de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no Planalto Catarinense. **Biotemas**, Florianópolis, v. 23, n. 1, p. 35-47, 2010.
- LEMMON, P. A spherical densiometer for estimating forest overstory density. **Forest Science**, Bethesda, v. 2, n. 4, p. 314-320. 1956.
- MARTINS-RAMOS, D.; CHAVES, C. L.; BORTOLUZZI, R. L. C.; MANTOVANI, A. Florística de Floresta Ombrófila Mista Altomontana e de Campos em Urupema, Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 9, n. 2, p. 156-166, 2011.
- MEYER, L.; GASPER, A. L.; SEVEGNANI, L.; SCHORN, L. A.; VIBRANS, A. C.; LINGNER, D.V.; VERDI, M.; STIVAL-SANTOS, A.; DREVECK, S.; KORTE, A. Regeneração natural da Floresta Ombrófila Mista em Santa Catarina. In: VIBRANS, A.C.; SEVEGNANI, L.; GASPER, A.L.; LINGNER, D.V. (Org.). **Floresta Ombrófila Mista. Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina**. Blumenau: Edifurb, 2013. v.3, p. 191-222.
- NARVAES, I. S.; BRENA, D. A.; LONGHI, S. J. Estrutura da regeneração natural em Floresta Ombrófila Mista na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 4, p. 331-342, 2005.
- NASCIMENTO, A. R. T.; RAMOS, P. H. X.; DALMASO, C. A. Estrutura e classificação de um remanescente de floresta ripária no município de Lages, SC. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 209-218, 2011.
- NATHAN, R.; MUELLER-LANDAU, H. C. Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. **Trends in Ecology and Evolution**, Amsterdam, v. 15, n. 7, p. 278-285, 2000.
- NEGRINI, M.; AGUIAR, M. D.; VIEIRA, C. T.; SILVA, A. C.; HIGUCHI, P. Dispersão, distribuição espacial e estratificação vertical da comunidade arbórea em um fragmento florestal no Planalto Catarinense. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 919-930, 2012.
- NICOTRA, A. B.; CHAZDON, R. L.; IRIATE, S. V. B. Spatial heterogeneity of light and woody seedling regeneration in tropical wet forest. **Ecology**, Ithaca, v. 80, n. 6, p. 1908-1926, 1999.

- OKSANEN, J.; BLANCHET, F. G.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MINCHIN, P. R.; O'HARA, R. B.; SIMPSON, G. L.; SOLYMOS, P.; STEVENS, M. H. H.; WAGNER, H. **Vegan**: Community Ecology Package. Disponível em: . Acesso em: 15 jan. 2014.
- PAINE, C. E. T.; HARMS, K. E. Quantifying the effects of seed arrival and environmental conditions on tropical seedling community structure. **Oecologia**, Berlin, v. 160, n. 1, p. 139-150, 2009.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **The R project for statistical computing**. Disponível em: . Acesso em: 15 jan. 2014.
- SCHNITZER, S. A.; DALLING, J. W.; CARSON, W. P. The impacts of lianas on tree regeneration in tropical forest canopy gaps: evidence for an alternative pathway of gap-phase regeneration. **Journal of Ecology**, Londres, v. 88, n. 2, p. 655-666, 2000.
- SCIPIONI, M. C.; LONGHI, S. J.; ARAÚJO, M. M.; REINERT, D. J. Regeneração natural de um fragmento da floresta estacional decidual na reserva biológica do Ibicuí-Mirim (RS). **Revista Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 3, p. 675-690, 2009.
- SILVA, A. C.; HIGUCHI, P.; AGUIAR, M. D.; NEGRINI, M.; FERT NETO, J.; HESS, A. F. Relações florísticas e fitossociologia de uma Floresta Ombrófila Mista Montana Secundária em Lages, Santa Catarina. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 1, p. 193-206, 2012.
- VOLPATO, M. M. L. **Regeneração natural em uma floresta secundária no domínio de Mata Atlântica: uma análise fitossociológica**. 1994. 123 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.
- WHITMORE, T. C. Canopy gaps and the two major groups of forest trees. **Ecology**, Ithaca, v. 70, n. 3, p. 536-538, 1989.

Recebido em 17/03/2014

Aceito para publicação em 12/12/2014

