



Estrutura horizontal e influência de características do solo em fragmento de Floresta Ombrófila Mista

Suelen Carpenedo AIMI^{1*}, Maristela Machado ARAUJO², Daniele Guarienti RORATO¹, Adriana Falcão DUTRA¹, Rafael Marian CALLEGARO³

¹ Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

² Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

³ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Jerônimo Monteiro, Espírito Santo, Brasil.

*E-mail: suaimi@gmail.com

Recebido em outubro/2016; Aceito em dezembro/2016.

RESUMO: Os fragmentos florestais são importantes para a manutenção da biodiversidade, sendo fundamentais os estudos que visem obter informações para a conservação, recuperação e manejo desses ambientes. Dessa forma, o objetivo foi verificar a influência de atributos do solo na estrutura horizontal e na diversidade florística de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. O levantamento da vegetação foi realizado em 19 parcelas de 10 x 20 m. Nas parcelas, os indivíduos foram identificados e medidos conforme as seguintes classes de tamanho: Classe I - indivíduos com CAP (circunferência medida a 1,30 m da superfície do solo) ≥ 15 cm e Classe II CAP < 15 cm e diâmetro ≥ 1 cm. A vegetação foi analisada com base nos parâmetros fitossociológicos e a correlação entre a vegetação e variáveis do solo por meio da Análise de Correspondência Canônica. O fragmento apresenta baixa diversidade, com predomínio de poucas espécies na Classe de maior tamanho, entre essas destaca-se *Araucaria angustifolia*, porém sua reduzida densidade na regeneração natural poderá comprometer sua conservação no local. Espécies como *Myrceugenia cucullata* e *Gymnanthes klotzschiana* apresentam-se conservadas na floresta. Houve influência das características químicas do solo sobre a vegetação.

Palavras-chave: fitossociologia, *Araucaria angustifolia*, CCA, campos de altitude.

Horizontal structure and influence of soil characteristics on distribution in Floresta Ombrófila Mista

ABSTRACT: Forestry fragments are important to biodiversity maintenance, thus it is developing studies aiming to get information focused on the conservation, recovery and management of these environments. Therefore, aimed at featuring the horizontal structure, flora diversity and the influence of the soil variables from the arboreal-shrubby component within a Floresta Ombrófila Mista fragment. The survey on vegetation was performed in nineteen 10 x 20 m plots. Within these plots, the individuals were identified and measured according to the following size classes: Class I – individuals presenting DAP (circumference measured 1.30 m from soil surface) ≥ 15 cm and Class II CAP < 15 cm e diameter ≥ 1 cm. The vegetation was analyzed according to phytosociological parameters and to a correlation between the vegetation and the soil variables by means of a Canonical Correspondence Analysis. The fragment presents low diversity and the prevalence of few species in the bigger size class, among which stands out *Araucaria angustifolia*. However, its reduced density regarding natural regeneration may impair its own conservation within the local. Species such as *Myrceugenia cucullata* and *Gymnanthes klotzschiana* are preserved in the forest. There is influence from soil chemical features.

Keywords: phytosociology, *Araucaria angustifolia*, CCA, altitude fields.

1. INTRODUÇÃO

A Floresta Ombrófila Mista (Floresta de Araucária) tem distribuição geográfica associada aos locais de elevada altitude (400 e 1000 m) e baixas temperaturas médias anuais (IBGE, 2012). Essa formação florestal é resultante da interpenetração de floras de origem austral-andina e tropical afro-brasileira (VELOSO et al., 1991).

Essa tipologia, além de sua ocorrência original em grandes remanescentes, apresenta-se sobre os Campos de Altitude ou Campos de Cima da Serra, como também são conhecidos no Planalto Sul-Brasileiro. Segundo Pillar et al. (2009), os campos formam, com frequência, mosaicos com a Floresta Ombrófila Mista, caracterizando um sistema de transição campo-floresta, fortemente influenciado pelas atividades antrópicas.

A Floresta Ombrófila Mista, no início do século XX, sofreu grande redução da sua área original, encontrando-se atualmente fragmentada, devido à atividade agropecuária e à expansão urbana. Além disso, a exploração madeireira ocasionou a alteração dos remanescentes florestais, tornando-os, em geral, pouco representativos de características originais dessa tipologia florestal (LEITE, 2002). Como resultado da alteração das florestas, tem-se a perda de biodiversidade e a redução dos produtos florestais disponíveis ao uso do homem. Conforme Pinto et al. (2007), informações sobre a fitossociologia devem ser consideradas nos projetos de restauração florestal, visando à sustentabilidade dos ecossistemas a serem restaurados.

Os estudos fitossociológicos dão subsídios ao conhecimento do potencial e limitações de cada espécie, além de suas características em cada ambiente, permitindo assim, a intervenção de forma correta. No entanto, apesar de diversos estudos publicados sobre os remanescentes da Floresta Ombrófila Mista (VALÉRIO et al., 2008; ARAUJO et al., 2010; CHAMI et al., 2011; RORATO et al., 2015), ainda há necessidade de mais pesquisas, sobre a composição e estrutura, que analisados juntamente com variáveis ambientais, podem subsidiar intervenções em áreas naturais, visando à restauração ecológica ou a exploração sustentável com a minimização de impactos negativos.

Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo caracterizar a estrutura horizontal e a florística de uma Floresta Ombrófila Mista, em São Francisco de Paula, RS, buscando evidenciar a influência de variáveis ambientais no estrato arbóreo e na regeneração natural.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em um fragmento florestal (29°18'04,20" S e 50°34'37,40" O), localizado em uma propriedade onde a principal atividade desenvolvida é a pecuária, característica recorrente de propriedades da região. A área de estudo localiza-se no município de São Francisco de Paula, RS, com altitude média de 907 m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfb, subtropical com verão ameno, a precipitação pluviométrica anual é de 2.252 mm e a temperatura média anual de 14,4°C (ALVARES et al., 2013).

Os solos dominantes da região são classificados como Cambissolos Húmicos Alumínicos típicos, Cambissolos Háplicos Alumínicos organossólicos, Neossolos Regolíticos Húmicos lépticos e Neossolos Litólicos Húmicos típicos, e em menor frequência, aparecem sob a forma de inclusões nas classes predominantes, Gleissolos Melânicos e Organossolos Háplicos (STRECK et al., 2008). No entanto, no local do estudo houve predomínio de Neossolos Litólicos (classificados até o 2º nível categórico) em grande parte da área, porém também foram descritos Cambissolos (classificados até o 1º nível categórico), conforme Embrapa (2013).

Para a amostragem do fragmento florestal, com aproximadamente 9 ha de área, foram instaladas sistematicamente 19 parcelas com dimensões de 10 m x 20 m, as quais foram locadas em linhas paralelas distantes 100 m, mantendo-se a distância de 20 m entre as parcelas em cada linha. Em cada parcela foi realizada a identificação e a medição dos indivíduos em duas classes de tamanho: Classe I (estrato arbóreo) - indivíduos com CAP (circunferência medida a 1,30 m da

superfície do solo) ≥ 15 cm e Classe II (regeneração natural estabelecida) - indivíduos com diâmetro do coleto de ≥ 1 e $\leq 4,77$ cm, estabelecidas em Rorato (2012).

Os dados do inventário florestal foram analisados em relação à composição florística, estrutura horizontal (densidade, dominância e frequência absoluta, além do valor de importância relativo) e o índice de diversidade de Shannon. As variáveis ambientais foram constituídas por características físicas e químicas do solo. Para a análise do solo, foram coletadas três amostras simples na camada superficial (0-20 cm). As amostras simples de solo foram destorroadas e homogeneizadas para formarem a amostra composta para cada uma das 11 parcelas analisadas, sendo imediatamente armazenadas para análise posterior.

As análises físicas foram realizadas no Laboratório de Física do Solo, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), obtendo-se a textura (proporção de areia grossa, areia fina, silte e argila) e a densidade do solo. Para análise química, amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Análise de Solos da UFSM, obtendo-se os seguintes dados: pH (em água e KCl), saturação por bases (V%), saturação por alumínio (m%), acidez potencial (H + Al), CTC efetiva, CTC pH7, além dos conteúdos de matéria orgânica (MO), alumínio (Al), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), enxofre (S), fósforo (P), cobre (Cu), boro (B) e zinco (Zn). A interpretação dos teores nutricionais foi realizada conforme a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/ Comissão de Química e Fertilidade do Solo (SBCS/CQFS, 2004).

Para analisar a influência das variáveis ambientais (física e química do solo), foi realizada a Análise de Correspondência Canônica (CCA), com uso do programa PC-ORD™ for Windows versão 5.10 (MCCUNE; MEFFORD, 1997). Esta análise partiu da formação de duas matrizes, a primeira referente ao número de indivíduos de cada espécie por parcela e a segunda, com as variáveis ambientais, representadas pelas características físicas e químicas do solo. A matriz de dados das espécies foi constituída pela abundância das espécies que apresentaram 10 ou mais indivíduos na amostra total (SCIPIONI et al., 2009).

Para construção da matriz das variáveis ambientais, foi realizada análise preliminar, visando retirar variáveis altamente correlacionadas, as quais teriam o mesmo efeito na ordenação. As variáveis com correlação inferior e próxima a 0,5 foram mantidas na CCA, para obter mapas bidimensionais que apresentassem autovalores maiores que 0,2. Esta condição foi apresentada por Hair Jr. et al. (2009) como requisito para a determinação do número de dimensões a serem mantidas na solução da análise de correspondência. Tal procedimento torna viável o processamento, que deve apresentar menor número de variáveis ambientais do que o número de parcelas com dados de vegetação. Desse modo, a análise final foi processada com dez variáveis ambientais (Al; H+Al; MO; P; Ca; K; S; Cu; m; e saturação por bases), sendo a significância das correlações entre as matrizes analisadas pelo teste de permutação de Monte Carlo, utilizando 1.000 iterações.

3. RESULTADOS

Na área estudada foram amostradas 44 espécies, pertencentes a 35 gêneros e 21 famílias botânicas. No estrato arbóreo foi observada a densidade de 1.113 indivíduos ha⁻¹, pertencentes a 31 espécies arbóreas, 27 gêneros e 19 famílias botânicas. O índice de Shannon calculado foi de 2,19.

No estrato arbóreo, as espécies que apresentaram o maior valor de importância (VI) foram: *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (29,4), *Podocarpus lambertii* Klotzsch ex Endl. (22,0), *Myrceugenia cucullata* D. Legrand (12,8), *Gymnanthes klotzschiana* Müll.Arg. (3,9), *Lithrea brasiliensis* Marchand (3,5), *Myrciaria delicatula* (DC.) O.Berg (2,8), *Calyptanthes concinna* DC. (2,6), *Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) O.Berg (2,5), *Maytenus aquifolia* Mart. (1,7) e *Annona neosalicifolia* H. Rainer (1,6) (Tabela 1). O predomínio das três primeiras espécies citadas representa densidade relativa de 73%, influenciando a baixa diversidade do fragmento.

Na Classe II (regeneração natural) foram observados 3.747 ind.ha⁻¹, pertencentes a 23 espécies, das quais 13 foram exclusivas da regeneração natural estabelecida (RNE). Nessa Classe o índice de Shannon foi de 2,78.

Entre as dez espécies predominantes no estrato superior da floresta (Classe I), 60% estiveram presentes na Classe II, com valor de importância: *Myrceugenia cucullata* (8,1), *Calyptanthes concinna* (5,3), *Gymnanthes klotzschiana* (5,1), *Myrciaria delicatula* (4,5), *Maytenus aquifolia* (4,5) e *Araucaria angustifolia* (2,2) (Tabela 1).

Os resultados da CCA encontram-se apresentados na forma de diagrama de ordenação (“biplot”) na Figura 1. Nesse estudo, todas as características físicas e sete variáveis químicas do solo analisadas não apresentaram correlação com a vegetação, no entanto, dez variáveis químicas apresentaram-se correlacionadas com a vegetação amostrada.

Os macronutrientes Ca, K e S e o micronutriente Cu apresentaram valores classificados como altos (Tabela 2).

4. DISCUSSÃO

As famílias que mais se destacaram foram Myrtaceae, representada por dez espécies e Lauraceae com quatro espécies. As demais famílias apresentaram três, duas ou apenas uma espécie. No Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul (RIO GRANDE DO SUL, 2007), também foi verificado que a família Myrtaceae apresentou maior riqueza florística nessa tipologia florestal, seguida por Lauraceae.

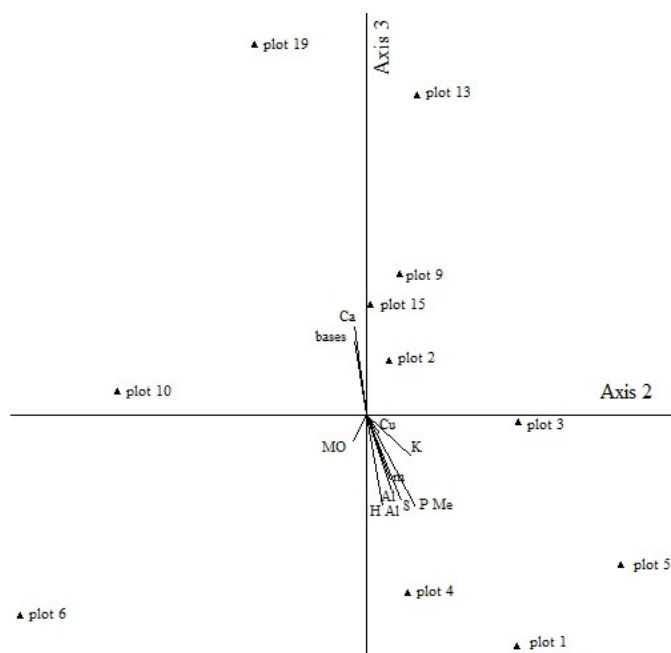
Os resultados do presente estudo (Tabela 1) diferem dos observados por Rorato et al. (2015), avaliando os indivíduos

Parâmetros fitossociológicos de espécies predominantes em duas classes de tamanho em fragmento florestal de Floresta Ombrófila Mista, São Francisco de Paula, RS.

Table 1. Phytosociological parameters of species predominant in two size classes, in a forest fragment in Floresta Ombrófila Mista, São Francisco de Paula, RS.

Nome Científico	Classe I				Classe II			
	DR	DoR	FR%	VI%	DR	DoR	FR%	VI%
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	28,4	44,5	15,4	29,4	2,8	0,1	3,7	2,2
<i>Podocarpus lambertii</i> Klotzsch ex Endl.	24,8	25,6	15,5	22,0	-	-	-	-
<i>Myrceugenia cucullata</i> D. Legrand	20,3	4,2	13,8	12,8	14,1	2,2	8,3	8,1
<i>Gymnanthes klotzschiana</i> Müll.Arg.	2,1	2,2	4,9	3,9	7,9	2,0	5,5	5,1
<i>Lithraea brasiliensis</i> Marchand	1,7	3,1	5,7	3,5	-	-	-	-
<i>Myrciaria delicatula</i> (DC.) O.Berg	3,1	0,5	4,9	2,8	5,6	0,4	6,4	4,5
<i>Calyptanthes concinna</i> DC.	2,6	1,0	4,1	2,6	5,6	2,9	7,3	5,3
<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O.Berg	2,1	1,2	4,1	2,5	-	-	-	-
<i>Maytenus aquifolia</i> Mart.	1,2	1,3	2,4	1,7	3,4	4,7	5,5	4,5
<i>Annona neosalicifolia</i> H.Rainer	0,7	2,5	1,6	1,6	-	-	-	-
Outras espécies	13,0	13,9	27,6	17,2	60,6	87,7	63,3	70,3
Σ	100	100	100	100	100	100	100	100

Sendo: DR: Densidade Relativa; DoR: Dominância Relativa; FR: Frequência Relativa; VI: Valor de Importância. Classe I = Σ DA (Densidade Absoluta) = 1.113,2; DoA (Dominância Absoluta) = 44,22 e FA (Frequência Absoluta) = 647,47. Classe II (RNE) = Σ DA = 3.747; DoA = 104,03 e FA = 573,7.



Sendo: Plot: Parcelas; Bases: saturação por bases; m: saturação por alumínio; Ca: cálcio; S: enxofre; H+Al: acidez total; Al: alumínio extraível; P Me: fósforo; Cu: cobre; K: potássio; e MO: matéria orgânica.

Figura 1. Diagrama de ordenação com as variáveis ambientais para o eixo 2 e 3, produzidos pela Análise de Correspondência Canônica, São Francisco de Paula, RS.

Figure 1. Ordering diagram with the environmental variables for axis 2 and 3, produced by Canonical Correspondence Analysis, São Francisco de Paula, RS.

com CAP ≥ 30 cm um remanescente de Floresta Ombrófila Mista (FOM), onde constataram densidade de 755 indivíduos.ha⁻¹, 51 espécies, 43 gêneros e 29 famílias. Araujo et al. (2010), avaliando um fragmento de Floresta Ombrófila Mista, com medição de indivíduos com CAP ≥ 30 cm também encontraram distintos valores de riqueza, sendo 86 espécies, pertencentes a 34 famílias e 60 gêneros. A menor riqueza encontrada no presente estudo, em relação as pesquisas supracitadas, pode ser consequência do tamanho reduzido do fragmento e pela ação do gado. O estudo de Araujo et al.

Tabela 2. Médias das variáveis ambientais, representadas pelas características químicas do solo, interpretados conforme SBCS/CQFS (2004), em fragmento florestal em Floresta Ombrófila Mista, São Francisco de Paula, RS.

Table 2. Means of environmental variables, represented by soil chemical characteristics, interpreted according to SBCS/CQFS (2004), in a forest fragment in Floresta Ombrófila Mista, São Francisco de Paula, RS.

Atributos	Média	Interpretação
H + Al	19,1	-
Al	3,1	Baixo
Ca	5,8	Alto
K	117,8	Alto
P	2,5	Muito baixo
S	14,8	Alto
Cu	6,5	Alto
MO	5,9	Alto
m	34,2	Médio
V	34,0	Muito baixo

Sendo: H+Al: acidez potencial (cmolc.dm³); Al: alumínio (cmolc.dm³); Ca: cálcio (cmolc.dm³); K: potássio (mg.dm³); P: fósforo extraído pelo método Mehlich (mg.dm³); S: enxofre (mg.dm³); Cu: cobre (mg.dm³); MO: matéria orgânica (%); m%: saturação por alumínio (%); V: saturação por bases (%).

(2010), por exemplo, foi realizado na Floresta Nacional de São Francisco de Paula.

O índice de Shannon de 2,19, reflete a menor riqueza de espécies do fragmento deste estudo em comparação ao Shannon obtido nos fragmentos estudados por Rorato (2012) e Araujo et al. (2010) ($H' = 2,97$ e $H' = 3,21$ respectivamente). No presente estudo, a baixa diversidade florística encontrada pode ser esperada, tendo em vista a intervenção antrópica, fato observado no local, onde há presença de gado, situação comum na região, devido ao intensivo uso das áreas de Campos de Cima da Serra na atividade pecuária.

Observa-se que as Classes I (estrato arbóreo) e II (regeneração natural) apresentam relação inversamente proporcional. Tal característica indica a condição de florestas secundárias, cujas espécies que atingem o dossel pertencem a vários grupos ecológicos, enquanto no sub-bosque a maior riqueza é devido ao predomínio de espécies secundárias iniciais e tardias. Já a maior densidade na Classe II em relação à Classe I está relacionada ao padrão “J invertido” das florestas heterogêneas, em que há maior número de indivíduos na regeneração do que entre os adultos, tendo em vista que durante o processo apenas alguns indivíduos tem maior capacidade competitiva e, assim, atingem as maiores classes.

Observa-se que nessa classe, apesar de ocorrer maior diversidade, possivelmente, muitas espécies não chegarão a fazer parte da Classe I. Esse fato pode ser comprovado com estudos de dinâmica da floresta, por meio de parcelas permanentes (ARAUJO et al., 2010; CHAMI et al., 2011).

Analisando-se de forma mais direcionada as quatro espécies predominantes na Classe I e com ocorrência na Classe II (Tabela 1), observou-se que *Araucaria angustifolia*, na Classe I encontra-se melhor hierarquizada, pois apresenta elevada densidade absoluta com 315,8 indivíduos por hectare (ind. ha⁻¹). Essa espécie se destaca no estrato superior da Floresta Ombrófila Mista, tipicamente heliófila (CARVALHO, 2003) ou generalista quanto às condições de luminosidade (BEHLING; PILLAR, 2007), mas ocorre de forma discreta na Classe II (DA= 2,8 ind. ha⁻¹). Esse fato também pode ter influência da extração

dos pinhões, utilizados para comercialização e alimentação local (SILVEIRA et al., 2007).

Podocarpus lambertii, que na Classe I apresentou DA= 276,3 ind. ha⁻¹ (Tabela 1) é classificada como secundária inicial a secundária tardia (VACCARO et al., 1999), o que poderia indicar seu potencial para ocorrer na regeneração natural. Porém, a mesma não apresentou indivíduos na Classe II. Isso também ocorreu com *Myrceugenia cucullata* (Classes I: 226 ind. ha⁻¹; Classe II: 14,1 ind. ha⁻¹), classificadas no grupo ecológico como secundárias iniciais e tardias (RIO GRANDE DO SUL, 2007). Observa-se que essa espécie apresentou maior densidade nos regenerantes, e terá mais chance de se perpetuar na floresta, do que *Araucaria angustifolia* e *Podocarpus lambertii*. Costa et al. (2016) destacam algumas espécies com potencial para a restauração de áreas nessa região como: *Araucaria angustifolia*, *Gymnanthes klotzschiana*, *Eugenia uruguayensis* Cambess., *Myrciaria delicatula*, *Drimys brasiliensis* Miers, *Blepharocalyx salicifolius*, *Ocotea pulchella* (Nees & Mart.) Mez, *Cinnamomum amoenum* (Nees & Mart.) Kosterm., *Styrax leprosus* Hook. & Arn., *Myrceugenia cucullata*, *Calyptanthes concinna*, *Myrcia palustres* DC., *Zanthoxylum rhoifolium* Lam., *Roupala brasiliensis* Klotzsch, e *Casearia decandra* Jacq.

Gymnanthes klotzschiana, ocorreu nas Classes I (DA= 24 ind. ha⁻¹) e II (DA= 7,9 ind. ha⁻¹). De forma semelhante a *Myrceugenia cucullata*, essa ocorrência provavelmente está associada às condições de luminosidade, pois a espécie é considerada generalista, caracterizada como pioneira à secundária tardia (CARVALHO, 2003).

Entre essas quatro espécies, *Araucaria angustifolia* e *Podocarpus lambertii*, seguramente são as ameaçadas no processo sucessional, tendo em vista o reduzido número de indivíduos na regeneração natural (Tabela 1). Por outro lado, *Myrceugenia cucullata* e *Gymnanthes klotzschiana*, apresentam indivíduos com maior possibilidade de perpetuação no ambiente, como observado em estudos de Chami et al. (2011), Kanieski et al. (2012) e Avila et al. (2013).

Os fragmentos de Floresta Ombrófila Mista foram expostos a perturbações causadas pela pecuária extensiva, pois os animais procuram o interior da mata como abrigo e essa presença altera a dinâmica da vegetação do fragmento, impedindo o desenvolvimento de vegetais de pequeno porte. Além disso, o pisoteio do gado causa compactação do solo prejudicando o crescimento de plantas jovens (regeneração) e a produtividade das plantas adultas, pois influencia negativamente no desenvolvimento das raízes (NEWMAN et al., 1999; SAMPAIO; GUARINO, 2007). Essa realidade deve ser avaliada em outras áreas, visando a conservação do ecossistema, que tem o campo entremeado por fragmentos.

Além disso, também ocorre a extração seletiva de madeira para a fabricação de cercas, pontes e material combustível. Tais perturbações de origem antrópica são observadas em grande parte dessa região (SILVA et al., 2005; SAMPAIO; GUARINO, 2007; PILLAR et al., 2009; RORATO et al., 2015). Como foi observado nesse estudo, além da presença do gado no interior da floresta, constatou-se também o extrativismo dos frutos (pinha) e sementes (pinhão) de *Araucaria angustifolia*, utilizado na alimentação humana (SILVEIRA et al., 2007) e na produção de mudas, o que possivelmente intensificou a redução da densidade de indivíduos na regeneração natural.

A vegetação amostrada apresenta-se distribuída no diagrama de ordenação (Figura 1), confirmando a falta de agrupamento

na vegetação. Na CCA foi possível verificar a influência das variáveis do solo na vegetação, indicando autovalores de 0,333 e 0,238 para o 2° e 3° eixos, respectivamente, os quais demonstraram maior coerência de distribuição dos fatores. Além disso, a porcentagem acumulada de variância explicada foi de 31,9%, sendo 18,6% explicado pelo eixo 2 e 13,3% no eixo 3. Esse resultado indica que as variáveis utilizadas explicam, parcialmente, as variações existentes na distribuição das espécies. Assim, a variação não explicada nesse estudo, conforme Nappo et al. (2000), pode estar associada a variáveis ambientais que não foram observadas. Contudo, a significância da correlação entre a abundância das espécies e as variáveis ambientais avaliadas não foi prejudicada, levando-se em conta que o teste de permutação de Monte Carlo foi significativo (1% de probabilidade de erro).

Observou-se que o alumínio extraível (Al); acidez total (H+Al); fósforo (P); potássio (K); cobre (Cu); enxofre (S) e saturação por alumínio (m) demonstraram maior influência nas parcelas da primeira faixa (1, 3, 4 e 5), enquanto as demais parcelas foram fracamente influenciadas pelas variáveis utilizadas (Figura 1). Isso é atribuído ao comprimento e à posição da seta que indicam o grau de correlação de determinado fator com o eixo, respectivamente (FELFILI, 2007). Nesse caso, a ordem em que se apresentam os pontos projetados sobre a seta, da origem à extremidade, indica a influência do fator ambiental, isto é, quanto mais próximo da extremidade da seta, maior influência do mesmo. O Cálcio (Ca) e a saturação por bases apresentaram maior correlação com as parcelas 10 e 19, sendo que a parcela 19 apresentou alta saturação hídrica.

De acordo com Tedesco e Bissani (2004), o Al, representado pelo cátion trivalente, encontra-se retido nas cargas negativas das partículas do solo. No presente estudo, o elevado teor de matéria orgânica (5,9%) (Tabela 2) influenciou positivamente os altos teores de Al livre na solução do solo, em função das lentas taxas de intemperismo na região, influenciadas pelo clima frio, relevo, altitude e material de origem basáltico (SILVA et al., 2006). A presença de Al em concentrações elevadas no solo também pode ocasionar toxicidade às plantas e interferir na disponibilidade de outros elementos (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Na Tabela 2 observa-se que os macronutrientes Ca, K e S e o micronutriente Cu apresentaram altos valores. Em relação aos nutrientes, o teor total desses elementos varia com o material de origem, que nessa região é desenvolvido a partir de rochas efusivas básicas, intermediárias e ácidas (MOSER, 1990) e o grau de intemperização do solo. Além disso, no caso do K, existe uma relação entre a deposição de serapilheira das espécies encontradas, formação de MO e a disponibilidade desse nutriente, pois, conforme Taiz e Zeiger (2004), o K é translocado facilmente da serapilheira para o solo e novamente para a planta. Além disso, os menores teores de K e P, provavelmente estão associados a elevada mobilidade e baixos teores desses elementos, o que é comum em solos brasileiros (RAIJ, 1991).

Conforme Malavolta (1997) a saturação de bases e CTC, favorecem a decomposição relativamente rápida da MO, garantindo o suprimento adequado de P à vegetação mesmo que em baixas concentrações, fato observado na área de estudo. Nessa situação, devido a MO estar na superfície do solo, os cátions (H⁺ e Al⁺³) não se encontram aderidos às cargas negativas do solo (SILVA et al., 2006).

De forma geral, a elevada concentração de MO no solo e a variação na concentração dos nutrientes no fragmento pode estar associada às baixas taxas de decomposição e ciclagem dos mesmos, evidenciadas em regiões de clima frio, o que também foi encontrado por Rorato et al. (2015). Nessas regiões, a MO e os nutrientes permanecem no solo e em sedimentos, influenciando os teores de alumínio livre na solução do solo, que embora possa causar toxicidade, não comprometeu o desenvolvimento das espécies florestais, principalmente, aquelas que encontram-se na regeneração, sugerindo a adaptação das espécies predominantes nessa situação.

5. CONCLUSÕES

O fragmento apresenta baixa diversidade, com predomínio de poucas espécies no estrato arbóreo, destacando-se *Araucaria angustifolia*, típica de Floresta Ombrófila Mista, porém com reduzida densidade na regeneração natural, o que poderá comprometer sua conservação no local. Em contraste, espécies como *Myrceugenia cucullata* e *Gymnanthes klotzschiana* apresentam-se conservadas na floresta.

Não há influência das características físicas do solo nas parcelas avaliadas, mas sim dos atributos químicos que foram baixos: m; Ca; S; H+Al; Al; P V; Cu; K e MO.

6. AGRADECIMENTOS

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e a Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE) por meio do projeto “Fitossociologia de espécies nativas de mata ciliar na Barragem do Divisa”, pela oportunidade, auxílio logístico e financeiro para elaboração desse trabalho. À Profª Drª Ana Paula Rovedder pelas orientações para coleta de solo.

7. REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Fast Track, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARAUJO, M. M.; CHAMI, L.; LONGHI, S. J.; AVILA, A. L.; BRENA, D. A. Análise de agrupamento em remanescente de Floresta Ombrófila Mista. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 1-18, 2010. <https://doi.org/10.5902/198050981755>
- AVILA, A. L. de; ARAÚJO, M. M.; GASPARIN, E.; LONGHI, S. J. Mecanismos de regeneração natural em remanescente de Floresta Ombrófila Mista, RS, Brasil. *Cerne*, Lavras, v. 19, n. 4, p. 621-628, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-77602013000400012>
- BEHLING, H.; PILLAR, V. D. Late Quaternary vegetation, biodiversity and fire dynamics on the southern Brazilian highland and their implication for conservation and management of modern Araucaria forest and grassland ecosystems. *Philosophical Transactions of the Royal*, v. 362, p. 243-251, 2007. <https://doi.org/10.1098/rstb.2006.1984>
- CARVALHO, P. E. R. *Espécies arbóreas brasileiras*. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, Colombo: Embrapa Florestas, v. 1, 2003. 1039p.
- CHAMI, L. B.; ARAUJO, M. M.; LONGHI, S. J.; KIELSE, P.; LÚCIO, A. D. Mecanismos de regeneração natural em diferentes ambientes de remanescente de Floresta Ombrófila Mista, São Francisco de Paula, RS. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 41, n. 2, p. 251-259, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782011000200012>

- COSTA, D. B. da; ARAUJO, M. M.; RORATO, D. G.; CHAMI, L. B.; AIMI, S. C. Fitossociologia e autoecologia subsidiando a restauração de mata ciliar, em região de transição campo-floresta. **Revista Monografias Ambientais**, Santa Maria, v. 15, n. 1, p. 117-131, 2016. <http://dx.doi.org/10.5902/22361308>
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.
- FELFILI, J. M. **Análise multivariada em estudos de vegetação**. Brasília: Universidade de Brasília, 2007. 60p.
- HAIR JR., J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados** (6ª ed.). Porto Alegre: Bookman, 2009. 688p.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico da vegetação brasileira**: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos. 2a ed. Rio de Janeiro, 2012, 275p.
- KANIESKI, M. R.; LONGHI, S. J.; NARVAES, I. da S.; SOARES, P. R. C.; LONGHI-SANTOS, T.; CALLEGARO, R. M. Diversidade e padrões de distribuição espacial de espécies no estágio de regeneração natural em São Francisco de Paula, RS, Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 3, p. 509-518, 2012. <https://doi.org/10.5380/rf.v42i3.25037>
- LEITE, P. F. Contribuição ao conhecimento fitoecológico do Sul do Brasil. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 51-73. 2002.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa de Potássio e do Fosfato, 1997. 319p.
- MCCUNE, B.; MEFFORD, M. J. **PC-ORD for Windows**: multivariate analysis of ecological data - version 3.12. Oregon: MJM Software Design, Gleneden Beach, 1997.
- MOSER, J. M. **Solos**. In: IBGE. Geografia do Brasil: Região Sul. Rio de Janeiro, 1990. p. 85-111.
- NAPPO, M. E.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; MARTINS, S. V. A estrutura do sub-bosque de povoamento homogêneos de *Mimosa scabrella* Benth, em área minerada, em Poços de Caldas, MG. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 17-19, 2000.
- SILVA N. I. da; 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. <https://doi.org/10.5902/198050981871>
- NEWMAN, R., K.; BROERSMA, M. KRZIC, A.; BOMKE NEWMAN, R. **Soil Compaction on Forest Plantations following Cattle Use**. British Columbia: Ministry of Forest Research Program. Extension Note, v. 34. 1999. 5p.
- PINTO, S. I. C.; MARTINS, S. V.; SILVA, A. G.; SCOSS, L. M.; TEIXEIRA, H. C. Estrutura do componente arbustivo-arbóreo em dois estádios sucessionais de Floresta Estacional Semidecidual na Reserva Florestal Mata do Paraíso, Viçosa, MG, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, p. 823-833, 2007.
- PILLAR, V. P.; MÜLLER, S. C; CASTILHOS, Z. M. S; JACQUES, A. V. A. **Campos Sulinos - conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2009. 409p.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba, Ceres Potafos, 1991. 343p.
- RIO GRANDE DO SUL. **Diretrizes ambientais para restauração de matas ciliares**. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. Departamento de Florestas e Áreas Protegidas. Porto Alegre: SEMA, 2007. 33p.
- RORATO, D. G. **Fitossociologia de espécies nativas de mata ciliar no entorno do Reservatório Divisa, São Francisco de Paula, RS**. 2012. 109f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.
- RORATO, D. G.; ARAUJO, M. M.; TABALDI, L. A.; TONETTO, T. da S.; ROVEDDER, A. P. M.; DUTRA, A. F. Influência dos fatores ambientais no componente arbóreo de fragmentos florestais em São Francisco de Paula - Rio Grande do Sul. **Cerne**, Lavras, v. 21, n. 4, p. 561-568, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/01047760201521041735>
- SAMPAIO, M. B.; GUARINO, E. de S. G. Efeitos do pastoreio de bovinos na estrutura populacional de plantas em fragmentos de Floresta Ombrófila Mista. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1035-1046. 2007.
- SBCS/CQFS- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004. 400p.
- SILVA, L. S.; CAMARGO, F. A. O; CERETTA, C. A. Composição da fase sólida orgânica do solo. In: MEURER, E.J. **Fundamentos de química do solo**. 3 ed. Porto Alegre: Evangraf, 2006. Cap.3, p. 63-90.
- 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). **Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 3, p. 675-690. 2009. <https://doi.org/10.5380/rf.v39i3.15369>
- SILVEIRA, C. F. B. da; RODRIGUES, G. G.; GUERRA, T. A coleta de pinhão na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS, uso potencial sustentável. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, p. 93-95, 2007.
- STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2.ed. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2008. 222p.
- TAIZ, L. ; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 345p.
- TEDESCO, M. J.; BISSANI, C. A. Acidez do solo e seus efeitos nas plantas. In: BISSANI, C. A. **Fertilidade dos solos e manejo de adubação de culturas**. Porto Alegre: Genesis, 2004. p. 75-92.
- VACCARO, S.; LONGHI, S. J.; BRENA, D. A. Aspectos da composição florística e categorias sucessionais do estrato arbóreo de três subseres de uma floresta Estacional Decidual, no município de Santa Tereza-RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p.1-18, 1999.
- VALÉRIO, A. F.; WATZLAWICK, L. F.; SAUERESSIG, D.; PUTON, V.; PIMENTEL, A. Análise da composição florística e da estrutura horizontal de uma Floresta Ombrófila Mista Montana, Município de Irati, PR-Brasil. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias Ambientais**, v. 6, p. 137-147. 2008.
- VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.R.; LIMA, L.C.A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro, IBGE. IBGE: Rio de Janeiro. 1991. 124p.