

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ESTATÍSTICA E MODELAGEM  
QUANTITATIVA

Michelle Dullius

**RELAÇÃO ENTRE ATRIBUTOS DO SOLO E A COMUNIDADE  
ARBÓREA DE UMA FLORESTA ESTACIONAL NO RIO GRANDE DO  
SUL**

**Santa Maria, RS.  
2016**

**Michelle Dullius**

**RELAÇÃO ENTRE ATRIBUTOS DO SOLO E A COMUNIDADE ARBÓREA DE  
UMA FLORESTA ESTACIONAL NO RIO GRANDE DO SUL**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Estatística e Modelagem Quantitativa, área de concentração em Estatística Aplicada, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Especialista em Estatística e Modelagem Quantitativa**

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Roselaine Ruviaro Zanini

Santa Maria, RS  
2016

**Michelle Dullius**

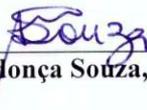
**RELAÇÃO ENTRE ATRIBUTOS DO SOLO E A COMUNIDADE ARBÓREA  
DE UMA FLORESTA ESTACIONAL NO RIO GRANDE DO SUL**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização do Programa de Pós-Graduação em Estatística e Modelagem Quantitativa, área de concentração em Estatística Aplicada, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM,RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Especialista em Estatística e Modelagem Quantitativa**

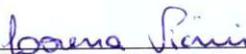
**Aprovado em 14 de março de 2016:**



**Roselaine Ruviano Zanini, Dra. (UFSM)**  
(Presidente/Orientadora)



**Adriano Mendonça Souza, Dr. (UFSM)**



**Lorena Vicini, Dra. (UFFS)**

Santa Maria, RS  
2016.

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Estatística e Modelagem Quantitativa, pela possibilidade da realização do curso de especialização.

À professora Roselaine Ruviaro Zanini, pela oportunidade da realização desse trabalho, pela confiança em mim depositada, pela orientação e apoio durante todo o curso.

Aos membros da banca examinadora pelas contribuições e sugestões para a melhoria desse trabalho.

Ao seu Ernesto e ao professor Thomé Lovato pela disponibilidade de acesso à área de estudo e contribuições na realização desse trabalho.

Às várias pessoas que me auxiliaram na obtenção dos dados do trabalho, tanto no levantamento a campo, quanto nas análises em laboratório.

Aos colegas do curso, pela convivência e coleguismo ao longo das disciplinas.

Aos amigos e familiares pela força e apoio de sempre.

Enfim, a todos que contribuíram direta ou indiretamente na conclusão de mais essa etapa, muito obrigada!

## RESUMO

### RELAÇÃO ENTRE ATRIBUTOS DO SOLO E A COMUNIDADE ARBÓREA DE UMA FLORESTA ESTACIONAL NO RIO GRANDE DO SUL

AUTORA: Michelle Dullius  
ORIENTADORA: Roselaine Ruviaro Zanini

O presente estudo foi realizado em um remanescente de Floresta Estacional Subtropical no Rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul, em Itaara, tendo como objetivo analisar os fatores pedológicos e verificar suas relações com a estrutura fisionômica e comunitária da vegetação. Para isso foi realizado um inventário florestal em 23 parcelas de 200m<sup>2</sup> (20mx10m) alocadas ao longo de quatro transectos, distribuídos sistematicamente em intervalos de 40 metros entre si. No levantamento da vegetação foi considerado o estrato arbóreo e arbustivo da floresta e incluídos apenas os indivíduos com diâmetro à altura do peito (DAP)  $\geq$  5cm. Em cada parcela foram realizadas a identificação, medição do DAP, da altura total e altura de copa dos indivíduos da vegetação e a classificação e caracterização morfológica dos solos. Foram amostrados 944 indivíduos arbóreos pertencentes a 66 espécies e 32 famílias, com estimativa de densidade de 2052ind.ha<sup>-1</sup>. Para análise destes dados foi utilizada a Análise de Agrupamentos, a qual separou as parcelas em quatro grupos semelhantes quanto às variáveis pH e profundidade do solo. A distribuição das espécies e a estrutura da vegetação foi associada às características do solo, apresentando diferenças significativas na altura de copa e na altura total dos indivíduos entre os diferentes grupos pedológicos. Esses resultados auxiliaram a entender as relações existentes entre a vegetação e o substrato da comunidade florestal. Tal conhecimento é fundamental no planejamento da conservação dos recursos naturais, restauração ambiental e na avaliação da eficácia de planos de manejo em outras áreas semelhantes.

**Palavras-chave:** Floresta secundária. Floresta Estacional. Análise multivariada. Análise de Agrupamento. *Cluster*.

## ABSTRACT

### RELATIONSHIP BETWEEN SOIL ATTRIBUTES AND THE ARBOREAL COMMUNITY OF A SEASONAL FOREST IN RIO GRANDE DO SUL

AUTHOR: Michelle Dullius  
ADVISOR: Roselaine Ruviaro Zanini

This study was conducted in a Seasonal Subtropical Forest remnant located in Itaara and belonging to the Plateau Border area of the Rio Grande do Sul State, Brazil. The aim was to analyze the pedological factors and verify their relationships with the physiognomy and community structure of the vegetation. We conducted a forest inventory in 23 plots of 200m<sup>2</sup> (20mx10 m) allocated over four transects systematically distributed 40 meters from each other. During the vegetation description, we recorded only the individuals of the arboreal and shrub stratum of the forest having diameter at breast height (DBH)  $\geq$  5cm. We performed the identification, DBH measurement and total height of the individuals, the vegetation canopy height, and the soil classification and morphological characterization in each plot. The sampling was composed by 944 arboreal individuals, which belong to 66 species and 32 families, in an area with estimated density of 2052 individuals ha<sup>-1</sup>. A grouping analysis applied to the recorded data separated the plots in four groups according their pH and soil depth similarities. The species distribution and vegetation structure were associated to soil characteristics, showing significant differences on canopy height and individuals total height among the different pedological groups. These results help to understand the relationship between the vegetation and the forest community substrate. Such knowledge is essential for planning the conservation of natural resources, environmental restoration, and for assessing the effectiveness of the management plans in other similar areas.

**Keywords:** Secondary Forest. Seasonal Forest. Multivariate Analysis. Grouping Analysis. *Cluster*.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Foto ilustrativa da vegetação da Floresta Secundária. ....	30
Figura 2 – Distribuição das parcelas amostrais no fragmento da Floresta Secundária em Itaara, RS. ....	31
Figura 3 – Foto ilustrativa da abertura de uma mini-trincheira. ....	32
Figura 4 – Representação dos locais de coleta de solo dentro de uma parcela amostral e identificação das amostras compostas de solo A1, A2 e A3. ....	33
Figura 5 – Dendrograma de agrupamento das parcelas do fragmento florestal pelas variáveis de solo pH e profundidade. ....	44
Figura 6 – Gráfico das distâncias de ligação em cada passo da formação dos grupos...	45
Figura 7 – Separação dos grupos no dendrograma de agrupamento das parcelas do fragmento florestal pelas variáveis de solo profundidade e pH.....	46
Figura 8 – Variação dos dados de altura de copa dos Grupos de solos do fragmento florestal. ....	52
Figura 9 – Variação dos dados de altura (h) dos Grupos de solos do fragmento florestal. ....	53

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Parâmetros de fitossociologia, diversidade e equabilidade florística. .... 35

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número de gêneros e espécies por família, encontrados no levantamento da vegetação no fragmento florestal de Itaara, RS .....	39
Tabela 2 – Medidas descritivas das variáveis de solo do fragmento florestal de Itaara, RS. ....	41
Tabela 3 – Medidas de profundidade do solo e pH por parcela amostral no fragmento florestal de Itaara, RS. ....	43
Tabela 4 – Número de parcelas e médias das variáveis profundidade e pH por grupo..	47
Tabela 5 – Número de parcelas, indivíduos, indivíduos por hectare e espécies por grupo, encontrados no levantamento da vegetação no fragmento florestal de Itaara, RS.....	48
Tabela 6 – Parâmetros fitossociológicos das espécies amostradas no fragmento florestal, classificadas em ordem decrescente de valor de importância por grupo. ....	49
Tabela 7 – Valores das medianas da altura de copa, altura total, diâmetro e área basal, e densidade e número de espécies por unidade amostral organizados por grupos.....	51

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>2</b>	<b>OBJETIVO</b> .....	12
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	12
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	13
3.1	REBORDO DO PLANALTO MERIDIONAL DO RIO GRANDE DO SUL .....	13
3.2	ANÁLISE DE AGRUPAMENTO .....	18
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	29
4.1	AMOSTRAGEM DA VEGETAÇÃO .....	30
4.2	CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS .....	32
4.3	ANÁLISE DE DADOS .....	33
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	38
5.1	COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA.....	38
5.2	CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS .....	40
5.3	ANÁLISE DE AGRUPAMENTO .....	43
5.4	COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA E ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO ENTRE OS DIFERENTES GRUPOS PEDOLÓGICOS .....	48
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	555
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	57

## 1 INTRODUÇÃO

As florestas tropicais em todo o mundo permanecem ameaçadas pela degradação descontrolada e pela sua conversão para outros tipos de uso da terra, sob a influência da crescente demanda por produtos florestais, da expansão agrícola e do mau manejo dos recursos naturais existentes. Os impactos da perda da biodiversidade pela degradação das florestas aparecem sob a forma de erosão do solo, danos aos *habitats* silvestres e degradação das áreas de bacias, deterioração da qualidade da vida e escassez dos recursos para a promoção do desenvolvimento local (SIMINSKI et al., 2004).

Um exemplo de intensa degradação florestal ocorre na Mata Atlântica, a qual vem sofrendo por cinco séculos de desmatamento contínuo relacionado com sucessivos ciclos econômicos e encontra-se reduzida a apenas 11,7% de sua cobertura original (REZENDE, et al., 2015). Este bioma tornou-se um arquipélago de pequenos fragmentos de floresta rodeados por uma matriz que pode ser agricultura, pastagens, florestas artificiais ou urbana (JOLY; METZGER; TABARELLI, 2014). Além disso, os fragmentos de floresta que permanecem na Mata Atlântica são muitas vezes demasiadamente pequenos para permitir a persistência de muitas espécies (SCARANO; CEOTTO, 2015).

Bernacci et al. (2006) afirmam que a fragmentação florestal das comunidades vegetais pode provocar diversas modificações estruturais e funcionais, tais como o empobrecimento da vegetação e consequente perda de *habitats* quando comparada com uma área de floresta contínua. Para Fischer e Lindenmayer (2007), a fragmentação florestal é considerada como um dos mais graves impactos sobre os ecossistemas, afetando diretamente a diversidade biológica, e constituem em um dos maiores desafios para a conservação, destacando que esses novos ambientes criados pelo homem abrigam uma diversidade biológica ainda não calculada e altamente ameaçada (ESPÍRITO-SANTO et al., 2002).

No entanto, Joly, Metzger e Tabarelli (2014) destacam que, embora um longo e intensivo histórico de perturbação da Mata Atlântica tenha levado ao empobrecimento da sua biota em várias posições, a maior parte das suas espécies originais ainda estão presentes se for considerado todo o bioma. Dessa forma, os autores sugerem estudos que abordem tópicos necessários para se planejar e agir para a conservação deste bioma, como: descrição e identificação da biodiversidade; a resposta da floresta a perturbações humanas em diferentes tipos de florestas e contextos socioeconômicos; a relação entre a biodiversidade, processos ecológicos e serviços dos ecossistemas, considerando diferentes cenários de mudanças climáticas; e instrumentos econômicos para apoiar a sustentabilidade.

Lima et al. (2015) também salientam a necessidade urgente de maior quantidade de pesquisas de alta qualidade diante do conhecimento limitado da Mata Atlântica e o apoio a programas de conservação com o objetivo de salvaguardar este *hotspot* de biodiversidade ameaçada. E uma correta orientação técnica acerca dos remanescentes florestais é necessária para conservação e manutenção do ecossistema, evitando a exploração não sustentável dos recursos florestais (HIGUCHI et al., 2012).

Como subsídio de estratégias de conservação e restauração dos remanescentes florestais, o conhecimento sobre os padrões florísticos e estruturais das florestas é fundamental, além do entendimento da influência de variáveis ambientais sobre esses padrões (HIGUCHI et al., 2012).

Espírito-Santo et al. (2002) afirmam que vários fragmentos pequenos espalhados na paisagem podem encerrar comunidades muito distintas, não devendo ser tratados como amostras semelhantes de uma totalidade antes homogênea, sendo importante pesquisas em escalas locais, pois cada local apresenta características da paisagem diferenciadas (SOUZA et al., 2014).

Dentre os fatores que interferem na formação e compreensão da paisagem, o solo desempenha papel fundamental, fornecendo suporte mecânico e disponibilizando os nutrientes essenciais para a instalação e desenvolvimento dos vegetais e o tipo de vegetação se mostra estreitamente relacionado com os solos e seus atributos (ROSSI et al., 2005).

Estudos das variações florísticas associadas a variações edáficas em escala espacial reduzida, e dentro da mesma região climática e da mesma formação florestal, evidenciam a ocorrência diferencial de espécies em diferentes tipos de solo (KOTCHETKOFF-HENRIQUES; JOLY; BERNACCI, 2005), fornecendo informações a respeito dos microssítios de ocorrência das espécies arbóreas, o que pode facilitar a indicação destas para o plantio em condições ambientais específicas (HIGUCHI et al., 2012).

Deste modo, conhecer a vegetação natural e sua relação com os solos em que ocorrem, além de auxiliar no entendimento da biodiversidade, pode contribuir para orientar os projetos de restauração da vegetação (KOTCHETKOFF-HENRIQUES; JOLY; BERNACCI, 2005), essencial ao manejo de áreas de preservação.

Uma região que merece maior atenção como área de preservação no Estado do Rio Grande do Sul é a área do Rebordo do Planalto ou encosta da Serra Geral, região de transição entre a Depressão Central e o Planalto do Rio Grande do Sul, onde o relevo atua intensamente na formação de solos pouco desenvolvidos e frágeis, (DALMOLIN; PEDRON, 2004), a qual teve o uso de sua área com atividades agropecuárias, influenciada principalmente pela

colonização europeia, caracterizada pela introdução de agricultura em ambientes de floresta nativa (NEUMANN et al., 2007). Essa região apresenta uma grande vulnerabilidade devido a modificação de maneira significativa na dinâmica do seu ecossistema natural (POELKING, 2007; STÜRMER, 2008; ZALAMENA, 2008) associado ao relevo altamente declivoso e solos com pequena profundidade efetiva (ZALAMENA, 2008) e encontra-se, em grande parte, composta por áreas que foram abandonadas cobertas por florestas em regeneração.

Nessa região, ainda pouco se sabe sobre a estrutura da vegetação das encostas erodidas, uma vez que o difícil acesso e a declividade dificultam a realização de trabalhos (SÜHS; PUTZKE; BUDKE, 2010). A floresta desempenha um papel importante na manutenção dos solos do Rebordo do Planalto, além de formar um importante corredor ecológico no Estado. E para a manutenção dessas florestas é extremamente importante ampliar o conhecimento sobre a diversidade biológica remanescente nos atuais fragmentos florestais da região e sobre a organização espacial das comunidades vegetais e suas respostas à fragmentação da paisagem.

Dessa forma, a obtenção de informações mais aprofundadas das relações entre a vegetação e os fatores ambientais, em especial o solo, torna-se um importante subsídio para a tomada de decisões em trabalhos de planejamento, conservação e manejo adequado de florestas e/ou recuperação e restauração de áreas de semelhança ambiental, especialmente na região do Rebordo do Planalto no estado do Rio Grande do Sul.

## **2 OBJETIVO**

Esse estudo tem como objetivo analisar os fatores pedológicos e verificar suas relações com a estrutura fisionômica e comunitária da vegetação de um remanescente de Floresta Estacional Subtropical no Rebordo do Planalto em Itaara - RS.

### **2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar a composição e diversidade florística do fragmento florestal;
- Realizar a caracterização, classificação e análise dos solos;
- Identificar grupos de solos;
- Comparar a florística e estrutura da vegetação entre os grupos de solos.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 REBORDO DO PLANALTO MERIDIONAL DO RIO GRANDE DO SUL

A encosta meridional do Planalto, também conhecida como Fralda da Serra Geral (RAMBO, 2005), Escarpa do Planalto Vulcânico (RIO GRANDE DO SUL, 2001), Rebordo do Planalto Meridional, Rebordo do Planalto Gaúcho ou simplesmente Rebordo, é uma região de transição entre o Planalto vulcânico e a Depressão Sedimentar da Bacia do Paraná, no Rio Grande do Sul. Sua extensão é de aproximadamente 450 km ao longo dos paralelos 29° e 30° Sul, estendendo-se do Leste, próximo ao litoral, onde se mistura com a Serra do Mar e cuja altitude das cotas mais altas pode ultrapassar 1000 m, em direção a oeste, próximo ao município de Jaguari, onde o Planalto sofre rebaixamento, com altitude entre 150 a 200 m (PEDRON; DALMOLIN, 2011). Consiste, assim, no segmento leste-oeste da Serra Geral, que também recebe denominações locais na região central como a Serra de São Martinho e representa testemunho atual de uma fase de evolução do planalto (DILL, 2007).

A região da Escarpa do Planalto Vulcânico é configurada morfologicamente por uma sucessão de patamares e escarpas, resultantes da incidência de sucessivos derrames vulcânicos. Os patamares correspondem a passagem de topo e base de derrames, cujas condições mineralógicas primárias revelam ocorrência de vidro vulcânico e baixo grau de cristalização dos minerais primários, com circulação e brotamentos de água subterrânea, que favoreceram processos pedogenéticos, resultando em solos profundos e de expressiva potencialidade em termos de macro e micronutrientes. Já as escarpas resultam da posição central dos derrames, onde as condições termodinâmicas, devido ao esfriamento mais lento da lava, ocasionaram maior grau de cristalinidade dos minerais primários, que são mais resistentes ao intemperismo, resultando solos rasos e pedregosos (RIO GRANDE DO SUL, 2001).

Os processos geomorfológicos coordenados principalmente pela ação das águas moldaram a paisagem da área do Rebordo, com predomínio de relevo forte ondulado, com declividade entre 20 e 45 %, a escarpado, com declividade superior a 75 % (PEDRON; DALMOLIN, 2011).

Essas características do relevo são favoráveis ao desenvolvimento de processos superficiais acelerados nos taludes naturais (erosões e movimentos de massa) e a preservação de uma vegetação do tipo florestal (ROBAINA; CRISTO; TRENTIN, 2011).

As combinações das condições geomorfológicas diferenciadas na região do rebordo permite a formação de diferentes tipos de solos. Em áreas mais declivosas ocorre a formação de solos rasos, pedregosos e férteis como os Neossolos, Cambissolos, enquanto que nas áreas menos declivosas formam-se solos mais profundos e ácidos como os Argissolos e Nitossolos (STRECK et al., 2008).

A coexistência de recursos hídricos associados ao solo e subsolo, aliados a disponibilidade hídrica climática, resultou em condições propícias para a formação de uma floresta com características subtropicais de grande porte nessa região, bem como conferiu condições muito favoráveis à regeneração natural das florestas, o que pode ser comprovado pela enorme incidência de vegetações secundárias em zonas agrícolas abandonadas (RIO GRANDE DO SUL, 2001).

A vegetação que recobre essas encostas e as depressões adjacentes foi denominada, genericamente, de Mata da Fralda da Serra Geral (RAMBO, 2005; REITZ; KLEIN; REIS, 1988), classificada pelo sistema Fisionômico-ecológico da vegetação brasileira em Floresta Estacional Decidual (VELOSO; RANGEL-FILHO; LIMA, 1991), devido ao estrato emergente da floresta ser composto por indivíduos arbóreos caducifólios, ou seja, indivíduos que perdem suas folhas em um período desfavorável fisiologicamente, que no caso da região subtropical é na estação mais fria do ano, no inverno, pertencente ao Bioma Mata Atlântica.

Klein (1983) descreveu a estrutura deste tipo florestal caracterizada por três estratos arbóreos distintos, além de um estrato arbustivo e um herbáceo. O estrato das árvores dominantes, que pode atingir de 30 a 35 m de altura, não forma uma cobertura contínua, ocorrendo como árvores emergentes. Fisionomicamente é o estrato de maior importância, caracterizando a floresta como estacional, uma vez que quase todos os indivíduos são decíduos. O estrato co-dominante, geralmente entre 20 e 25 m de altura, é bastante denso e contínuo, formado por um número pequeno de espécies características, as quais apresentam valores sociológicos elevados, sendo composto, em sua maioria, por espécies perenifólias. O estrato inferior possui um número relativamente elevado de árvores medianas, comumente entre 5 e 12 m de altura, dentre as quais algumas apresentam valores sociológicos elevados, sendo as restantes bastante raras.

Para Rambo (2005), uma mata virgem típica da Floresta Estacional Decidual apresenta a seguinte distribuição da vegetação: a orla da mata, a faixa marginal e a mata alta. A orla da mata constitui-se em uma verdadeira cerca viva de arbustos e ervas, entre as quais a cressiuma (*Chusquea ramosissima*) ocupa o lugar principal. A faixa marginal consiste de arbustos e árvores pequenas, como *Actinostemon concolor* (laranjeira-do-mato), *Sorocea bonplandii*

(cincho), *Urera baccifera* (urtigão) e espécies de *Abutilon* e *Boehmeria*. A mata alta compõe-se das seguintes espécies típicas: *Phytolacca dioica* (umbú), *Zanthoxylum* spp. (mamica-de-cadela), *Cedrela fissilis* (cedro), *Cabralea canjerana* (cangerana), *Cordia trichotoma* (louro), *Myrocarpus frondosus* (cabriúva), *Parapiptadenia rigida* (angico-vermelho), *Apuleia leiocarpa* (grápia), *Enterolobium contortisiliquum* (timbaúva), *Luehea divaricata* (açoita-cavalo), *Cordia americana* (guajuvira), *Ocotea* spp. e *Nectandra* spp. (canelas) e *Vitex megapotamica* (tarumã).

De acordo com o Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul, realizado em 2001, a Floresta Estacional Decidual abrange uma área de 11.762,45 km<sup>2</sup>, o que representa 4,16 % da cobertura florestal do Estado do Rio Grande do Sul e 23,84 % da área total coberta com florestas naturais (RIO GRANDE DO SUL, 2001).

O Inventário Florestal levantou na Floresta Estacional Decidual 229 espécies, distribuídas em 63 famílias botânicas, com um volume comercial médio de 155,5 m<sup>3</sup> por hectare (ha) e 830,3 árvores/ha com diâmetro a altura do peito (DAP)  $\geq$  10 centímetros, onde se destacaram as espécies: *Nectandra megapotamica* (canela-preta), *Alchornea triplinervia* (tanheiro), *Cupania vernalis* (camboatá-vermelho), *Luehea divaricata* (açoita-cavalo), *Casearia sylvestris* (chá-de-bugre), *Parapiptadenia rigida* (angico-vermelho), *Cordia americana* (guajuvira), *Matayba elaeagnoides* (camboatá-branco) e *Allophylus edulis* (chalchal) (RIO GRANDE DO SUL, 2001).

Entretanto, as florestas do estado do Rio Grande do Sul encontram-se profundamente alteradas devido a contínua e desordenada exploração humana e recentemente levantou-se uma discussão a respeito da terminologia dessa floresta empregada para a região do rebordo do Planalto Meridional do Rio Grande do Sul trazida na obra de Schumacher et al. (2011). Pelas incertezas de ainda existirem de fato as duas florestas estacionais definidas, Decidual e Semidecidual, no Estado, os autores indicaram a terminologia “Floresta Estacional Subtropical”, termo esse criado pelo botânico Roberto Klein na década de 70, que também será adotada neste trabalho.

Scipioni et al. (2012) ilustra que a Floresta Estacional Decidual do Rio Grande do Sul, classificada assim por Veloso, Rangel-Filho e Lima (1991) por causa da perda de mais de 50 % das folhas das copas das árvores do dossel superior, é um grande exemplo de descaracterização da vegetação natural, principalmente, pelo intenso corte seletivo de espécies caducifólias de valor madeireiro, que eram emergentes no dossel e responsáveis por essa fitofisionomia no período de inverno. A perda de grandes árvores, como as grápias (*Apuleia leiocarpa*), espécie típica decídua da mata alta dessa tipologia florestal, é evidente nos

levantamentos florísticos dessa formação florestal, como demonstrado no Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul. Essa mudança causada pelo homem é corroborada pelo levantamento fenológico realizado por Alberti et al. (2011) em um fragmento de Floresta Estacional Decidual no Morro do Cerrito, onde avaliaram quantitativamente a fenologia florestal, e constataram um valor máximo de 43 % das copas do dossel superior com perda das folhas no inverno. Portanto, a decidualidade foi menor que 50 %, confirmando a eliminação das árvores caducifólias do dossel superior, e conseqüentemente, a mudança na fisionomia e composição florística do remanescente.

Segundo Schumacker et al. (2011), a área do Rebordo do Planalto comporta a maior área de floresta nativa do Estado e é o mais expressivo corredor ecológico da Floresta Estacional Subtropical, composta, na maior parte, por florestas secundárias com áreas de diferentes tamanhos, com diferentes estágios de regeneração e tipos de perturbações sofridas.

No entanto, ainda pouco se sabe sobre a estrutura da vegetação das encostas erodidas, uma vez que o difícil acesso e a declividade dificultam a realização de trabalhos (SÜHS; PUTZKE; BUDKE, 2010).

Botrel et al. (2002) destacam que, nas últimas décadas, foi crescente o avanço nos estudos descritivos de comunidades florestais tropicais nacionais, cada vez mais esforçados devido ao processo desordenado de ocupação do solo que, nas mais diversas regiões, têm transformado extensões florestais contínuas em fragmentos isolados.

Esses fragmentos florestais são definidos por Espírito-Santo et al. (2002) como retalhos de uma floresta que foi contínua em um passado não muito distante, sendo que essa floresta pode ter incluído uma considerável variação de condições ambientais e, conseqüentemente, de estrutura da comunidade arbórea. Em florestas contínuas, as mudanças são geralmente graduais, na forma de ecótonos ou contínuos, mas, em fragmentos, as bordas abruptas podem levar à ilusão de que estes são homogêneos. Porém, por pequeno que seja, um fragmento pode conter várias peças de mosaico de vegetação relacionadas a diferenças de substrato, à fase sucessional e ao efeito de borda. Essa complexa realidade deve ser levada em consideração quando se procuram meios de conservar essa valiosa e ameaçada riqueza que é a diversidade biológica dos remanescentes de floresta tropical.

Nas várias comunidades vegetais, as plantas desenvolvem um conjunto equilibrado, tanto entre si, quanto com os animais que nela vivem, bem como com o solo e com os demais fatores ambientais. Nesses ecossistemas, as espécies possuem mecanismos próprios para adaptação no meio em que vivem, ou seja, são adaptadas ao local. Embora as plantas dependam da natureza do substrato, existem comunidades para as quais o clima assume

dominância; outras que têm o solo como principal determinante; e outras, ainda, exigem solo e clima particulares (KUNIYOSHI; RODERJAN, 1987).

Existe, ainda, a compensação de um fator ecológico determinante por outro, ou seja, uma formação basicamente climática poderá ser edáfica em um ambiente diferente ou vice-versa. Por exemplo, no Brasil, a Floresta Atlântica é uma formação climática nas serras litorâneas, enquanto que no planalto central, as suas comunidades são edáficas, pois o ambiente sendo mais seco, elas persistem nos pontos onde o solo é mais favorável; neste caso, o solo compensa o clima. Porém, não se devem ignorar as demais condições ambientais. Em diferentes locais os fatores ambientais variam na intensidade com que ocorrem e, das várias combinações de diferentes intensidades de diferentes fatores surgem as vegetações características de cada local (KENT; COKER, 1992; KUNIYOSHI; RODERJAN, 1987).

A heterogeneidade ambiental é resultado da diversidade de fatores que interagem nas comunidades e a resposta das espécies a esses fatores faz com que cada local tenha algumas características próprias, possibilitando observar tendências (FAGUNDES et al., 2007).

Os fatores que afetam as repostas da composição florística de uma dada área também estão relacionados com a escala de observação. Em escala mais geral para a mais detalhada, a variação da vegetação é indicada pela biosfera, biomas mundiais, ecossistemas regionais, ecossistemas locais e *habitats* ou organismos individuais (FELFILI; REZENDE, 2003).

De acordo com Schaefer et al. (2009), o quadro fitofisionômico e florístico brasileiro mostra-se fortemente influenciado pela natureza do substrato subjacente, especialmente dos solos que sustentam as formações vegetais e são responsáveis pela maior ou menor oferta de nutrientes e água às espécies vegetais que sobre eles se desenvolvem. Desde muito tempo, os levantamentos pedológicos efetuados no Brasil separam fases de vegetação, evidenciando assim uma estreita associação das classes de solos com a vegetação sobrejacente, que muitas vezes serve de guia para a separação das manchas de solos no campo. Dessa forma, há uma enorme riqueza e variedade de relações edáficas e vegetacionais, específicas de cada bioma brasileiro, que operam ainda em escalas regionais e locais, formando uma vasta cadeia de interações pedológicas desde a macroescala até a escala local.

Essas relações já são observadas em vários estudos realizados no Brasil, principalmente na região central do país, que têm mostrado que um dos principais fatores que atuam na composição florística e estrutura das florestas é a heterogeneidade ambiental, cujos efeitos podem ser observados mesmo no interior de pequenos fragmentos, em estudos que buscam principalmente as relações entre as variáveis pedológicas e topográficas e a distribuição de espécies arbóreas (BOTREL et al., 2002; CARVALHO et al., 2005; COSTA

et al., 2011; DALANESI; OLIVEIRA-FILHO; FONTES, 2004; DULLIUS, 2012; ESPÍRITO-SANTO et al., 2002; FLOSS, 2011; GIEHL; JARENKOW, 2008; HIGUCHI et al., 2012; MACHADO et al., 2008; MARCUZZO; ARAÚJO; LONGHI, 2013; MARTINS et al., 2003; OLIVEIRA-FILHO et al., 2004; RODRIGUES et al., 2007; SCIPIONI et al., 2010; SCIPIONI et al., 2012; SIQUEIRA; ARAÚJO; SCHIAVINI, 2009; SOUZA et al., 2003).

Entretanto, na Floresta Estacional Subtropical do estado do Rio Grande do Sul ainda são poucos os trabalhos que investigam essas relações existentes entre os fatores ambientais e a ocorrência e distribuição das espécies florestais, fazendo-se necessários frente à condição atual dos remanescentes florestais deste tipo florestal e a sua relevância.

A melhor caracterização das relações entre a estrutura fitossociológica desta floresta e as características de solo e paisagem, que propiciam sua presença, favoreceria o desenvolvimento de estratégias de conservação e recuperação, o reconhecimento de suas funções na evolução dos pedossistemas e a possibilidade de uso sustentável das espécies florestais (ROVEDDER et al., 2014).

Uma ferramenta útil na obtenção de informações básicas para o maior conhecimento da biodiversidade existente nos remanescentes dessa floresta é a técnica de Análise de Agrupamento, que busca identificar grupos florísticos ou ecológicos da floresta e auxilia na avaliação das correlações e padrões existentes entre a composição e estrutura florística das espécies arbóreas sobre diferentes condições pedológicas.

### 3.2 ANÁLISE DE AGRUPAMENTO

A análise de agrupamento (AA), também chamada de análise de *cluster* ou análise de conglomerados, é uma técnica estatística de análise multivariada.

A análise multivariada engloba todas as técnicas estatísticas que analisam ao mesmo tempo múltiplas medidas sobre indivíduo ou objetos de interesse. Assim, qualquer análise simultânea de mais do que duas variáveis pode ser considerada, a princípio, como multivariada (HAIR, 2005).

As técnicas multivariadas podem ser divididas em técnicas de dependência, quando uma variável ou conjunto de variáveis é identificada como a variável dependente a ser prevista ou explicada por outras variáveis conhecidas como variáveis independentes, ou técnicas de interdependência, quando nenhuma variável ou grupo de variáveis é definida como sendo independente ou dependente, envolvendo a análise simultânea de todas as variáveis do conjunto (HAIR, 2005).

Dentre as técnicas multivariadas de interdependência, a técnica recomendada para identificar a estrutura em um conjunto de variáveis, observações ou objetos, por meio do agrupamento dos casos ou respondentes, é a análise de agrupamento.

A análise de agrupamento (AA) é uma técnica estatística multivariada que permite agrupar casos ou variáveis em grupos homogêneos em função do grau de similaridade entre os indivíduos, a partir de variáveis predeterminadas (FÁVERO et al., 2009).

Mingoti (2007) define a análise de agrupamento como uma técnica analítica para desenvolver subgrupos significativos de indivíduos ou objetos. O objetivo é dividir os elementos da amostra, ou população, em grupos de forma que os elementos pertencentes a um mesmo grupo sejam similares entre si em relação às variáveis que neles foram medidas, e os elementos em grupos diferentes sejam heterogêneos em relação a estas mesmas variáveis, ou seja, grupos de objetos com máxima homogeneidade dentro dos grupos e também máxima heterogeneidade entre os grupos. Também é possível realizar o agrupamento de variáveis semelhantes segundo as realizações obtidas pelos objetos amostrados. Especificamente, o objetivo da análise é identificar grupos de objetos semelhantes com base em um conjunto de características.

A aplicação desta técnica envolve pelo menos três passos básicos (HAIR, 2005). Sinteticamente, o primeiro deles é selecionar a medida de alguma forma de similaridade ou associação entre as entidades para determinar quantos grupos realmente existem na amostra; o segundo é o real processo de agrupamento, onde entidades são particionadas em grupos e as observações mais similares são agregadas em um agrupamento; e o último passo é selecionar um conjunto de agrupamentos como solução final a partir do conjunto de soluções possíveis, devendo buscar um equilíbrio entre definir a estrutura mais básica (menos agrupamentos), com vistas a parcimônia, e ainda conseguir um nível aceitável de heterogeneidade dentro dos agrupamentos, uma vez que quando o número de agrupamentos diminui, a heterogeneidade dentro dos grupos aumenta.

A similaridade medida entre os objetos representa o grau de correspondência, ou semelhança, entre os objetos ao longo de todas as características usadas na análise. A medida de similaridade é calculada para todos os pares de objetos, com similaridade baseada no perfil de cada observação nas características especificadas na análise. A similaridade entre objetos pode ser medida de diversas maneiras, mas três formas de medidas de similaridade dominam as aplicações de Análise de Agrupamento: medidas correlacionais, medidas de distância e medidas de associação. Cada uma dessas medidas representa uma perspectiva particular sobre similaridade, dependendo de seus objetivos e do tipo de dados. Tanto as medidas

correlacionais quanto as de distância requerem dados métricos, enquanto que as medidas de associação são para dados não-métricos (HAIR, 2005).

As medidas correlacionais são pouco usadas, porque a ênfase na maioria das aplicações de agrupamentos é nas magnitudes dos objetos, e não nos padrões de valores, como são representados pelas correlações.

As medidas de similaridade mais usadas e preferidas são as de distância, que representam similaridade como proximidade de observações umas com as outras ao longo das variáveis ou características que representam os objetos a serem agrupados, representando melhor o conceito de proximidade, que é fundamental para a Análise de Agrupamento. Na verdade, são medidas de dissimilaridade, pois, quanto maiores os valores, menor é a semelhança entre os objetos, e vice-versa. Mas a distância é convertida em uma medida de similaridade pelo uso de uma relação inversa. Existem diversas medidas de distância, com características específicas, como (HAIR, 2005; FÁVERO et al., 2009):

#### 1) Distância euclidiana:

A distância euclidiana é, sem dúvida, a medida de distância mais utilizada para a análise de agrupamentos (FERREIRA, 1996; VICINI; SOUZA, 2005). Considerando o caso mais simples, no qual existem  $n$  indivíduos, onde cada um possui valores para  $p$  variáveis, a distância euclidiana entre eles é obtida mediante o teorema de Pitágoras, para um espaço multidimensional, isto é, é o comprimento da hipotenusa de um triângulo retângulo projetado a partir de dois pontos de interesse. Considerando dois indivíduos  $i$  e  $i'$ , a distância entre eles é dada por:

$$d_{ii'} = \left[ \sum_{j=1}^p (X_{ij} - X_{i'j})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

#### 2) Distância Euclidiana quadrada (ou absoluta):

É a soma dos quadrados das diferenças entre duas observações ( $i$  e  $i'$ ) como no cálculo da distância euclidiana, mas sem calcular a raiz quadrada, portanto acelera o tempo de cálculo. É a distância recomendada para os métodos de agrupamento centroide e Ward.

#### 3) Distância de *city-block* (de Manhattan):

É a soma das diferenças absolutas das variáveis, isto é, seria a soma dos dois lados do triângulo retângulo projetado a partir de dois pontos em vez da hipotenusa como na distância euclidiana. É o procedimento mais simples de calcular, mas pode conduzir a agrupamentos inválidos se as variáveis forem altamente correlacionadas.

4) Distância de Chebychev:

É a diferença absoluta máxima ao longo de todas as variáveis de agrupamento.

5) Distância de Mahalanobis –  $D^2$ :

É a distância estatística entre dois indivíduos, considerando a matriz de covariância para o cálculo das distâncias. É uma medida generalizada que explica as correlações entre variáveis de uma maneira que pondera igualmente cada uma delas.

$$D_{ii'}^2 = \left( \vec{\bar{X}}_i - \vec{\bar{X}}_{i'} \right) S^{-1} \left( \vec{\bar{X}}_i - \vec{\bar{X}}_{i'} \right) \quad (2)$$

em que :

$$\vec{\bar{X}}_i = [\bar{X}_{i1}, \bar{X}_{i2}, \dots, \bar{X}_{ip}]$$

$$\vec{\bar{X}}_{i'} = [\bar{X}_{i'1}, \bar{X}_{i'2}, \dots, \bar{X}_{i'p}]$$

$\vec{\bar{X}}_i$  e  $\vec{\bar{X}}_{i'}$ , são os vetores p-dimensionais de médias de  $i$  e  $i'$ , respectivamente, com  $i \neq i'$  e  $i, i' = 1, 2, \dots, n$ .

onde  $S$  é a matriz de dispersão amostral comum a todas as unidades que, no caso de delineamentos experimentais, trata-se da matriz de variâncias e covariâncias residuais.

Embora  $D_{ii'}^2$  seja o quadrado da distância de Mahalanobis, é chamado de distância de Mahalanobis.

A melhor forma para selecionar a medida de distância é testar as diversas medidas e comparar os resultados, selecionando a que melhor representar a realidade dos dados.

Antes que sejam calculadas as similaridades entre os objetos, deve-se observar as escalas ou magnitudes das variáveis, sendo que a maior parte das medidas de distância sofre influência de diferentes escalas, em que a variável com maior dispersão tem peso mais elevado no cálculo das medidas de distância do que as demais. Assim, a fim de evitar

inclinações para as variáveis com maiores variações, com grandes unidades de medida, as variáveis devem ser padronizadas (GOTELLI; ELLISON, 2011; KENT; COKER, 1992; MINGOTI, 2007).

A forma mais utilizada para padronização dos dados consiste em transformar cada variável em escores padrão (também conhecidos como escores  $Z$ ) pela subtração da média e divisão do desvio-padrão para cada variável, permitindo que seja eliminado o viés decorrente das diferenças de escalas. Assim, são geradas novas variáveis centradas em zero e com variâncias iguais a 1 (FÁVERO et al., 2009).

Selecionadas as variáveis e escolhida a medida de similaridade, determina-se o procedimento para formação de agrupamentos, ou seja, qual método de agregação para formar os grupos. A escolha do método de agrupamento é tão difícil quanto a escolha da medida de similaridade. Dessa escolha dependerá a correta classificação de uma amostra estar dentro de um grupo, ou de outro, que já tenha sido formado. As diferenças entre os métodos existem em função de diferentes formas de definir proximidade entre um indivíduo em um grupo, contendo vários indivíduos, ou entre grupos de indivíduos (VICINI; SOUZA, 2005).

Basicamente, há dois métodos de agrupamento: o hierárquico e o não hierárquico. Nas técnicas hierárquicas, distinguem-se dois tipos de procedimentos de agrupamento que são realizados por sucessivas fusões ou por sucessivas divisões: os métodos aglomerativos e os divisivos. No primeiro método, cada sujeito começa com seu próprio agrupamento, ou seja, cada observação forma um agrupamento unitário, e a partir deste ponto novos agrupamentos são realizados por similaridade. Na segunda etapa, os dois indivíduos mais similares (próximos) são agrupados primeiramente e, nas etapas subsequentes, vão se fundindo com os demais grupos de acordo com a proximidade. Assim, em cada etapa é combinado os dois agrupamentos mais semelhantes em um novo, reduzindo o número de agrupamentos em uma unidade, até que todas as observações estejam unidas em um só agrupamento (FÁVERO et al., 2009; HAIR, 2005).

Ao contrário do método aglomerativo, no método divisivo todas as observações começam em um grande grupo inicial, sendo separadas, primeiramente, em dois subgrupos, seguindo a separação até cada observação se tornar um grupo isolado, ou seja, o processo é repetido até que haja tantos subgrupos quanto objetos.

Os métodos aglomerativos são de uso comum, nos quais os algoritmos de aglomeração mais usados para medir a similaridade entre agrupamentos de múltiplos membros são: ligação individual; ligação completa; ligação média; método centroide e método Ward (HAIR, 2005; FÁVERO et al., 2009; VICINI; SOUZA, 2005).

O método da **Ligação Individual ou Simples** ou método do vizinho mais próximo se baseia na distância mínima entre dois grupos de elementos. Os dois primeiros objetos agrupados são os que apresentam menor distância entre si, ou seja, os vizinhos mais próximos. Identifica-se a menor distância agrupando-se o terceiro objeto com os dois primeiros, ou formando um novo grupo de dois objetos. Em cada estágio a distância entre dois grupos é definida como a distância entre seus dois pontos mais próximos. Continua-se o processo até que todos os objetos estejam em um único grupo.

Em razão da sua simplicidade, esse método apresenta grande desvantagem. O fato de reunir um objeto ao elemento “mais próximo” do grupo já formado, faz com que os objetos intermediários entre os grupos sejam rapidamente aglomerados a esses. Ocorre, então, um encadeamento de objetos que dificulta a separação dos grupos. Nos estudos ecológicos, em que as amostras de características intermediárias são geralmente numerosas, esse método deve ser evitado (VALENTIN, 2000).

O método da **Ligação Completa** ou método do vizinho mais distante é semelhante ao anterior, porém se baseia na distância máxima entre os objetos. Neste, a distância entre dois grupos é calculada entre seus dois pontos mais afastados. O método busca agrupar elementos cuja distância entre os mais afastados seja a menor.

O método de **Ligação Média** difere dos anteriores no sentido de que a similaridade de quaisquer dois agrupamentos é a similaridade média de todos os indivíduos em um agrupamento com todos os indivíduos em outro. Este algoritmo não depende de valores extremos (pares mais próximos ou mais afastados), como ocorre com a ligação individual ou a completa. Em vez disso, a similaridade é baseada em todos os elementos dos agregados, e não em um único par de membros extremos, e é desse modo menos afetada por observações atípicas. Abordagens de ligação média tendem a gerar agregados com pequena variação interna e a produzir agregados com aproximadamente a mesma variância interna.

O método do **Centroide**, por sua vez, baseia-se na distância (geralmente euclidiana ou quadrática euclidiana) entre os centroides, priorizando a menor distância entre eles. Centroides são os valores médios das observações sobre as variáveis ou características que representam os objetos a serem agrupados. Neste método, toda vez que indivíduos são reunidos, um novo centroide é calculado. Existe uma mudança no centroide toda vez que um novo indivíduo ou grupo de indivíduos é acrescentado a um agregado já existente. A vantagem desse método, como o da ligação média, é que é menos afetado por observações atípicas do que outros métodos hierárquicos.

O método de **Ward** difere das técnicas anteriores no sentido de que a similaridade entre dois agrupamentos não é uma única medida de similaridade, mas a soma dos quadrados dentro dos agrupamentos feita sobre todas as variáveis. A seleção de qual par de agrupamentos a combinar é baseada em qual combinação de agregados minimiza a soma interna de quadrados no conjunto completo de agrupamentos separados ou disjuntos. Em cada passo, os dois agrupamentos combinados são aqueles que minimizam o aumento na soma total de quadrados em todas as variáveis em todos os agrupamentos. Existe uma semelhança entre esse método e o método do centroide no que se refere ao uso dos vetores de médias amostrais como representantes da informação global dos conglomerados em cada passo do processo de agrupamento. No entanto, a distância usada no método de Ward leva em consideração a diferença dos tamanhos dos conglomerados que estão sendo comparados, enquanto o método de centroide não tem nenhum fator de ponderação em relação a isso (MINGOTI, 2007). Esse procedimento tende a combinar grupos com um pequeno número de observações, pois a soma de quadrados é diretamente relacionada com o número de observações envolvidas. Também tende a produzir agregados com aproximadamente o mesmo número de observações. O uso de uma medida de soma de quadrados torna esse método facilmente distorcido por observações atípicas.

Todos os métodos descritos fazem o agrupamento de elementos amostrais de acordo com algum critério (ou métrica) predefinido. Os métodos de ligação simples, completa e da média podem ser utilizados tanto para variáveis quantitativas, quanto qualitativas, ao contrário dos métodos do centroide e Ward que são apropriados apenas para variáveis quantitativas, já que têm como base a comparação de vetores de médias (MINGOTI, 2007).

O processo de agrupamento hierárquico pode ser representado por um dendrograma, que representa o processo de agrupamento em um gráfico tipo árvore, onde um eixo apresenta os objetos e o outro retrata o coeficiente de aglomeração entre os objetos ou nível de distância (nível de fusão). Essa abordagem é comum e particularmente útil na identificação de observações atípicas e revela o tamanho relativo dos variados agrupamentos (HAIR, 2005).

Para determinação do número de agrupamentos na solução final, deve-se verificar cada solução quanto à sua descrição da estrutura *versus* a heterogeneidade dos agrupamentos. Na prática, não há nenhum procedimento padrão e objetivo para determinar o número adequado final de grupos (HAIR, 2005; FÁVERO et al., 2009). Entretanto, existem alguns critérios que podem auxiliar na decisão final, como, por exemplo, basear-se na análise do comportamento do nível de fusão ou distância de ligação, efetuando o corte no dendrograma

no passo que apresente um “ponto de salto” relativamente grande em relação aos demais valores de distância (MINGOTI, 2007).

Diferentemente dos métodos hierárquicos, os **procedimentos não hierárquicos** não envolvem o processo de construção em árvore (HAIR, 2005). Os métodos não hierárquicos são métodos que têm como objetivo encontrar diretamente uma partição de  $n$  elementos em  $k$  grupos, de modo que a partição satisfaça dois requisitos básicos: “coesão” interna (ou “semelhança” interna) e isolamento (ou separação) dos grupos formados. Para se buscar a “melhor” partição de ordem  $k$ , algum critério de qualidade da partição deve ser empregado (MINGOTI, 2007).

Os métodos não hierárquicos também diferem dos hierárquicos no aspecto que requerem a especificação prévia do número de  $k$  grupos desejado. Em cada estágio do agrupamento, os novos grupos podem ser formados através da divisão ou junção de grupos já combinados em passos anteriores. Portanto, se em algum passo do algoritmo dois elementos tiverem sido colocados em um mesmo conglomerado, não necessariamente eles estarão no mesmo grupo na partição final. Consequentemente, não é mais possível a construção de dendrogramas. Geralmente, os algoritmos utilizados nos métodos não hierárquicos são do tipo iterativo e, em comparação com os métodos hierárquicos, têm uma maior capacidade de análise de conjunto de dados de maior porte, ou seja, com um grande número de observações (MINGOTI, 2007).

Alguns exemplos de métodos não hierárquicos são os métodos das  $k$ -médias (*k-means*) e o *Fussy c-Médias* (*Fuzzy c-Means*), assim como as redes neurais artificiais aplicadas à análise de *cluster*.

De acordo com Hair (2005), o processo dos métodos não hierárquicos essencialmente consiste em dois passos:

1. Especificar sementes de agrupamentos: a primeira tarefa é identificar pontos de partida para o processo de partição, conhecidos como sementes de agrupamento, que seriam os  $k$  centroides, para cada agregado.
2. Designação: com as sementes de agrupamento definidas, o próximo passo é designar cada observação a uma das sementes de agrupamento com base em similaridade, em geral a medida da distância euclidiana. Muitas abordagens estão disponíveis para fazer tal designação, variando no grau em que cada observação pode ser novamente designada entre agrupamentos após a designação inicial, mas o objetivo básico é designar cada observação à semente mais parecida.

Pode-se citar basicamente três abordagens para designar as observações individuais de determinado agrupamento (HAIR, 2005):

- a) referência sequencial: começa pela seleção de uma semente de agrupamento e inclui todos os objetos dentro de uma distância pré-especificada. Após a inclusão de todos os objetos, é selecionada uma segunda semente e, dentro de uma distância pré-especificada, todos os objetos são incluídos e o processo continua de forma sucessiva;
- b) referência paralela: são escolhidas diversas sementes de agrupamento e, dentro da distância pré-especificada, todos os objetos são agrupados simultaneamente à semente mais próxima. À medida que o processo evolui, as distâncias de referências podem ser ajustadas para incluir menos ou mais observações nos agrupamentos;
- c) otimização: é semelhante às duas abordagens anteriores, porém, neste caso, é permitida a redesignação de objetos, isto é, se, no curso da designação de objetos, uma delas se torna mais próxima de um outro agregado que não é o que está associado no momento, então um processo de otimização transfere a observação para o agregado mais semelhante (mais próximo).

A probabilidade de acontecerem classificações erradas nos agrupamentos é menor nos métodos não hierárquicos, mas, em contrapartida, há a dificuldade de se estabelecer o número de grupos de partida. Uma alternativa seria a utilização do método hierárquico como técnica exploratória para, posteriormente, propiciar a utilização do número indicado de grupos na técnica não hierárquica (HAIR, 2005; FÁVERO et al., 2009)

De maneira geral, o delineamento de uma Análise de Agrupamento (AA) lida com o seguinte (HAIR, 2005):

- A partição do conjunto de dados para formar agrupamentos e a seleção de uma solução;
- Interpretação dos agrupamentos para compreender as características de cada agrupamento e desenvolver um nome ou rótulo que defina apropriadamente a natureza dos mesmos;
- Validação dos resultados da solução final, com a descrição das características de cada agrupamento para explicar como eles podem diferir quanto as dimensões relevantes.

Ao formar grupos homogêneos, a AA pode abordar qualquer combinação de três questões básicas de pesquisa (HAIR, 2005):

- i. *Descrição taxonômica.* O uso mais tradicional da AA é para fins exploratórios e para formação de uma taxonomia – uma classificação de objetos com base empírica. Em tais casos, uma tipologia proposta (classificação com base teórica) pode ser comparada com aquela obtida pela AA;
- ii. *Simplificação de dados.* A AA também desenvolve uma perspectiva simplificada agrupando observações para análise posterior. Assim, em vez de analisar todas as observações como únicas, elas podem ser percebidas como membros de agrupamentos e definidas por suas características gerais;
- iii. *Identificação de relação.* Com os agrupamentos definidos e a estrutura subjacente dos dados representada neles, é possível revelar relações entre as observações que tipicamente não é possível com as observações individuais.

Os objetivos da AA não podem ser separados da seleção de variáveis usadas para caracterizar os objetos a serem agrupados. Seja o objetivo exploratório ou confirmatório, as variáveis selecionadas para uso efetivamente restringem os possíveis resultados, sendo que os agrupamentos obtidos refletem a estrutura inerente dos dados e são definidos apenas pelas variáveis. A solução de agrupamentos não é generalizável, pois é totalmente dependente das variáveis usadas como base para a medida de similaridade. A adição de variáveis ilegítimas ou a eliminação de relevantes podem ter um substancial impacto sobre a solução resultante. Portanto, qualquer aplicação da AA deve ter argumento segundo quais variáveis são selecionadas. Seja o argumento baseado em uma teoria explícita, pesquisa anterior, ou suposição, deve-se perceber a importância de incluir apenas aquelas variáveis que caracterizam os objetos sendo agrupados e se relacionam especificamente aos objetivos da análise. A técnica de AA não tem meios de diferenciar variáveis relevantes de irrelevantes, e determina os grupos mais consistentes, mesmo que distintos, ao longo de todas as variáveis. Assim, jamais devem ser incluídas variáveis indiscriminadamente. Em vez disso, deve-se escolher cuidadosamente as variáveis com o objetivo da pesquisa como critério de seleção. Assim, a seleção das variáveis a serem incluídas na variável estatística de agrupamento deve ser feita em relação a considerações teóricas e conceituais, bem como práticas (HAIR, 2005).

Outro cuidado que deve-se ter na AA é a detecção de observações atípicas, que são objetos diferentes de todos os outros e podem representar: observações verdadeiramente aberrantes que não são representativas da população geral; observações representativas de segmentos pequenos ou insignificantes na população; ou uma subamostragem de grupos reais na população que provoca uma representação ruim dos grupos da amostra. Portanto, é sempre

necessário um exame preliminar para a detecção de observações atípicas e devem ser avaliadas quanto a sua representatividade da população e eliminadas da análise se forem consideradas não-representativas (HAIR, 2005).

Hair (2005) destaca que a AA é descritiva, não-teórica, não-inferencial, logo não tem base estatística sobre a qual esboçar inferências de uma amostra para uma população, sendo apenas uma técnica exploratória. A análise sempre criará agrupamentos, independentemente da existência real de alguma estrutura nos dados. Portanto, se possível, a AA deve ser aplicada a partir de um modo confirmatório, usando-a para identificar grupos que já têm uma fundamentação conceitual estabelecida quanto à existência dos mesmos.

A seleção da solução final exige o julgamento do usuário e é considerada por muitos como muito subjetiva. Ainda que métodos mais sofisticados tenham sido desenvolvidos para auxiliar na avaliação das soluções de agrupamentos, ainda cabe ao usuário tomar a decisão final quanto ao número de agrupamentos a ser aceito como solução final, bem como as decisões sobre características a serem usadas, os métodos de combinação de agrupamentos e mesmo a interpretação de soluções de agrupamento (HAIR, 2005).

Portanto, é imperativo que seja empregado todo suporte objetivo disponível e que sejam guiados por julgamentos sensatos, especialmente nos estágios de planejamento e interpretação.

#### 4 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado em um remanescente florestal no Rebordo do Planalto, situado na região central do Rio Grande do Sul, em uma propriedade particular da Sociedade Mario Hiriart (SOMAH), no Município de Itaara, tendo como referência as coordenadas 29°30'S e 53°46'W.

A área do Rebordo apresenta relevo ondulado a montanhoso, com altitudes entre 300 e 500m. Nessa região ocorrem diferentes classes de solo, predominando solos rasos, como Neossolos Litólicos, Neossolos Regolíticos, Cambissolos Háplicos e Chernossolos Argilúvicos (STRECK et al., 2008).

O clima da região é denominado subtropical, pertencente à variedade "Cfa", definida por apresentar temperatura do mês mais frio, entre -3°C e 18°C, e do mês mais quente, superior a 22°C, conforme o sistema de classificação de Köppen. A precipitação média anual, bem distribuída durante todo o ano, está entre 1.500 e 1.750mm (MORENO, 1961).

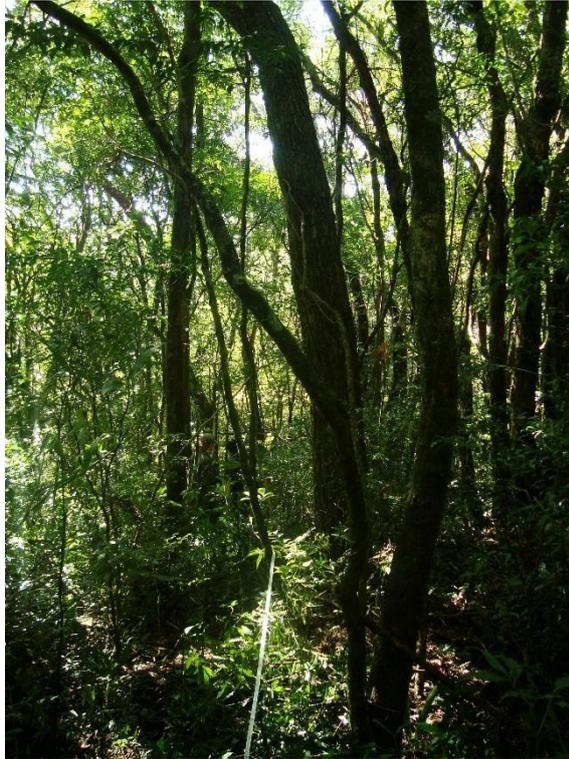
A vegetação da área está inserida na fitofisionomia denominada Floresta Estacional Subtropical.

A vegetação objeto desse estudo foi amostrada em um fragmento de floresta secundária em regeneração, com área total de aproximadamente cinco hectares.

O fragmento florestal está situado na parte superior de uma encosta, onde o sentido principal da declividade é na direção sudoeste-nordeste, e a diferença de altitude entre a parte mais alta e mais baixa da área amostral da encosta é de aproximadamente 30m, caracterizando um pequeno gradiente topográfico.

A floresta secundária em regeneração, representada pela Figura 1, apresenta uma fisionomia florestal típica, onde predominam árvores com diâmetros intermediários e com alturas em torno de 10m, as quais formam um dossel uniforme.

Figura 1 – Foto ilustrativa da vegetação da Floresta Secundária.



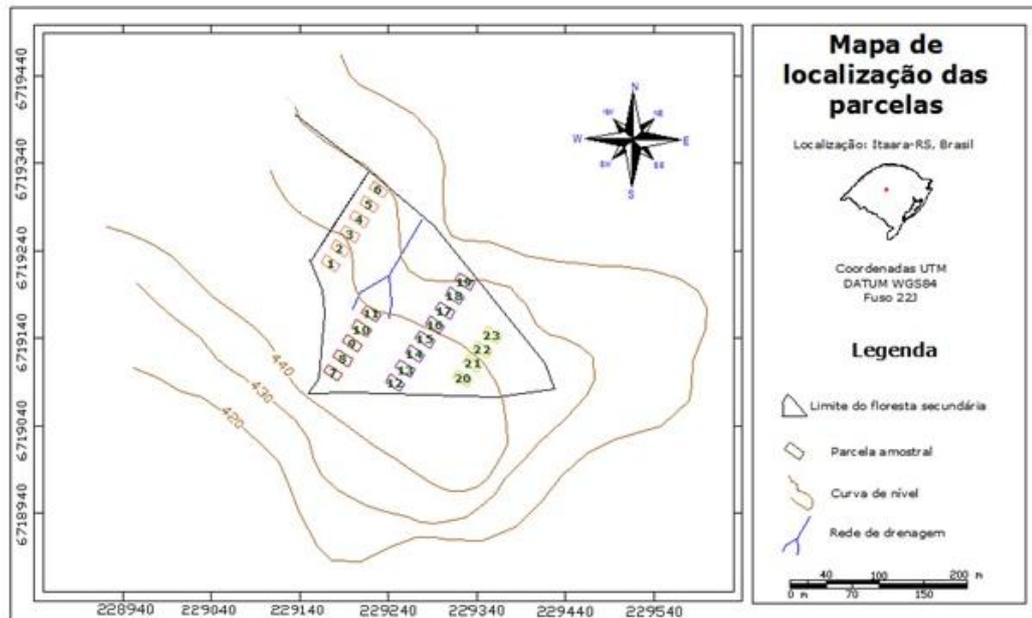
Fonte: autora.

O dossel da floresta secundária resulta em áreas sombreadas no seu interior, onde ocorre menor intensidade luminosa, o que permite o acúmulo de serapilheira e a presença de arbustos e espécies regenerantes tolerantes à sombra.

#### 4.1 AMOSTRAGEM DA VEGETAÇÃO

Foi realizado um inventário florestal, adotando-se o método de amostragem sistemática com unidades amostrais ou parcelas de área fixa distribuídas de forma a cobrir a área de estudo. As parcelas com dimensões de 20m x 10m foram distribuídas distanciadas em 10 metros entre si, ao longo de transectos orientados no sentido de maior declividade (sudoeste-nordeste) do terreno, e distribuídos sistematicamente em intervalos de 40 metros entre si. A alocação das parcelas foi feita com auxílio de aparelho de GPS (*Global Position System*), bússola e balizas; e para a materialização, utilizou-se trenas, balizas e estacas de madeira. No total, foram distribuídas 23 parcelas em quatro transectos, resultando numa área amostral de 0,46ha, como apresentada na Figura 2.

Figura 2 – Distribuição das parcelas amostrais no fragmento da Floresta Secundária em Itaara, RS.



Fonte: autora.

No levantamento da vegetação foi considerado o estrato arbóreo e arbustivo da floresta e incluídos os indivíduos com diâmetro à altura do peito (DAP)  $\geq 5$ cm.

Na etapa de verificação dos indivíduos selecionados, optou-se por mensurar a circunferência à altura do peito (CAP), pois essa medida incorre em erros menores na estimativa da área basal do que o diâmetro caso ocorra algum erro na medição da árvore.

Para a realização do levantamento vegetacional, as parcelas foram divididas em duas subunidades de 10m x 10m, onde foram levantados os indivíduos vivos e mortos, ainda em pé, exceto lianas. Os indivíduos com caules múltiplos foram medidos quando a raiz da soma dos quadrados de suas CAPs era superior a 15,7cm (equivalente a 5cm de DAP). As árvores localizadas sobre as bordas das unidades amostrais foram consideradas, desde que no mínimo metade de sua circunferência estivesse no interior da unidade amostral. Para cada indivíduo foram registrados o nome científico, a circunferência à altura do peito, a altura total e a altura de copa. Após as anotações, cada indivíduo recebeu uma etiqueta de alumínio, com sua numeração correspondente, para o seu futuro monitoramento. Na medição de circunferência foi usada fita métrica, graduada em milímetros, e, na estimativa das alturas, foi usada vara graduada em metros.

Para as espécies não identificadas a campo, coletou-se material botânico, com auxílio de bodoque e podão, o qual recebeu uma etiqueta com um código para posterior identificação no Herbário do Departamento de Ciências Florestais (HDCF) da UFSM.

A nomenclatura das espécies encontradas na amostragem foi verificada de acordo com as bases de dados TreeAtlas 2.0 (OLIVEIRA-FILHO, 2010) e a lista de espécies da Flora do Brasil 2020 (2016).

#### 4.2 CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS

A caracterização dos solos foi realizada na mesma área amostral utilizada no levantamento da vegetação.

A classificação e a caracterização morfológica dos solos foram feitas no campo por meio da abertura de uma mini-trincheira (Figura 3) no centro de cada parcela e tradagens distribuídas em toda parcela, sendo obtidas as informações referente à classe do solo até o segundo nível categórico de subordem, conforme EMBRAPA (2006), profundidade do *sólum*, textura e cor dos horizontes do perfil do solo, conforme Santos et al. (2005).

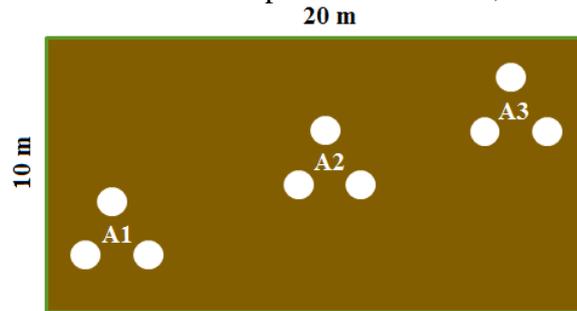
Figura 3 – Foto ilustrativa da abertura de uma mini-trincheira.



Fonte: autora.

Em cada parcela foram coletadas três amostras compostas de solo, formadas por três amostras simples cada. As amostras compostas de solo foram coletadas em profundidade de 0-10cm, em três locais da parcela, no sentido da sua diagonal, como mostra a Figura 4.

Figura 4 – Representação dos locais de coleta de solo dentro de uma parcela amostral e identificação das amostras compostas de solo A1, A2 e A3.



Fonte: autora.

As amostras de solo foram armazenadas em sacos plásticos, identificadas e secas ao ar. Foi realizada a análise granulométrica na fração terra fina, através do método da pipeta e as análises químicas – pH, bases trocáveis: potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al) e alumínio trocável – conforme metodologia preconizada pela EMBRAPA (1997). A determinação de carbono orgânico no solo foi realizada pelo método Mébius modificado para realização no bloco de digestão segundo Yeomans e Bremner (1988) e Nelson e Sommers (1996). A amostra que continha mais de 5% de matéria orgânica foi separada e feita a remoção da sua matéria orgânica com  $H_2O_2$  (EMBRAPA, 1997), antes da análise granulométrica. A partir dos dados analíticos foram calculadas a soma de bases (S), a capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (CTC ou T); a capacidade de troca de cátions efetiva (S+Al); a saturação por alumínio (Al%) e a saturação por bases (V%).

#### 4.3 ANÁLISE DE DADOS

Primeiramente, os dados das variáveis de solo foram organizados e resumidos por meio de uma análise descritiva, visando conhecer melhor as características da área amostrada; seguindo com a análise simultânea das variáveis de solo, utilizando-se a técnica de Análise de Agrupamento, realizada com auxílio do *software* Statistica 9.1 (STATSOFT, 2004).

As variáveis usadas na Análise de Agrupamento foram selecionadas a partir dos resultados da Análise de Correspondência Canônica (ACC) realizada no trabalho de Dullius (2012). Essa análise explora a relação da distribuição das espécies florestais com os gradientes ambientais, construindo as combinações lineares de variáveis ambientais, ao longo da qual as distribuições das espécies são maximamente separadas, e mostra, em um diagrama de ordenação, os padrões de variação na composição da comunidade que pode ser mais bem explicada pelas variáveis ambientais e também visualiza aproximadamente os "centros" das distribuições de espécies ao longo de cada uma das variáveis ambientais (TER BRAAK, 1986).

Foram selecionadas as variáveis pedológicas mais representativas da ACC, realizada por Dullius (2012), as quais apresentaram as correlações com os dois primeiros eixos de ordenação valores absolutos maiores que 0,5, pois estas devem determinar os principais gradientes florísticos e, desta forma, padrões estruturais da vegetação. As variáveis mais correlacionadas com os dois primeiros eixos foram o pH e a profundidade do solo, sendo essas usadas na Análise de Agrupamento, a fim de obter grupos de parcelas mais semelhantes quanto a essas variáveis.

Para aplicar a Análise de Agrupamento as variáveis foram padronizadas pelas suas respectivas médias e desvios padrões, gerando-se novas variáveis centradas em zero e com variâncias iguais a 1, a fim de evitar influências das suas diferentes unidades de medida.

Foi utilizado o método de agrupamento hierárquico aglomerativo, cujos dendrogramas foram obtidos utilizando diversas medidas de similaridade e métodos de ligação, sendo escolhido o dendrograma mais representativo dos dados. A escolha do número final de grupos foi baseada na análise do comportamento do nível de fusão ou distância de ligação, efetuando o corte no dendrograma no passo que apresentou um "ponto de salto" relativamente grande em relação aos demais valores de distância.

Os grupos obtidos foram comparados quanto a estrutura horizontal da vegetação, a partir dos seus parâmetros fitossociológicos, processados em planilha eletrônica do *Microsoft Office Excel 2007*. A caracterização da estrutura horizontal da vegetação foi feita a partir do cálculo dos seguintes parâmetros fitossociológicos: Densidade absoluta (DA), Densidade relativa (DR), Dominância absoluta (DoA), Dominância relativa (DoR), Frequência absoluta (FA), Frequência relativa (FR) e Valor de importância (VI) (Quadro 1).

Quadro 1 – Parâmetros de fitossociologia, diversidade e equabilidade florística.

Parâmetro/Índice	Unidade	Fórmula	Variável
Diâmetro a altura do peito	Cm	$DAP = \frac{CAP}{\pi}$	CAP = circunferência à altura do peito em cm; $\pi = \text{PI} = 3,1415..;$
Área basal	m <sup>2</sup>	$g = \frac{\pi \times DAP^2}{40000}$	DAP = diâmetro à altura do peito em cm; $\pi = \text{PI} = 3,1415..;$
Densidade absoluta	ind.ha <sup>-1</sup>	$DA = \frac{n_i}{\text{área}}$	$n_i$ = Número de indivíduos da espécie $i$ ;
Densidade relativa	%	$DR = \frac{n_i}{N} \times 100$	$n_i$ = Número de indivíduos da espécie $i$ ; $N$ = Número total de indivíduos amostrados;
Frequência absoluta	%	$FA = \frac{k_i}{K} \times 100$	$k_i$ = Número de unidades amostrais onde a espécie $i$ ocorre; $K$ = Número total de unidades amostrais;
Frequência relativa	%	$FR = \frac{FA_i}{\sum FA} \times 100$	$FA_i$ = Frequência absoluta da espécie $i$ ; $\sum FA$ = Frequência absoluta de todas as espécies;
Dominância absoluta	m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	$DoA = \sum_{i=1}^n g_i$	$g$ = Área basal da espécie $i$ ;
Dominância relativa	%	$DoR = \frac{DoA_i}{G} \times 100$	$G$ = Área basal total/hectare;
Valor de importância	%	$VI = \frac{DR + DoR + FR}{3}$	
Índice de diversidade de Shannon		$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \ln(p_i)$  Onde: $p_i = \frac{n_i}{N}$	$S$ = número de espécies na comunidade vegetal; $p_i$ = Proporção de indivíduos da $i$ -ésima espécie; $n_i$ = número de indivíduos amostrados para a espécie $i$ ; $N$ = número total de indivíduos amostrados.
Índice de equabilidade de Pielou		$J' = \frac{H'}{\ln(S)}$	$H'$ = índice de Shannon para a comunidade vegetal; $S$ = número de espécies na comunidade vegetal

Fonte: autora.

A densidade relativa é a relação entre o número de indivíduos de uma espécie e o número de indivíduos de todas as espécies e a densidade absoluta é a medida que expressa o número de indivíduos, de uma dada espécie, por unidade de área (em geral, por hectare). A frequência indica a dispersão média da espécie nas parcelas, constituindo a relação entre o número de parcelas em que a espécie ocorreu e o total de parcelas amostradas e a dominância

é definida como a taxa de ocupação do ambiente pelos indivíduos de uma espécie, representada pela área basal, estimada com base no DAP (FELFILI; REZENDE, 2003).

O Valor de Importância é a soma dos valores relativos de densidade, frequência e dominância de cada espécie, dando uma ideia sobre densidade, distribuição espacial e a dimensão alcançada por uma espécie em relação às demais, definindo, assim, a importância ecológica da espécie no local e, teoricamente, seu potencial em explorar os recursos de seu *habitat* (FELFILI; REZENDE, 2003; SCHENEIDER, 2008). O VI revela, por meio dos valores alcançados por uma espécie, sua posição sociológica na comunidade analisada. O valor máximo da soma dos VI's de todas as espécies consideradas em um levantamento resulta no valor de 300.

A partir da análise de cada parâmetro que compõe o VI pode-se compreender se a espécie é abundante ou não, se apresenta distribuição agrupada ou dispersa e também se ela possui grande área basal ou não, dando uma ideia sobre densidade, distribuição espacial e a dimensão alcançada pela população de uma espécie em relação às demais (FELFILI; REZENDE, 2003).

As árvores mortas amostradas não foram incluídas nos cálculos da estrutura horizontal, pois elas pertencem a várias espécies e os cálculos na Fitossociologia são feitos para espécies individualmente, além de que grandes densidade e dominância de árvores mortas não significam restrição ao desenvolvimento de outras espécies, pois elas não competem mais pelos recursos do meio (DURIGAN, 2009).

Para verificar a diversidade e equabilidade da comunidade arbórea, foram utilizados o índice de diversidade de Shannon ( $H'$ ) e o índice de equabilidade de Pielou ( $J'$ ) (KENT; COKER, 1992) (Quadro 1).

O índice de Diversidade de Shannon assume que os indivíduos são amostrados de forma aleatória de uma população infinitamente grande e, que todas as espécies estão representadas na amostra, sendo um índice não-paramétrico baseado na abundância proporcional das espécies (FELFILI e VENTUROLI, 2000). Esse índice expressa a diversidade de espécies de uma comunidade vegetal, dando uma ideia da situação ecológica em que a floresta se encontra e servindo como parâmetro de comparação entre diferentes áreas em estudo (HECK, 2006). Quanto maior o valor encontrado mais diversa é a comunidade avaliada. O índice pode assumir valores que variam de 1,5 a 3,5, podendo chegar a valores próximos a 4,5 nas florestas amazônicas.

O índice de equabilidade de Pielou mostra como o número de indivíduos está distribuído entre as diferentes espécies, isto é, indica se as diferentes espécies possuem

abundância (número de indivíduos) semelhantes ou divergentes. O índice de Pielou varia de 0 a 1, em que 1 indica máxima equabilidade, isto é, todas as espécies possuem o mesmo número de indivíduos (FELFILI; REZENDE, 2003).

Os grupos também foram comparados, em relação aos parâmetros da estrutura fisionômica da vegetação arbórea, aplicando o teste de Kruskal-Wallis com análise dos valores das medianas em postos da altura de copa, altura total, área basal e diâmetro e da densidade e número de espécies por unidade amostral. Em caso de diferenças significativas, os grupos foram comparados par-a-par pelo método de Dunn, devido ao diferente número de amostras em cada grupo, e representados por gráficos *boxplot*.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O levantamento da vegetação arbórea e a caracterização e análise dos solos consistiu na amostragem total de uma área de 0,46 ha, distribuídos em 23 parcelas de 200m<sup>2</sup> cada, na qual foram encontradas 66 espécies arbóreo-arbustivas e quatro tipos de solos, sendo eles o Neossolo Litólico, o Neossolo Regolítico, o Cambissolo Háplico e o Argissolo Vermelho.

### 5.1 COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA

No levantamento da vegetação arbórea, foram amostrados 944 indivíduos, pertencentes a 66 espécies e 32 famílias botânicas em uma área de 4.600 m<sup>2</sup> de floresta. A estimativa de densidade de indivíduos para o hectare foi de 2.052 ind.ha<sup>-1</sup>, considerada elevada para o fragmento florestal. Do total de indivíduos amostrados, 96 (10,17%) estavam mortos, representando uma porcentagem significativa do levantamento. Provavelmente esse número elevado de árvores mortas deve-se ao estágio de sucessão em que a floresta se encontra, sendo que as florestas secundárias apresentam maior porcentagem de árvores mortas, devido, dentre outros fatores, ao processo natural de sucessão em que ocorre a substituição de espécies pioneiras (LONGHI et al., 1999; SCCOTI, 2012).

Alguns estudos realizados no Estado, com o mesmo tipo florestal, encontraram menor riqueza de espécies que a encontrada na floresta avaliada, como o de Jarenkow e Waechter (2001), que encontraram 55 espécies em uma floresta de encosta bem preservada no município de Vale do Sol (utilizando como nível de inclusão DAP > 5 cm e área amostral de 1 ha); Scipioni et al. (2010), encontraram 60 espécies em uma floresta de encosta no município de São Martinho da Serra (nível de inclusão DAP > 9,5 cm e área amostral de 1,12 ha); Vaccaro, Longhi e Brena (1999), encontraram 48 espécies em uma floresta secundária no município de Santa Tereza (nível de inclusão DAP > 3,2 cm e área amostral de 0,2 ha); Scoti (2012), encontrou 57 espécies no Campo de Instrução de Santa Maria (CISM), no município de Santa Maria (indivíduos com CAP ≥ 30cm e área amostral de 2,8 ha); e Marcuzzo, Araújo, Longui (2013), com 48 espécies no Parque Estadual Quarta Colônia (PEQC), situado nos Municípios de Agudo e Ibarama, (indivíduos com CAP ≥ 15 cm e área amostral de 0,24 ha).

Apesar dos critérios usados pelos autores não serem padronizados, pode-se dizer que a floresta amostrada apresentou elevada riqueza de espécies. A relação de espécies e gêneros amostrados pertencentes a diferentes famílias botânicas estão listados na Tabela 1.

As famílias botânicas com maior riqueza de espécies foram Fabaceae e Myrtaceae com sete espécies cada, seguidas por Euphorbiaceae, Lauraceae, Rutaceae e Salicaceae com quatro espécies cada, como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 – Número de gêneros e espécies por família, encontrados no levantamento da vegetação no fragmento florestal de Itaara, RS

<b>Família</b>	<b>Gênero</b>	<b>Espécie</b>
Fabaceae	7	7
Myrtaceae	5	7
Euphorbiaceae	3	4
Lauraceae	2	4
Rutaceae	3	4
Salicaceae	3	4
Boraginaceae	1	3
Meliaceae	3	3
Sapindaceae	3	3
Asteraceae	2	2
Primulaceae	1	2
Rubiaceae	2	2
Sapotaceae	1	2
Anacardiaceae	1	1
Annonaceae	1	1
Aquifoliaceae	1	1
Arecaceae	1	1
Bignoniaceae	1	1
Cardiopteridaceae	1	1
Celastraceae	1	1
Ebenaceae	1	1
Erythroxylacaceae	1	1
Lamiaceae	1	1
Loganiaceae	1	1
Malvaceae	1	1
Moraceae	1	1
Phytolaccaceae	1	1
Quillajaceae	1	1
Rosaceae	1	1
Solanaceae	1	1
Styracaceae	1	1
Symplocaceae	1	1
<b>32</b>	<b>55</b>	<b>66</b>

Fonte: autora.

A predominância da família Myrtaceae é apontada na maioria dos levantamentos feitos no Estado, visto que é a família com o maior número de espécies do Rio Grande do Sul (REITZ; KLEIN; REIS, 1988). A família Fabaceae também se destaca nos trabalhos de Vaccaro, Longhi e Brena (1999); Jarenkow e Waechter (2001), Scipioni (2008), e Scoti (2012), realizados na Floresta Estacional Subtropical do Estado.

A diversidade de espécies da floresta estimada pelo Índice de Diversidade de Shannon ( $H'$ ) resultou no valor de 3,24. Esse resultado foi similar ao encontrado por Scoti (2012), de 3,41, Scipioni, Galvão e Longhi (2013), de 3,52; Marcuzzo, Araújo, Longui (2013), de 3,00 e Callegaro, Araújo, Longui (2014), de 3,58 em Florestas Estacionais Subtropicais no Rio Grande do Sul. Em estudos realizados em mata ciliar na mesma formação florestal, foram encontrados valores menores de diversidade, de 2,73 por Budke et al. (2004), na região de Santa Maria; e de 3,02 por Avila et al. (2011), em Ijuí.

Porém, os resultados obtidos pelos diferentes autores na mesma formação florestal não permite realizar comparações acertadas, pois os procedimentos de amostragem não são padronizados, sendo o índice de diversidade de Shannon influenciado por estes. O índice de diversidade também é influenciado pela uniformidade nas proporções indivíduos/espécies dentro da comunidade, além do estágio sucessional em que se encontra a floresta e inclusive pelo seu histórico de uso (NARVAES; BRENA; LONGHI, 2005).

O valor de equabilidade de Pielou ( $J'$ ) encontrado foi de 0,77, indicando baixa dominância ecológica, ou seja, ocorrendo uma uniformidade na distribuição de número de indivíduos por espécie, semelhante também aos trabalhos citados com valores de diversidades próximos, apresentando variação de valores de equabilidade entre 0,78 e 0,84.

## 5.2 CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS

Os resultados das análises das amostras de solo das 23 parcelas amostradas estão resumidos por medidas descritivas de posição e dispersão na Tabela 2.

As diferentes variáveis medidas apresentam comportamentos diferentes quanto à variabilidade dos dados. Observando a Tabela 2, pode-se destacar três grupos de variáveis com comportamentos semelhantes em relação à variabilidade dos dados em relação à média, ou seja, às medidas de dispersão de seus dados. No primeiro grupo, aparecem as variáveis areia total, silte, argila, pH, acidez potencial ( $H+Al$ ), potássio (K) e saturação por bases (V%) constituindo um conjunto de variáveis com pequena amplitude de valores, com dados

concentrados em torno da média e pequena dispersão, no qual apresentam valores de coeficiente de variação (CV) inferiores a 30%.

Tabela 2 – Medidas descritivas das variáveis de solo do fragmento florestal de Itaara, RS.

Variáveis	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio padrão	CV (%)
Areia Total (%)	23,84	23,84	18,28	35,03	3,65	15,32
Silte (%)	48,46	48,27	40,92	53,66	3,05	6,30
Argila (%)	27,70	27,87	23,89	30,76	1,95	7,03
pH	5,60	5,64	4,83	6,52	0,40	7,13
M.O. (%)	9,44	8,32	4,65	15,80	3,31	35,09
COT (g/kg)	54,75	48,23	26,95	91,67	19,21	35,09
H+Al (cmolc/kg)	10,08	9,70	7,27	15,04	2,09	20,72
Al (cmolc/kg)	0,36	0,22	0,06	1,09	0,31	86,89
K (cmolc/L)	0,68	0,67	0,44	0,93	0,14	20,85
Ca (cmolc/kg)	8,01	7,54	2,39	15,59	3,70	46,13
Mg (cmolc/kg)	3,59	2,80	0,91	9,46	2,57	71,40
S	12,28	11,28	3,74	23,64	5,93	48,30
CTC	22,36	19,84	12,77	36,26	6,72	30,06
S+Al	12,64	11,41	4,83	24,38	5,88	46,49
V%	52,27	54,25	27,18	74,39	12,34	23,62
Al%	4,06	1,83	0,31	22,57	5,24	129,08
Profundidade (cm)	31,52	15,00	10	90	28,46	90,29

Onde: CV = coeficiente de variação; MO = matéria orgânica; COT = carbono orgânico total; H+Al = hidrogênio mais alumínio ou acidez potencial; Al = alumínio; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; S = soma de bases; CTC = capacidade de troca de cátions a pH 7,0; S+Al = capacidade de troca de cátions efetiva; V% = percentagem de saturação por bases; Al% = percentagem de saturação por alumínio.

Fonte: autora.

Um segundo conjunto de variáveis possui um grau de afastamento um pouco maior em relação às suas medidas de posição e variabilidade intermediária, com valores de CV entre 30% e 60%, o qual é composto pelas variáveis: matéria orgânica (MO), carbono orgânico total (COT), cálcio (Ca), soma de bases (S), capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (CTC) e capacidade de troca de cátions efetiva (S+Al).

As demais variáveis: alumínio (Al), magnésio (Mg), saturação por alumínio (Al%) e profundidade, caracterizaram-se pela grande amplitude de valores e grande variabilidade,

demonstrada pelos valores de CV superiores a 60%, atingindo o valor máximo de 129% pela saturação por alumínio.

Verifica-se, ainda, que as variáveis com maiores valores de CV, possuem valores de média e de mediana mais distanciadados. Isso acontece nos casos em que existem valores extremos nas medições de alguma variável, e como a média é fortemente influenciada por esses valores, a mediana seria a melhor medida de posição central para representar essas variáveis.

Os resultados das análises das amostras de solos caracterizam uma área com solos, na maior parte, rasos, de pequenas profundidades, com mediana de 15cm de profundidade, e com boa fertilidade, apresentando valores de saturação de bases (V%) maiores que 50%, com média de 52,27%, caracterizando, dessa forma, solos eutróficos (EMBRAPA, 2006), além de apresentarem maiores reservas de matéria orgânica, alta capacidade de troca de cátions e pH moderadamente ácido (média de pH no intervalo entre 5,4 e 6,5).

Em contrapartida, as amostras de solos com maiores profundidades apresentaram os menores teores de bases trocáveis, possuindo caráter distrófico ( $V\% < 50\%$ ) e menores teores de matéria orgânica. São solos com pH fortemente ácido (pH entre 4,3 e 5,3) e com maiores valores de saturação de alumínio.

A interpretação das propriedades do solo quanto aos limites considerados “baixos” ou “altos” nas condições nutricionais do desenvolvimento de uma planta vai depender da espécie ou conjunto de espécies consideradas (PILLAR; JACQUES; BOLDRINI, 1992), o que para a vegetação de espécies nativas encontradas nesse estudo não existem critérios formulados sobre estudos do rendimento relativo das espécies em diferentes solos por longo período relacionado com os teores dos nutrientes no solo.

A classificação dos solos resultou em quatro tipos: Neossolo Litólico, Neossolo Regolítico, Cambissolo Háplico e Argissolo Vermelho. O primeiro tipo foi classificado em 19 parcelas, sendo que em três delas ocorre em associação com Neossolo Regolítico, totalizando 82,61% da área amostral. O Argissolo Vermelho foi classificado em três parcelas, localizadas em locais com pequena declividade e o Cambissolo Háplico em apenas uma parcela, em menor altitude. Os solos encontrados são característicos da região, encontrados também em levantamentos semidetalhados de solos realizados na mesma região do estudo (MIGUEL, 2010; POELKING, 2007).

### 5.3 ANÁLISE DE AGRUPAMENTO

Para realizar a Análise de Agrupamento foram utilizadas as medidas das variáveis profundidade e pH do solo de cada parcela, descritas na Tabela 3.

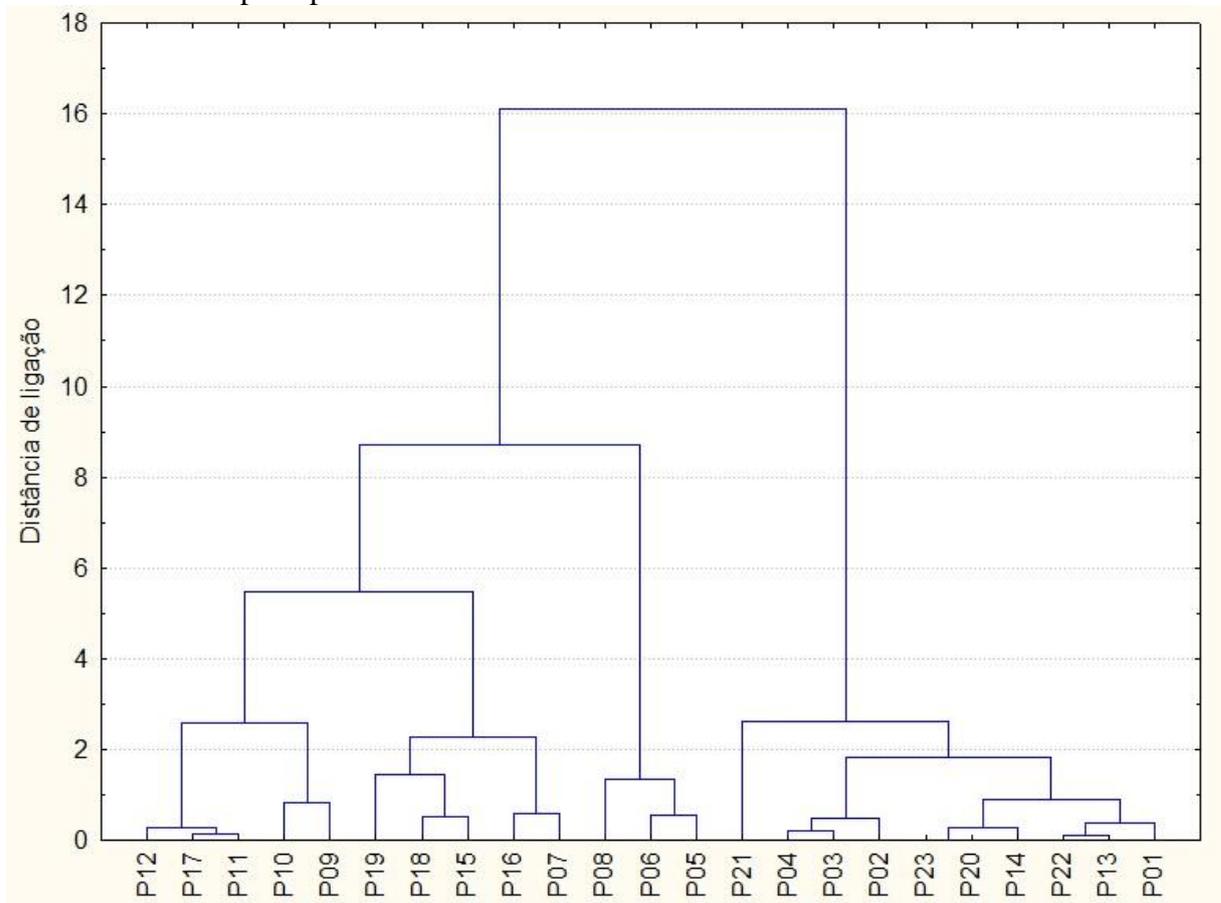
Tabela 3 – Medidas de profundidade do solo e pH por parcela amostral no fragmento florestal de Itaara, RS.

<b>Parcela</b>	<b>Profundidade</b>	<b>pH</b>
P01	10,00	5,64
P02	10,00	6,07
P03	20,00	5,99
P04	15,00	6,01
P05	90,00	5,18
P06	90,00	5,40
P07	50,00	5,14
P08	90,00	4,83
P09	15,00	5,21
P10	15,00	4,87
P11	15,00	5,53
P12	20,00	5,55
P13	10,00	5,79
P14	15,00	5,89
P15	40,00	5,72
P16	45,00	5,31
P17	15,00	5,58
P18	50,00	5,65
P19	70,00	5,55
P20	10,00	5,88
P21	10,00	6,52
P22	10,00	5,75
P23	10,00	5,87

Fonte: autora.

A técnica de Análise de Agrupamento foi testada utilizando diversas medidas de similaridade e processos de agrupamento, sendo que o dendrograma selecionado como o mais representativo dos dados está representado na Figura 5, cuja medida de similaridade usada foi a distância de *city-block* e o método de ligação, o método de Ward.

Figura 5 – Dendrograma de agrupamento das parcelas do fragmento florestal pelas variáveis de solo pH e profundidade.



Fonte: autora.

Para definir a separação dos grupos formados no dendrograma da Figura 5, foram observadas as distâncias de ligação entre as parcelas, representadas no gráfico da Figura 6, e feito um corte no passo que ocorreu o primeiro ponto de salto maior na distância de ligação em comparação com as demais.

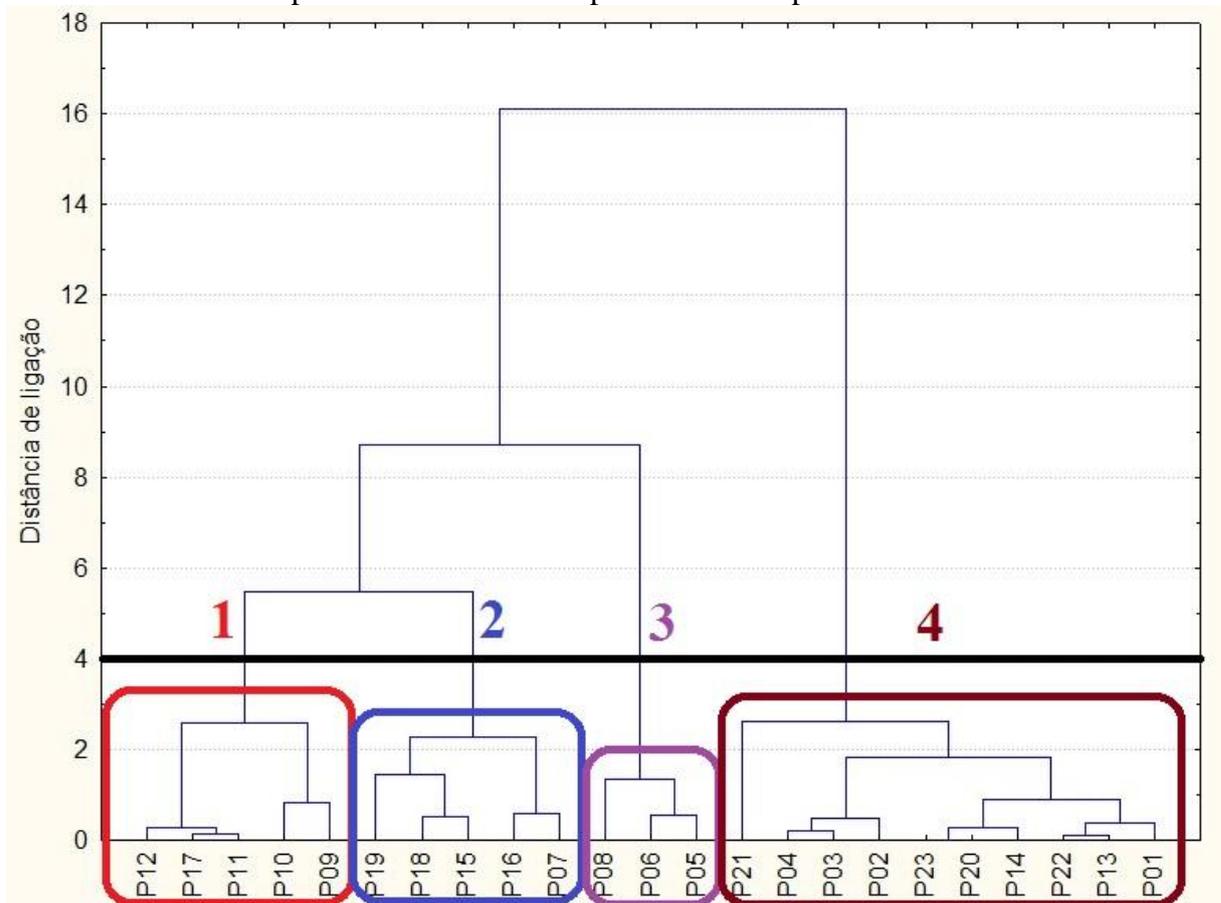
Figura 6 – Gráfico das distâncias de ligação em cada passo da formação dos grupos.



Fonte: autora.

Verifica-se que o ponto que ocorreu o primeiro salto na distância de ligação foi entre as distâncias 2,5 a 5,5, aproximadamente, indicadas como ponto de grande salto no gráfico de distâncias de ligação por passo (Figura 6). Dessa forma, o corte no dendrograma é feito entre essas distâncias, resultando na formação de 4 diferentes grupos de parcelas, como se observa na Figura 7.

Figura 7 – Separação dos grupos no dendrograma de agrupamento das parcelas do fragmento florestal pelas variáveis de solo profundidade e pH.



Fonte: autora.

A partir do dendrograma da Figura 7, observa-se que o terceiro grupo é o mais homogêneo dos grupos, apresentando as menores distâncias de ligação entre as parcelas, seguido pelo grupo 2. O grupo 4 também é formado por parcelas ligadas por pequenas distâncias de ligação, sobressaindo a parcela 21, ligada por último nesse grupo, portanto menos semelhante dentro do grupo. Observa-se que os grupos 1 e 2 são os mais semelhantes entre os grupos, pois exibem uma distância de ligação relativamente pequena, e o grupo 4 é o mais diferente dos grupos, pois apresenta a maior distância de ligação aos demais grupos.

Os grupos formados apresentam diferentes números de parcelas, sendo que os grupos 1 e 2 possuem 5 parcelas cada; o grupo 3, somente 3 parcelas e o grupo 4 é o maior grupo, com 10 parcelas. As médias das variáveis de cada grupo estão apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Número de parcelas e médias das variáveis profundidade e pH por grupo.

	<b>Nº parcelas</b>	<b>Profundidade (cm)</b>	<b>pH</b>
Grupo 1	5	51,00	5,47
Grupo 2	5	16,00	5,35
Grupo 3	3	90,00	5,14
Grupo 4	10	11,30	5,94

Fonte: autora.

Na Tabela 4 observa-se que o grupo 3 apresentou a menor média de pH, de 5,14, classificado como fortemente ácido, conforme critério da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2006), e a maior média de profundidade, de 90cm, enquanto que o grupo 4 tem a maior média de pH, de 5,94, classificado como moderadamente ácido, assim como a menor profundidade, de 11,30cm apenas. Logo, os grupos 3 e 4 são os mais diferentes entre si em relação às características do solo e são formados por um único tipo de solo, o Argissolo Vermelho e o Neossolo Litólico, respectivamente.

Os grupos 1 e 2 apresentaram os valores intermediários das variáveis de solo, sendo o grupo 1 mais profundo, com 51cm de profundidade e classificado como moderadamente ácido e grupo 2 mais raso, com 16cm de profundidade e pH fortemente ácido, de 5,35. O grupo 1 é formado por parcelas com solos classificados como Neossolo Litólico, Neossolo Regolítico, este aparecendo em associação com o primeiro na maior parte da área do grupo (3 parcelas), e Cambissolo Háplico, classificado em apenas uma parcela e o grupo 2 é formado somente por Neossolo Litólico.

Os Neossolos Litólicos conferem pequena profundidade aos grupos 2 e 4, pois são solos constituídos por material mineral, ou por material orgânico pouco espesso, que não apresentam alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos, seja em razão de características inerentes ao próprio material de origem, como maior resistência ao intemperismo ou composição químico-mineralógica, ou por influência dos demais fatores de formação (clima, relevo ou tempo), que podem impedir ou limitar a evolução dos solos (EMBRAPA, 2006).

#### 5.4 COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA E ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO ENTRE OS DIFERENTES GRUPOS PEDOLÓGICOS

O número de indivíduos e espécies amostrados por grupo estão resumidos na Tabela 5. Os grupos apresentaram diferentes números de indivíduos, conforme o tamanho da área amostral de cada um, em que o maior grupo, grupo 4, apresentou 413 indivíduos em 10 parcelas e o menor grupo, grupo 3, 115 indivíduos em 3 parcelas. Quando estimada a densidade de indivíduos por hectare, o grupo 1 mostra-se como o mais denso de todos, com 2100ind/ha, entretanto não difere muito dos grupos 2 e 4, e o grupo 3 aparece com a menor densidade, de 1917ind/ha. O número de espécies também varia entre os grupos, onde o grupo 3 é o mais pobre em espécies, com 26 espécies, e o grupo 4, o mais rico, com 55 espécies, o que pode ser explicado pela diferença da superfície amostral dos grupos. No entanto, nota-se que o grupo 2 apresentou mais espécies que o grupo 1, apesar de possuírem o mesmo tamanho de área amostral, demonstrando, dessa forma, maior riqueza florística no grupo 2 em comparação ao grupo 1.

Tabela 5 – Número de parcelas, indivíduos, indivíduos por hectare e espécies por grupo, encontrados no levantamento da vegetação no fragmento florestal de Itaara, RS.

	<b>Nº parcelas</b>	<b>Indivíduos</b>	<b>Ind/ha</b>	<b>Espécies</b>
Grupo 1	5	210	2100	33
Grupo 2	5	206	2060	41
Grupo 3	3	115	1917	26
Grupo 4	10	413	2065	55

Fonte: autora.

A caracterização da estrutura horizontal da vegetação da floresta foi calculada por grupo a partir do cálculo dos parâmetros fitossociológicos: Densidade absoluta (DA), Densidade relativa (DR), Dominância absoluta (DoA), Dominância relativa (DoR), Frequência absoluta (FA), Frequência relativa (FR) e Valor de importância (VI).

As espécies mais representativas de cada grupo estão descritas pelos parâmetros fitossociológicos na Tabela 6, de acordo e ordem decrescente das medidas do valor de importância (VI) de cada espécie.

Tabela 6 – Parâmetros fitossociológicos das espécies amostradas no fragmento florestal, classificadas em ordem decrescente de valor de importância por grupo.

	<b>Espécie</b>	<b>N</b>	<b>FA</b>	<b>G</b>	<b>DoR</b>	<b>DR</b>	<b>VI</b>
<b>Grupo 1</b>	<i>Lithrea molleoides</i>	25	7,25	0,84864	23,02	11,90	42,17
	<i>Casearia sylvestris</i>	43	7,25	0,40058	10,87	20,48	38,59
	<i>Helietta apiculata</i>	26	7,25	0,41534	11,27	12,38	30,90
	<i>Luehea divaricata</i>	16	7,25	0,31972	8,67	7,62	23,54
	<i>Ilex brevicuspis</i>	2	2,90	0,48403	13,13	0,95	16,98
	<i>Myrsine umbellata</i>	19	4,35	0,11887	3,22	9,05	16,62
	<i>Quillaja brasiliensis</i>	7	4,35	0,31118	8,44	3,33	16,12
	<i>Matayba elaeagnoides</i>	14	5,80	0,10095	2,74	6,67	15,20
	Outras (25 espécies)	58	53,62	0,68667	18,63	27,62	99,87
<b>Grupo 2</b>	<i>Lithrea molleoides</i>	29	5,62	1,04197	29,10	14,08	48,80
	<i>Helietta apiculata</i>	22	5,62	0,51072	14,26	10,68	30,56
	<i>Casearia sylvestris</i>	28	5,62	0,21611	6,04	13,59	25,25
	<i>Ilex brevicuspis</i>	7	3,37	0,52193	14,58	3,40	21,35
	<i>Quillaja brasiliensis</i>	7	5,62	0,39408	11,01	3,40	20,02
	<i>Myrsine umbellata</i>	22	5,62	0,12680	3,54	10,68	19,84
	<i>Parapiptadenia rigida</i>	11	5,62	0,14800	4,13	5,34	15,09
	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	7	3,37	0,02264	0,63	3,40	7,40
	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	4	4,49	0,02468	0,69	1,94	7,13
Outras (32 espécies)	69	55,06	0,57370	16,02	33,50	104,57	
<b>Grupo 3</b>	<i>Lithrea molleoides</i>	23	6,98	0,73620	35,20	20,00	62,18
	<i>Vitex megapotamica</i>	17	6,98	0,11725	5,61	14,78	27,37
	<i>Casearia sylvestris</i>	16	6,98	0,11577	5,54	13,91	26,43
	<i>Myrsine umbellata</i>	14	6,98	0,11552	5,52	12,17	24,67
	<i>Ilex brevicuspis</i>	3	4,65	0,31150	14,90	2,61	22,16
	<i>Matayba elaeagnoides</i>	4	4,65	0,23117	11,05	3,48	19,18
	<i>Eugenia involucrata</i>	6	6,98	0,03678	1,76	5,22	13,95
	<i>Helietta apiculata</i>	4	4,65	0,10545	5,04	3,48	13,17
	<i>Quillaja brasiliensis</i>	2	4,65	0,06664	3,19	1,74	9,58
Outras (17 espécies)	26	46,51	0,25493	12,19	22,61	81,31	
<b>Grupo 4</b>	<i>Lithrea molleoides</i>	38	6,25	1,50426	18,02	9,20	33,47
	<i>Helietta apiculata</i>	36	5,63	1,50090	17,97	8,72	32,32
	<i>Casearia sylvestris</i>	67	5,63	0,49593	5,94	16,22	27,79
	<i>Myrsine umbellata</i>	32	4,38	0,21864	2,62	7,75	14,74
	<i>Luehea divaricata</i>	20	4,38	0,25095	3,01	4,84	12,22
	<i>Ocotea pulchella</i>	7	2,50	0,57432	6,88	1,69	11,07
	<i>Allophylus edulis</i>	22	3,75	0,15947	1,91	5,33	10,99
	<i>Diospyros inconstans</i>	14	4,38	0,22328	2,67	3,39	10,44
	<i>Ilex brevicuspis</i>	4	1,88	0,62510	7,49	0,97	10,33
	<i>Quillaja brasiliensis</i>	6	2,50	0,49218	5,89	1,45	9,85
	<i>Erythroxylum deciduum</i>	12	2,50	0,24860	2,98	2,91	8,38
	<i>Citronella paniculata</i>	13	3,13	0,10268	1,23	3,15	7,50
	Outras (43 espécies)	142	53,13	1,95373	23,40	34,38	110,91

Onde: N = número de indivíduos, FA = frequência absoluta, g = área basal, DoR = dominância relativa, DR = densidade relativa e VI = valor de importância.

Fonte: autora.

Analisando a estrutura da vegetação dos diferentes grupos, observa-se que as espécies *Casearia sylvestris*, *Lithrea molleoides*, *Helieta apiculata* e *Myrsine umbellata* possuem valores de importância (VI) altos em todos os grupos, ou seja, são representativas de toda a área amostral da floresta e não apresentam preferências pedológicas de pH e profundidade do solo. Essas espécies são características das florestas estacionais em processo de regeneração, encontradas também entre as mais importantes no trabalho de Longhi et al. (1999), em um fragmento florestal em Santa Maria.

Devido à distribuição espacial e à plasticidade dessas espécies, sem exibir preferências a condições específicas do substrato, elas tornam-se importantes à restauração ecológica de áreas degradadas, influenciando positivamente a intensidade luminosa no sub-bosque e o estabelecimento de outras espécies na área a ser restaurada ou enriquecida.

A importância dessas espécies evidencia, ainda, que a área amostral abrange um fragmento em estágio inicial a intermediário de sucessão florestal, fato corroborado pela ausência ou presença rara de espécies comuns da Floresta Estacional Subtropical, como *Trichilia clausenii*, *Sorocea bonplandii*, *Myrcianthes pungens* e *Actinostemon concolor*, que são espécies esciófilas, de menor adaptabilidade em ambiente de maior luminosidade no interior da floresta, e típicas de floresta em estágio avançado de regeneração (SCIPIONI et al., 2012).

As espécies *Ilex brevicuspis* e *Quillaja brasiliensis* também apresentaram valores de VI relativamente altos em todos os grupos, destacando-se mais pela alta dominância e área basal que possuem.

*Luehea divaricata* destaca-se com alto VI nos grupos 1 e 4, demonstrando provável preferência por solos menos ácidos. Da mesma forma, pode-se dizer que as espécies *Parapiptadenia rigida*, *Blepharocalyx salicifolius* e *Zanthoxylum rhoifolium* também são influenciadas pelo pH do solo, mas comportam-se de maneira inversa, com preferência por solos mais ácidos, bem como rasos, sendo representativas do grupo 2.

Espécies que demonstram preferência por solos mais profundos são *Vitex megapotamica* e *Eugenia involucrata*, representativas do grupo 3 e *Matayba elaeagnoides*, representativa também do grupo 3 e do grupo 1.

Conforme Brun, Brun e Longhi (2011), *Matayba elaeagnoides* apresenta alto potencial de acumulação de carbono no solo, característica muito importante de espécies utilizadas em projetos de restauração e sequestro de carbono.

As espécies *Ocotea pulchella*, *Allophylus edulis*, *Diospyros inconstans*, *Erythroxylum deciduum* e *Citronella paniculata* aparecem como representativas do grupo 4 e, provavelmente, possuem preferência por solos rasos e menos ácidos.

Para comparar as medidas dendrométricas da vegetação entre os grupos, aplicou-se o teste de *Kruskal-wallis*. Os dados usados estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Valores das medianas da altura de copa, altura total, diâmetro e área basal, e densidade e número de espécies por unidade amostral organizados por grupos.

<b>Grupo</b>	<b>Copa</b>	<b>h</b>	<b>DAP</b>	<b>G</b>	<b>n</b>	<b>sp</b>
1	3	8,4	9,50	0,007101	54	15
1	2	8,5	9,76	0,007476	40	16
1	2	8,9	11,87	0,011077	32	13
1	2	8,3	10,32	0,008403	48	14
1	2,25	8,4	10,28	0,008307	36	18
2	2,4	8,5	8,99	0,006351	40	17
2	2,5	9,2	10,76	0,009091	33	22
2	2,3	8,8	8,44	0,005588	41	14
2	2,25	8,7	9,86	0,007663	46	21
2	1,8	7,8	9,17	0,006606	46	18
3	2,2	8,7	10,19	0,008149	45	9
3	3,5	9,6	9,41	0,006949	20	16
3	2,8	8,15	9,74	0,007453	50	8
4	1,8	7,75	9,15	0,00659	42	10
4	1,9	7,2	9,22	0,006671	54	17
4	2,2	7,55	9,69	0,00738	34	14
4	2	7,3	7,78	0,004753	43	14
4	1,8	6,85	8,04	0,005081	32	15
4	2	8	10,63	0,008877	31	16
4	1,5	8,5	9,50	0,007092	46	20
4	1,5	7,8	9,87	0,007647	39	18
4	1,5	7,5	9,99	0,007846	49	20
4	1,5	7,2	8,76	0,006031	43	16

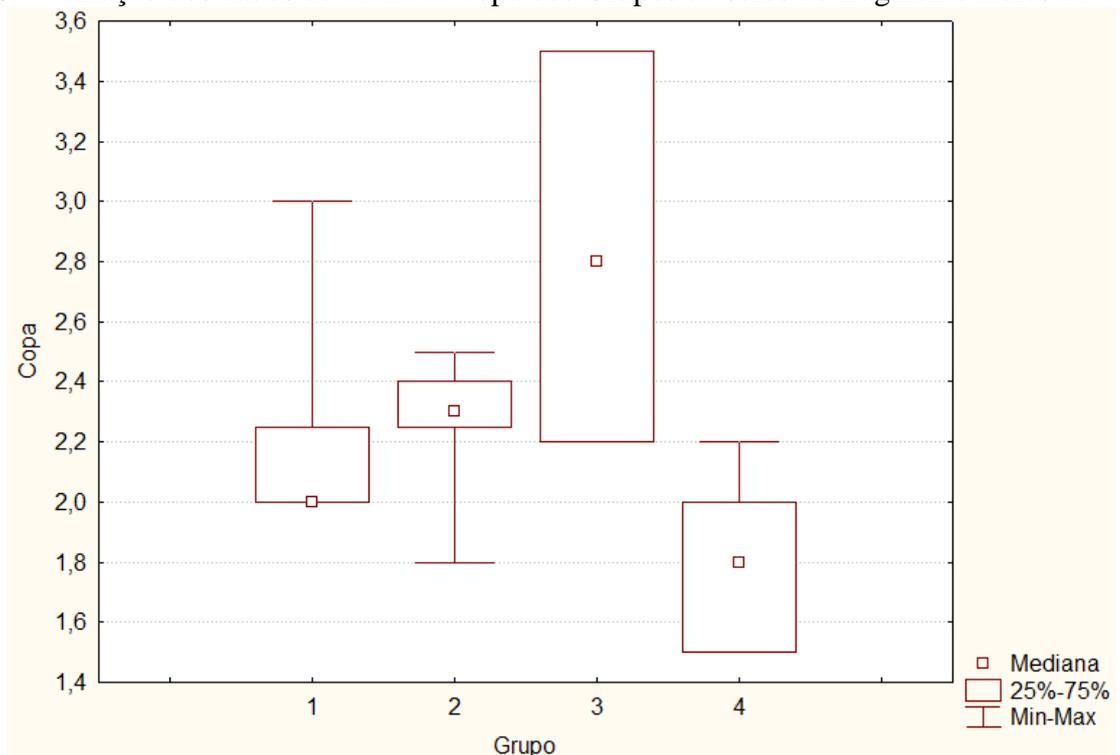
Onde: h = altura total, DAP = diâmetro à altura do peito, g = área basal, n = densidade e sp = número de espécies.

Fonte: autora.

O teste de *Kruskal-wallis* revelou que somente as variáveis altura de copa e altura total diferiram significamente entre os Grupos, em que o tamanho de copa diferiu entre os grupos 3 e 4 (p-valor = 0,024) e a altura foi diferente entre os grupos 2 e 4 (p-valor = 0,023).

A variação dos valores de tamanho de copa entre os grupos está representada pelo gráfico *boxplot* da Figura 8.

Figura 8 – Variação dos dados de altura de copa dos Grupos de solos do fragmento florestal.



Fonte: autora.

Observa-se, na Figura 8, que os Grupos apresentam medianas distintas de tamanho de copa e o grupo 3 se destaca pela maior amplitude dos dados e os maiores valores de tamanho de copa, enquanto que o grupo 4 apresenta os menores tamanhos de copa.

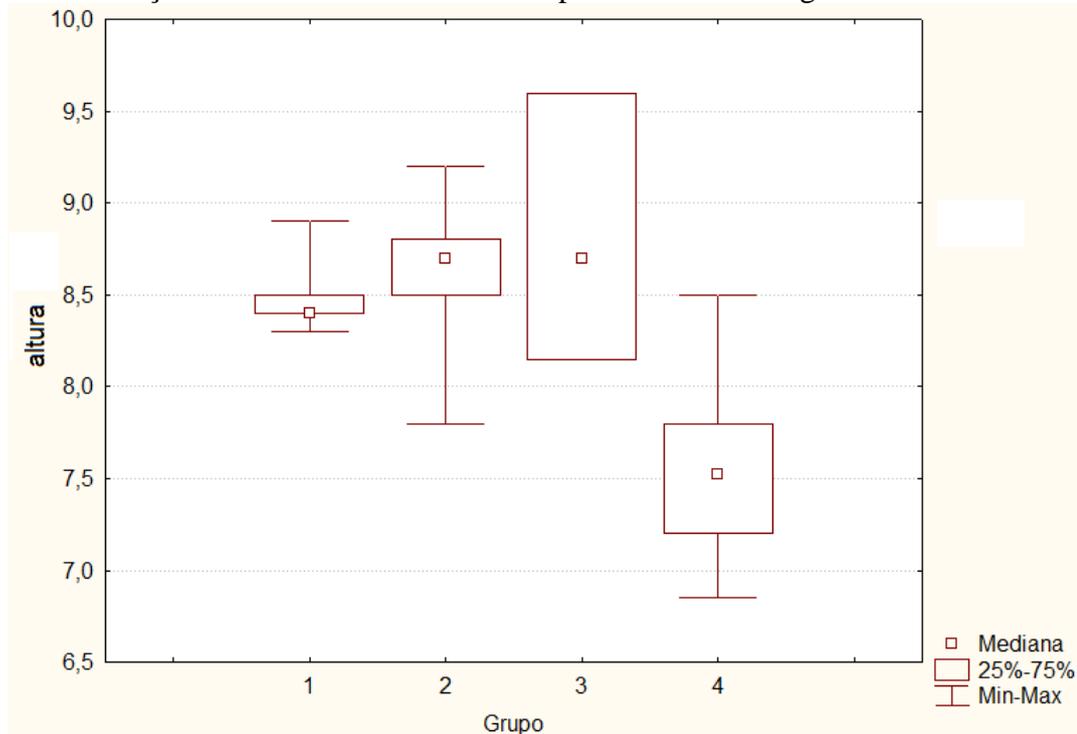
Considerando os dados de profundidade e pH dos grupos 3 e 4, verifica-se que as maiores copas ocorrem nas parcelas com solos mais profundos e mais ácidos e, de maneira inversa, as menores copas ocorrem nos solos mais rasos e menos ácidos.

Os resultados encontrados podem indicar que a vegetação em solos mais profundos desenvolva um sistema radicular mais profundo, que possua maior capacidade de suportar copas maiores, e invista em maior aporte de energia na produção de folheto.

Em contrapartida, a vegetação ao extrair grandes quantidades de nutrientes do solo, necessários ao seu desenvolvimento, exportam cátions do solo e ocorre a liberação de íons  $H^+$ , o que pode explicar o padrão de pH mais ácido nos locais de árvores com maiores copas (GIÁCOMO et al., 2015).

A variação dos valores de altura entre os grupos está representada pelo gráfico *boxplot* da Figura 9.

Figura 9 – Variação dos dados de altura dos Grupos de solos do fragmento florestal.



Fonte: autora.

As medianas dos valores de altura total são semelhantes entre os grupos 1, 2 e 3 e diferentes do grupo 4, de menor valor (Figura 9). Observa-se que os valores de altura são menos dispersos nos grupos 1 e 2, e muito mais dispersos no grupo 3. O grupo 4 é o que apresenta os menores valores de altura, com valor máximo de 8,5cm, enquanto que o grupo 3 apresenta as árvores mais altas, com valor máximo de 9,6cm.

A diferença significativa dos valores de altura entre os grupos 2 e 4 pode ser explicada pela diferença de pH entre os grupos, já que são Grupos de mesmo tipo de solo e de solos rasos. Assim, as maiores alturas aparecem nos solos de pH mais ácido, despontadas nos grupos 2 e 3, e as menores alturas ocorrem nos solos de pH mais alto, no grupo 4.

Oliveira-Filho et al. (2004) também acharam diferenças de acidez em unidades amostrais sobre o mesmo tipo de solo, Neossolos Litólicos, da mesma forma que as distribuições da densidade de árvores por classes de altura foram diferentes entre diferentes classes de solo.

Em estudo na encosta de um morro na Floresta Estacional Semidecídua Montana em Lavras – MG, Espírito-Santo et al. (2002) também encontraram diferenças marcantes na distribuição de alturas entre os grupos de solos diferentes, influenciadas pela disponibilidade de água e fertilidade, com árvores mais baixas em locais com maior disponibilidade de água e mais ricos em nutrientes e densidade de árvores de altura mais elevada aumentando no sentido de fertilidade decrescente e drenagem mais forte.

Pode-se extrapolar o resultado encontrado pelos autores para o presente estudo, no sentido de que os locais com maiores valores de pH amostrados também são os locais com maiores valores de matéria orgânica e bases trocáveis e vice-versa (DULLIUS, 2012).

Espírito-Santo et al. (2002) explicam que o comportamento do crescimento em altura das árvores é devido ao desenvolvimento do sub-bosque, em que nos sítios de solos mais pobres e secos, o sub-bosque é menos denso e provavelmente propicia uma competição mais relaxada entre as árvores, favorecendo seu crescimento até o dossel. Além disso, as árvores do dossel são mais delgadas, preenchendo espaços menores de competição que nos sítios de solos mais ricos e úmidos.

Dullius (2012) realizou a distribuição de alturas das espécies com mais de 10 indivíduos amostrados na floresta, em que destacaram-se como espécies mais altas *Ilex brevicuspis*, *Lithrea molleoides*, com grande amplitude de valores, e *Quillaja brasiliensis*. A maioria das espécies apresentaram porte médio e algumas apresentaram pequenas alturas, como *Cupania vernalis*, *Citronella paniculata*, *Allophylus edulis* e *Diospyros inconstans*. Lembra-se que as últimas espécies, de menores alturas, foram representativas do grupo 4, demonstrado anteriormente pelos valores do Índice de Importância (VI), confirmando, dessa forma, a relação das espécies com os solos rasos e moderadamente ácidos.

De maneira geral, a floresta secundária amostrada é representada por uma floresta de porte baixo, com poucos indivíduos ultrapassando 15m de altura e alguns característicos do sub-bosque, sem a formação de estratos definidos, sendo considerada uma floresta secundária jovem.

Logo, o fragmento florestal estudado é constituído por uma floresta jovem, porém com espécies adaptadas ao ambiente e importantes na estabilização da área de encosta, com declividade acentuada e solos pouco profundos.

## 6 CONCLUSÕES

O emprego da Análise de Agrupamento permitiu separar grupos de solos de acordo com as variáveis analisadas e associar os dados da comunidade arbórea a esses grupos.

A estrutura fisionômica e comunitária da vegetação do fragmento florestal se mostrou influenciada pelas diferentes condições de solos avaliadas, visto que diferenças nos parâmetros da vegetação foram encontradas entre os diferentes grupos pedológicos. Nos solos mais profundos e mais ácidos, a vegetação apresentou incrementos maiores de copa. E a acidez do solo ainda mostrou relação com o crescimento em altura da comunidade arbórea, de forma que a maior acidez do solo favoreceu o crescimento vertical da vegetação arbórea.

A distribuição de espécies do fragmento florestal estudado também foi influenciada pelas características dos solos. As espécies *Allophylus edulis*, *Citronella paniculata*, *Diospyros inconstans*, *Erythroxylum deciduum*, *Luehea divaricata* e *Ocotea pulchella* exibiram preferência por solos menos ácidos, enquanto que as espécies *Parapiptadenia rigida*, *Blepharocalyx salicifolius* e *Zanthoxylum rhoifolium* destacaram-se em solos mais ácidos e rasos. Nos solos mais profundos destacaram-se as espécies *Vitex megapotamica*, *Eugenia involucrata* e *Matayba elaeagnoides*, como associadas a maior profundidade do solo.

Esses resultados auxiliam a entender as relações existentes entre a vegetação e o substrato da comunidade florestal. Tal conhecimento é fundamental no planejamento da conservação dos recursos naturais e restauração ambiental e na avaliação da eficácia de planos de manejo em outras áreas semelhantes.

De maneira geral, o fragmento florestal analisado constitui uma floresta jovem com estrutura e composição de espécies diferentes das florestas primárias típicas da Floresta Estacional Subtropical. Contudo, apresentam alta densidade e diversidade de espécies, adaptadas ao ambiente frágil da encosta, revelando a importância da sua conservação.

Dessa forma, o futuro monitoramento da vegetação do fragmento florestal torna-se importantíssimo para a maior compreensão do transcurso da sucessão e dinâmica florestal e da sua relação com a variação do ambiente.

Outras variáveis ambientais não avaliadas nesse estudo, ou combinações mais complexas entre elas, também influenciam na ocorrência, distribuição e estrutura de espécies de diferentes maneiras e intensidades, podendo também ser consideradas em outros estudos de relação entre as variações ambientais e os ecossistemas florestais.

E na interpretação dessas associações entre a distribuição de espécies em consonância com as variáveis ambientais é preciso cautela, pois variáveis fundamentais, como as

condições de luz e água e os fatores de dispersão das espécies, nem sempre são facilmente perceptíveis ou mensuráveis. Além disso, as espécies são sensíveis às variáveis ambientais de uma forma interativa, além de responder a elas num ambiente de competição entre espécies.

Sugere-se, ainda, estudos em florestas do mesmo tipo florestal em diversas áreas, a fim de afirmar conclusões semelhantes sobre a distribuição de espécies face a variáveis ambientais e obter generalizações de padrões convergentes.

## REFERÊNCIAS

ALBERTI, L. F. et al. Padrão fenológico de árvores e a relação com o clima em floresta estacional no Sul do Brasil. In: SCHUMMACHER et al. (Orgs.). **A Floresta Estacional Subtropical**: caracterização e ecologia no rebordo do Planalto Meridional. Santa Maria: Pallotti, 2011. cap. 6, p.105-119.

AVILA, A. L. et al. Caracterização da vegetação e espécies para recuperação de mata ciliar, Ijuí, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 251-260, 2011. Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cienciaflorestal/article/view/3229>>. Acesso em: 20 nov. 2015.

BERNACCI, L. C. et al. O efeito da fragmentação florestal na composição e riqueza de árvores na região da Reserva Morro Grande (Planalto de Ibiúna). **Revista do Instituto Florestal**, v.18, n. único, p.121-166, 2006. Disponível em: <[http://www.iflorestal.sp.gov.br/publicacoes/revista\\_if/rev18-unicopdf/RIF18.pdf](http://www.iflorestal.sp.gov.br/publicacoes/revista_if/rev18-unicopdf/RIF18.pdf)>. Acesso em: 06 jan. 2016.

BOTREL, R. T. et al. Influência do solo e topografia sobre as variações da composição florística e estrutura da comunidade arbórea-arbustiva de uma floresta estacional semidecidual em Ingaí, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, n.2, p. 195-213, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbb/v25n2/11455.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2015.

BUDKE, J.C. et al. Florística e fitossociologia do componente arbóreo de uma floresta ribeirinha, arroio Passo das Tropas, Santa Maria, RS, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v.18, n.3, p.581-589, 2004. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-33062004000300016](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-33062004000300016)>. Acesso em: 10 dez. 2015.

BRUN, K. G. F.; BRUN, J. E.; LONGHI, L. S. Potencial de sequestro de carbono em espécies arbóreas nativas em Santa Tereza. In: SCHUMACHER, M. V. et al. (Org.). **A Floresta Estacional Subtropical**: caracterização e ecologia no rebordo do Planalto Meridional. Santa Maria: Pallotti, 2011. p.249-272.

CALLEGARO, R. M.; ARAÚJO, M. M.; LONGHI, S. J. Fitossociologia de agrupamentos em Floresta Estacional Decidual no Parque Estadual Quarta Colônia, Agudo-RS. **Rev. Bras. Ciênc. Agrár. Recife**, v. 9, n. 4, p. 590-598, 2014. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/1190/119032902019.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

CARVALHO, D. A. et al. Distribuição de espécies arbóreo-arbustivas ao longo de um gradiente de solos e topografia em um trecho de floresta ripária do Rio São Francisco em Três Marias, MG, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 28, n.2, p. 329-345, 2005. Disponível em: <<http://prof.icb.ufmg.br/treetlan/Downloads/a93.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2015.

COSTA, M. P. et al. Estrutura e diversidade da comunidade arbórea de uma Floresta Superomontana, no Planalto de Poços de Caldas (MG). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 711-725, 2011. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53421707010>>. Acesso em: 20 nov. 2015.

DALANESI, P. E.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; FONTES, M. A. L. Flora e estrutura do componente arbóreo da floresta do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG, e correlações entre distribuição das espécies e variáveis ambientais. **Acta Botanica Brasílica**, São Paulo, v.18, n.4, p.737-757, 2004. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-33062004000400005](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-33062004000400005)>. Acesso em: 20 nov. 2015.

DALMOLIN, R. S. D.; PEDRON, F. de A. Distribuição dos solos no ambiente. In: FÓRUM SOLOS & AMBIENTE, 1., 2004, Santa Maria. **Solos & Ambiente**. Santa Maria: Editora Pallotti, 2004.

DILL, P. R. J. **Gestão ambiental em bacias hidrográficas**. 2007. 160f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

DULLIUS, M. **Vegetação e solos de uma Floresta Estacional do Rio Grande do Sul**. 2012. 127 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

DURIGAN, G. Estrutura e Diversidade de Comunidades Florestais. In: MARTINS, S. V. (Ed.) **Ecologia de florestas tropicais do Brasil**. Viçosa: Editora UFV, Universidade federal de Viçosa, 2009.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2. ed. ver. atualiz. Rio de Janeiro: 1997. 212p. il. (EMBRAPA/CNPS-RJ. Documentos, 1).

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema de Classificação Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: 2006.

ESPÍRITO-SANTO, F. D. B. et al. Variáveis ambientais e a distribuição de espécies arbóreas em um remanescente de Floresta Estacional Semidecídua Montana no campus da Universidade Federal de Lavras, MG. **Acta Botanica Brasílica**, São Paulo, v. 16, n. 3, p. 331-356, 2002. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-33062002000300006](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-33062002000300006)>. Acesso em: 15 dez. 2015.

FAGUNDES, L. M. et al. Florística e estrutura do estrato arbóreo de dois fragmentos de florestas decíduas às margens do rio Grande, em Alpinópolis e Passos, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 65-78, 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=s0102-33062007000100007&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=s0102-33062007000100007&script=sci_arttext)>. Acesso em: 20 nov. 2015.

FÁVERO, L. P. et al. **Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

FELFILI, J. M.; REZENDE, R. P. **Conceitos e métodos em fitossociologia**. Brasília: UNB, 2003. (Comunicações técnicas florestais, 1).

FELFILI, J. M.; VENTUROLI, F. **Tópicos em análise da vegetação**. Brasília: Universidade de Brasília, 2000.

FERREIRA, D. F. **Análise multivariada**. Lavras, 1996.

FISCHER, J.; LINDENMAYER, D. B. Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. **Global ecology and biogeography**, v.16 (3), p. 265-280. 2007. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1466-8238.2007.00287.x/epdf>> Acesso em: 06 jan. 2016.

**Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2016. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 22 jan. 2016.

FLOSS, P. A. **Aspectos ecológicos e fitossociológicos no entorno de nascentes em formações florestais do oeste de Santa Catarina**. 2011. 154f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

GIÁCOMO, R. G. et al. Atributos químicos e físicos do solo, estoques de carbono e nitrogênio e frações húmicas em diferentes formações vegetais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 3, p. 617-631, jul.-set., 2015. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53441497008>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

GIEHL, E. L. H.; JARENKOW, J. A. Gradiente estrutural no componente arbóreo e relação com inundações em uma floresta ribeirinha, rio Uruguai, sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 22, n. 3, p.741-753, 2008. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-33062008000300012](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-33062008000300012)>. Acesso em: 20 nov. 2015.

GOTELLI, N. J.; ELLISON, A. M. **Princípios de estatística em ecologia**. Porto Alegre: Artmed, 2011.

HAIR, J. F. et al. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HECK, D. F. **Caracterização fitossociológica do componente arbóreo de um fragmento de floresta estacional decidual no noroeste do Rio Grande do Sul**. 2006. Relatório de estágio (Curso de Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

HIGUCHI, P. et al. 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, 2012. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/534/53423372008.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2015.

JARENKOW, J. A.; WAECHTER, J. L. Composição, estrutura e relações florísticas do componente arbóreo de uma floresta estacional no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 263-272, 2001. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-84042001000300004](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-84042001000300004)>. Acesso em: 20 nov. 2015.

JOLY C.; METZGER, J. P.; TABARELLI, M. Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: ecological findings and conservation initiatives. **New Phytol**, v.204:459–473,

2014. Disponível em <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/nph.12989/pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

KENT, M.; COKER, P. **Vegetation description and analysis**. London: Behaven Press., 1992.

KLEIN, R. M. Aspectos fitofisionômicos da Floresta Estacional na fralda da Serra Geral (RS). In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 34, Porto Alegre, 1983. **Anais...**, Porto Alegre: UFRGS, 1983. p.73-110.

KOTCHETKOFF-HENRIQUES, O.; JOLY, C. A.; BERNACCI, L. C. Relação entre o Solo e a Composição Florística de Remanescentes de Vegetação Natural no Município de Ribeirão Preto, SP. **Revista Brasil. Bot.**, v. 28, n. 3, p. 541-562, jul.-set. 2005. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/rbb/v28n3/29004.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2015.

KUNIYOSHI, Y; RODERJAN, C. **Vegetação: formações florestais do Brasil**. Curitiba: UFPR, 1987 (Cadernos Técnicos FUPEF).

LIMA, R. A. F. de, et al. How much do we know about the endangered Atlantic Forest? Reviewing nearly 70 years of information on tree community surveys. **Biodiversity and Conservation**. v. 24, n. 9, p. 2135-48. set. 2015. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s10531-015-0953-1#page-1>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

LONGHI, S. J. et al. Composição florística e estrutura da comunidade arbórea de um fragmento florestal no município de Santa Maria-Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, n.1, p.115-133, 1999. Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cienciaflorestal/article/view/371>>. Acesso em: 20 nov. 2015.

MACHADO, E. L. M. et al. Efeitos do substrato, bordas e proximidade espacial na estrutura da comunidade arbórea de um fragmento florestal em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 287-302, 2008. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-84042008000200011&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-84042008000200011&script=sci_arttext)>. Acesso em: 20 nov. 2015.

MARCUZZO, S. B.; ARAÚJO, M. M.; LONGHI, S. J. Estrutura e relações ambientais de grupos florísticos em fragmento de floresta estacional subtropical. **Revista Árvore**. Viçosa-MG, v.37, n.2, p.275-287, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v37n2/09.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

MARTINS, S. V. et al. Distribuição de espécies arbóreas em um gradiente topográfico de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.64, p.172-181, 2003. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr64/ca p15.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2105.

MIGUEL, P. **Caracterização pedológica, uso da terra e modelagem da perda de solo em áreas de encosta do rebordo do Planalto do RS**. 2010. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada.** Belo Horizonte, MG: Ed. UFMG, 2007.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961.

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. Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-.2.2/index.php/cienciaflorestal/article/view/1871>>. Acesso em 20: nov. 2015.

NEUMANN, P. S. et al. Agroindústria familiar de massas na região da quarta colônia do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 45., 2007, Londrina, **Anais...** Londrina: SOBER, 2007.

NELSON, D. W.; SOMMERS, L. E. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: SPARKS, D. L. et al. (Eds.) **Methods of soil analysis: chemical methods.** Madison: American Society of America, 1996.

OLIVEIRA-FILHO, A. T. et al. Variações estruturais do compartimento arbóreo de uma floresta semidecídua alto-montana na chapada das Perdizes, Carrancas, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 27, p. 291-309, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbb/v27n2/v27n2a09.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2015.

OLIVEIRA-FILHO, A. T. **TreeAtlas 2.0, Flora arbórea da América do Sul cisandina tropical e subtropical: Um banco de dados envolvendo biogeografia, diversidade e conservação.** Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.

PEDRON, F. A.; DALMOLIN, R. S. D. Solos da região do rebordo do Planalto Meridional no Rio Grande do Sul. In: SCHUMACHER, M. V. et al. (Eds.) **A Floresta Estacional Subtropical - Caracterização e Ecologia no Rebordo do Planalto Meridional.** Santa Maria, RS: Editora Pallotti, 2011.

PILLAR, V. D.; JACQUES, A. V. A.; BOLDRINI, I. I. Fatores ambientais relacionados à variação de um campo natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 8, p. 1089-1101, 1992.

POELKING, E. L. **Aptidão, evolução e conflitos de uso das terras no município de Itaara, RS.** 2007. 67f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

RAMBO, B. **A Fisionomia do Rio Grande do Sul.** 3. ed. São Leopoldo-RS: Unisinos, 2005.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto Madeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Governo do Estado do Rio Grande do Sul, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, SUDESUL, 1988.

REZENDE, C. L. de. et al. Atlantic Forest spontaneous regeneration at landscape scale. **Biodiversity and Conservation**. v. 24, n. 9, p. 2255-72. set. 2015. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10531-015-0980-y>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

RIO GRANDE DO SUL, **Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: SEMA/UFSM/DEFAP/FDF, 2001 (Boletim Informativo).

ROBAINA, L. E. S.; CRISTO, S. S. V.; TRENTIN, R. Considerações geológicas e geomorfológicas sobre o rebordo do Planalto no Rio Grande do Sul. In: SCHUMACHER, M. V. et al. (Eds.) **A Floresta Estacional Subtropical - Caracterização e Ecologia no Rebordo do Planalto Meridional**. Santa Maria, RS: Editora Pallotti, 2011.

RODRIGUES, L. A. et al. Efeitos de solos e topografia sobre a distribuição de espécies arbóreas em um fragmento de floresta estacional semidecidual, em Luminárias, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.1, p.25-35, 2007. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48831104>>. Acesso em: 20 nov. 2015.

ROSSI, M. et al. Relação Solos/vegetação em Área Natural no Parque Estadual de Porto Ferreira, São Paulo: **Rev. Inst. Flor.**, v. 17, n. 1, p. 45-61, jun. 2005. Disponível em: <[https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiPz-bvxIXLAhUMipAKHWRADXgQFggdMAA&url=http%3A%2F%2Fjournaldatabase.info%2Fdownload%2Fpdf%2Frelacao\\_solos\\_vegetacao\\_ar ea\\_natural&usq=AFQjCNFhsCg1f1wvL4rNzcUtxOjN52Bntw&sig2=5Ppb5bHP5J\\_SW1lwjcVrhg](https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiPz-bvxIXLAhUMipAKHWRADXgQFggdMAA&url=http%3A%2F%2Fjournaldatabase.info%2Fdownload%2Fpdf%2Frelacao_solos_vegetacao_ar ea_natural&usq=AFQjCNFhsCg1f1wvL4rNzcUtxOjN52Bntw&sig2=5Ppb5bHP5J_SW1lwjcVrhg)>. Acesso em: 25 nov. 2015.

ROVEDDER, A. P. M. et al. Relação solo-vegetação em remanescente da floresta estacional decidual na Região Central do Rio Grande do Sul. **Ciencia Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 12, p. 2178-2185, Dec. 2014. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782014001202178](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782014001202178)>. Acesso em: 10 jan. 2016.

SANTOS, R. D. et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005.

SCARANO, F. R.; CEOTTO, P. Brazilian Atlantic Forest: impact, vulnerability, and adaptation to climate change. **Biodiversity and Conservation**. v. 24, n. 9, p. 2319-31. set. 2015. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/281491718\\_Brazilian\\_Atlantic\\_forest\\_impact\\_vulnerability\\_and\\_adaptation\\_to\\_climate\\_change](https://www.researchgate.net/publication/281491718_Brazilian_Atlantic_forest_impact_vulnerability_and_adaptation_to_climate_change)>. Acesso em: 10 jan. 2016.

SCCOTI, M. S. V. **Dinâmica da vegetação em remanescente de Floresta Estacional Subtropical**. 2012. 177 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

- SCHAEFER, C. E. G. R. et al. Relações solo-vegetação em alguns ambientes brasileiros: fatores edáficos e florística. In: MARTINS, S. V. (Ed.) **Ecologia de florestas tropicais do Brasil**. Viçosa: Editora UFV. Universidade federal de Viçosa, 2009.
- SCHUMACHER, M. V. et al. (Eds.) **A Floresta Estacional Subtropical - Caracterização e Ecologia no Rebordo do Planalto Meridional**. Santa Maria, RS: Editora Pallotti, 2011.
- SCIPIONI, M. C. **Análise dos padrões florísticos e estruturais da comunidade arbórea-arbustiva e da regeneração natural em gradientes ambientais na floresta estacional, RS, Brasil**. 2008. 89f. Dissertação (Mestrado). Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria.
- SCIPIONI, M. C. et al. Distribuição do compartimento arbóreo em gradiente de relevo e solos na encosta Meridional da Serra Geral, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 6, p. 1295-1301, 2010. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33117724029>>. Acesso em: 20 nov. 2015.
- SCIPIONI, M. C. et al. Análise fitossociológica de um fragmento de Floresta Estacional em uma catena de solos no Morro do Cerrito, Santa Maria, RS. **Ciência Florestal**, v.22, n.3, p.457-466, 2012. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/534/53423738004.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2015.
- SCIPIONI, M. C.; GALVÃO, F.; LONGHI, S. J. Composição florística e estratégias de dispersão e regeneração de grupos florísticos em florestas estacionais decíduais no Rio Grande do Sul. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n.2, p. 241 - 254, 2013. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/floresta/article/view/27098>>. Acesso em: 10 jan. 2016.
- SIMINSKI, A. et al. Sucessão florestal secundária no município de São Pedro de Alcântara, litoral de Santa Catarina: estrutura e diversidade. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 21-33, 2004. Disponível em: <<http://coral.ufsm.br/cienciaflorestal/artigos/v14n1/A4V14N1.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2015.
- SIQUEIRA, A. S.; ARAUJO, G. M.; SCHIAVINI, I. Estrutura do componente arbóreo e características edáficas de dois fragmentos de floresta estacional decidual no vale do rio Araguari, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 23, n. 1, p.10-21, 2009. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-33062009000100003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-33062009000100003&script=sci_arttext)>. Acesso em: 20 nov. 2015.
- SOUZA, J. S. et al. Análise das variações florísticas e estruturais da comunidade arbórea de um fragmento de floresta semidecídua às margens do rio Capivari, Lavras, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 185-206, 2003. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48827209>>. Acesso em: 20 nov. 2015.
- SOUZA, G. et al. Análise da fragmentação florestal da Área De Proteção Ambiental Coqueiral, Coqueiral – MG. **Ciência Florestal**. V.24, p. 631-644, jul.-set., 2014. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53432098011>> Acesso em: 10 jan. 2016.

STATSOFT, Inc. (2004). **STATISTICA** (data analysis software system), version 7.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: EMATER/RS, UFRGS, 2008.

STÜRMER, S. L. K. **Infiltração de água em Neossolos Regolíticos do Rebordo do Planalto do Rio grande do Sul**. 2008.104f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2008.

SÜHS, R. B.; PUTZKE, J.; BUDKE, L. C. Relações florístico-geográficas na estrutura de uma floresta na região central do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 3, p. 635-646, 2010. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/floresta/article/viewArticle/18926>>. Acesso em: 25 nov. 2015.

TER BRAAK, C. J. F. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector method for multivariate direct gradient analysis. **Ecology**, v. 67, p. 1167-1179, 1986.

VACCARO, S; LONGHI, S. J.; BRENA, D. 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. Disponível em: <[http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cien\\_ciaflorestal/article/view/360](http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cien_ciaflorestal/article/view/360)>. Acesso em: 20 nov. 2015.

VALENTIN, J. L. **Ecologia numérica**: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos. Rio de Janeiro: Interciência, 2000.

VELOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

VICINI, L; SOUZA, A. M. **Análise multivariada da teoria à prática**. Santa Maria: UFSM, CCNE, 2005.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. v. 19, n. 13, p. 1467-1476, 1988.

ZALAMENA, J. **Impacto do uso da terra nos atributos químicos e físicos de solos do Rebordo do Planalto – RS**. 2008. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2008.