

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SIMONE FILIPINI ABRÃO

**CARACTERIZAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE *Araucaria angustifolia* (Bertol.)
Kuntze EM DIFERENTES CONDIÇÕES AMBIENTAIS DE UMA FLORESTA
OMBRÓFILA MISTA - FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA (RS)**

CURITIBA
2017

SIMONE FILIPINI ABRÃO

**CARACTERIZAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE *Araucaria angustifolia* (Bertol.)
Kuntze EM DIFERENTES CONDIÇÕES AMBIENTAIS DE UMA FLORESTA
OMBRÓFILA MISTA - FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA (RS)**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Nivaldo Eduardo Rizzi

Coorientadores: Prof. Dr. Allan Libanio Pelissari
Prof. Dr. Sebastião do Amaral Machado

CURITIBA
2017

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Abrão, Simone Filipini

Caracterização e desenvolvimento de Araucaria angustifolia (Bertol.) Kuntze em diferentes condições ambientais de uma floresta ombrófila mista - flona de São Francisco de Paula (RS) / Simone Filipini Abrão. – Curitiba, 2017.
175 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Nivaldo Eduardo Rizzi

Coorientadores: Prof. Dr. Allan Libanio Pelissari

Prof. Dr. Sebastião do Amaral Machado

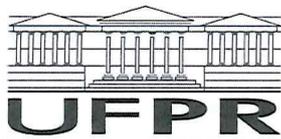
Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 11/09/2017.

Área de concentração: Conservação da Natureza.

1. Pinheiro-do-paraná - Rio Grande do Sul. 2. Florestas - Rio Grande do Sul. 3. Microclimatologia florestal. 4. Solos florestais. 5. Solos - Análise. 6. Teses. I. Rizzi, Nivaldo Eduardo. II. Pelissari, Allan Libanio. III. Machado, Sebastião Machado. IV. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. V. Título.

CDD – 634.9

CDU – 582.473(816.5)



TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA FLORESTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **SIMONE FILIPINI ABRAO** intitulada: **CARACTERIZAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze EM DIFERENTES CONDIÇÕES AMBIENTAIS DE UMA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA - FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA (RS)**, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua Aprovada no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 11 de Setembro de 2017.

NIVALDO EDUARDO RIZZI
Presidente da Banca Examinadora

SEBASTIÃO DO AMARAL MACHADO
Avaliador Interno

JORGE LUIZ MORETTI DE SOUZA
Avaliador Externo

RICHARDSON GUENTHER SCHECHI
Avaliador Externo

NICOLE MACHUCA BRASSAC DE ARRUDA
Avaliador Externo



AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Paraná e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, representados pelo orientador Prof. Dr. Nivaldo Eduardo Rizzi, pela oportunidade de realização do curso de doutorado.

Aos co-orientadores, Prof. Dr. Allan Libanio Pelissari, pela ajuda nos trabalhos de campo e constantes ensinamentos, e Prof. Dr. Sebastião do Amaral Machado, pela contribuição, disponibilidade e incentivo.

À Floresta Nacional de São Francisco de Paula, representada pela Analista Ambiental Edenice Brandão Avila de Souza e toda a sua equipe, por todo o apoio e auxílio prestado na realização deste trabalho.

Aos membros da Comissão Avaliadora, pela disponibilidade e contribuição.

Ao Laboratório de Relações Solo-Água-Planta-Atmosfera, da Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná, representado pelo Prof. Dr. Sidnei Jadoski, por tornar possível a realização da análise de retenção de água no solo, e a ajuda da Técnica de Laboratório Josianne Meyer, do Laboratório de Física do solo, da Universidade Federal do Paraná.

Ao Prof. Dr. Carlos Bruno Reissmann, pelo incansável incentivo para realizar o doutoramento. Irei lembrar para sempre o seu carinho e dedicação.

Um agradecimento muito especial ao: Prof. Dr. Moacir Tuzzin de Moraes, pelo auxílio no processamento dos dados, MSc. Lucas Dalmolin Ciarnoschi e aos amigos e colegas da Universidade Federal do Paraná, pelo convívio diário e momentos de descontração.

A meus pais, Jorge Victor R. Abrão e Bernadete Teresinha F. Abrão, meus maiores educadores, financiadores e incentivadores.

Ao Ângelo Augusto Ebling, por participar e compartilhar de mais essa passagem da minha vida.

Meu sincero e eterno agradecimento!

CARACTERIZAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze EM DIFERENTES CONDIÇÕES AMBIENTAIS DE UMA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA - FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA (RS)

RESUMO

Partindo do pressuposto de que as mudanças nas condições climáticas podem influenciar a vulnerabilidade dos ecossistemas florestais e que *Araucaria angustifolia* é uma espécie de clima frio com necessidade de regime regular de chuvas, a adaptação da espécie e a própria existência da Floresta Ombrófila Mista pode estar ameaçada. O objetivo deste estudo foi caracterizar o desenvolvimento de *Araucaria angustifolia* em diferentes condições ambientais de uma Floresta Ombrófila Mista. Este estudo foi conduzido na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS, Brasil, onde ocorrem extensos remanescentes dessa tipologia florestal. Para isso, foram selecionadas cinco unidades de estudo (UEs I, II, III, IV e V), seguindo o critério de densidade de indivíduos de *Araucaria angustifolia*, para contemplar a máxima variação ecológica do ambiente. A caracterização da composição florística e estrutural das unidades, por meio dos valores de diversidade de Shannon, dominância de Simpson e Equabilidade de Pielou e dos parâmetros fitossociológicos densidade, frequência e dominância, determinou quais são as espécies ecologicamente importantes da Floresta Ombrófila Mista dentro de cada UE. O desenvolvimento de *Araucaria angustifolia* e demais espécies com maior valor de importância foram avaliadas em um período de dez anos (2000 a 2009), sendo a circunferência à altura do peito dos indivíduos remeida anualmente. O crescimento dos indivíduos foi expresso pelo Incremento Corrente Anual (ICAd). Da mesma forma, foram levantados os dados meteorológicos referentes ao período: precipitação, temperatura, insolação e evapotranspiração potencial, essa última determinada pelo método de Thornthwaite. Para analisar as propriedades físico-hídricas do solo, foram abertas cinco trincheiras, uma em cada UE, e coletadas amostras nas profundidades de 0-5; 5-20; 20-40 e 40-60 cm. As propriedades físico-hídricas foram analisadas por meio das seguintes determinações: granulometria, densidade global do solo, porosidade total, macro e microporosidade, distribuição dos poros, curva de retenção de água e carbono orgânico do solo. Após a determinação da capacidade de campo, foi calculado o balanço hídrico climatológico. A partir da caracterização das parcelas, a formação dos grupos florísticos evidenciou diferentes condições ambientais entre as UEs, cuja maior heterogeneidade (dissimilaridade) ocorreu na UE I, e homogeneidade e dominância de *Araucaria angustifolia* na UE V. Os valores de importância desta espécie nas unidades ocorreram na seguinte ordem decrescente: V > III > IV > II > I. O ICAd de *Araucaria angustifolia* foi maior (0,32 cm·ano⁻¹) em relação as espécies mais representativas da floresta (0,23 cm·ano⁻¹). Independente da espécie, as condições ambientais promoveram comportamentos diferenciados em termos de incremento entre as UEs, em que o menor incremento foi verificado na UE I e o maior na UE IV, não diferindo das UEs III e II. Devido a ausência de déficits hídricos, as variáveis climáticas foram mais evidentes somente no sítio com restrições físico-hídricas do solo. Os atributos físico-hídricos do solo como as porosidades, capacidade de campo, ponto de murcha permanente e água disponível podem limitar o crescimento de *Araucaria angustifolia*, bem como elevados teores de areia. Em relação a quantidade total de água armazenada no perfil de solo, a UE IV apresentou o maior percentual (60%) na condição de água disponível para as plantas. Essa unidade também

mantve elevada porosidade, mas a distribuição do tamanho de poros pode ter influenciado mais em termos de crescimento da espécie.

Palavras-chave: Floresta com Araucária. Variáveis climáticas. Propriedades físico-hídricas do solo.

**CHARACTERIZATION AND DEVELOPMENT OF *Araucaria angustifolia* (Bertol.)
Kuntze IN DIFFERENT ENVIRONMENTAL CONDITIONS OF A MIXED
OMBROPHILA FOREST - FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA (RS)**

ABSTRACT

Considering that climatic changes can influence the vulnerability of forest ecosystems and that *Araucaria angustifolia* is a cold climate species that requires a regular rainfall regime, the adaptation of this species as well as the existence of the Mixed Ombrophilous Forest (MOF) might be in danger. This study aimed character the development of *Araucaria angustifolia* in different environmental conditions within a MOF. This study was conducted in the National Forest of São Francisco de Paula, RS, Brazil, where extensive remnants of this forest typology occur. For this purpose, five study units (SUs I, II, III, IV and V) were selected according to the density criterion of *Araucaria angustifolia* individuals in order to contemplate the maximum ecological variation of the environment. The characterization of the floristic and structural composition of such units – Shannon diversity index, Simpson dominance index, Pielou equability index and phytosociological parameters such as density, frequency and dominance – determined which species of the MOF within each SU are ecologically important. The development of *Araucaria angustifolia* and other important species were evaluated annually over a period of 10 years (2000 to 2009) regarding tree diameter. The growth was expressed in Current Annual Increment (CAI). The following meteorological data related to the same period were collected: precipitation, temperature, insolation and potential evapotranspiration, the latter determined by the Thornthwaite method. One trench was opened in each SU, resulting in a total of five trenches, in order to analyse the physical-hydric properties of the soil. Samples were collected at depths of 0 to 5; 5 to 20; 20 to 40 and 40 to 60 cm. The physical-water properties were analysed regarding granulometry, total soil bulk density, total porosity, macroporosity, microporosity, pore distribution, water retention curve and soil organic carbon. After determining the field capacity, the climatological water balance was calculated. The formation of floristic groups showed different environmental conditions between the SUs. The greatest heterogeneity occurred in SU I, while SU V exhibited homogeneity and dominance of *Araucaria angustifolia*. The importance values of this species in the SUs followed the decreasing order V > III > IV > II > I. The CAI of *Araucaria angustifolia* ($0.32 \text{ cm}\cdot\text{year}^{-1}$) was higher than for the most representative forest species ($0.23 \text{ cm}\cdot\text{year}^{-1}$). Regardless of the species, the environmental conditions promoted different behaviour in terms of tree growth between SUs: the smallest increase was observed in SU I and the largest in SU IV, with no differences from SUs III and II. Due to the absence of water deficits, the climatic variables were more evident only in the site exhibiting soil with physical-water restrictions. Soil physical-water attributes such as porosity, field capacity, permanent wilting point and available water may limit the growth of *Araucaria angustifolia*, as well as high levels of sand. In relation to the total amount of water stored in the soil profile, SU IV presented the highest percentage (60%) of water available for plant growth. Although this unit showed a constant high porosity, the pore size distribution may have had a greater influence in terms of species growth.

Key-words: Araucaria Forest. Climatic variables. Properties physical-water of the soil.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – DISTRIBUIÇÃO DE <i>Araucaria angustifolia</i> NO SUDESTE DA AMÉRICA DO SUL E LOCALIZAÇÃO DE REGISTROS DO QUATERNÁRIO TARDIO CONTENDO ARAUCÁRIA	21
FIGURA 2 – CAMPOS ENTREMEADOS COM A FLORESTA OMBRÓFILA MISTA NA REGIÃO DO PLANALTO DAS ARAUCÁRIAS	25
FIGURA 3 – POTENCIAL DA ÁGUA NO SOLO NA CONDIÇÃO DE SATURAÇÃO, CAPACIDADE DE CAMPO E PONTO DE MURCHA PERMANENTE	34
FIGURA 4 – LOCALIZAÇÃO DA FLORESTA NACIONAL DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS	40
FIGURA 5 – LOCALIZAÇÃO DAS UNIDADES DE ESTUDO NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS	46
FIGURA 6 – COLETA, ACONDICIONAMENTO E PREPARO DAS AMOSTRAS DE SOLO COM A ESTRUTURA PRESERVADA PARA A DETERMINAÇÃO DA CURVA DE RETENÇÃO NA CÂMARA DE RICHARDS	53
FIGURA 7 - CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO PARA AS UNIDADES DE ESTUDO E CAMADAS, NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS, BRASIL.....	68
FIGURA 8 - CURVA DE DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DO TAMANHO DOS POROS DO SOLO PARA AS UNIDADES DE ESTUDO E CAMADAS, NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS, BRASIL	72
FIGURA 9 - CLASSES EQUIVALENTES AO DIÂMETROS DOS POROS PARA AS UNIDADES DE ESTUDO E CAMADAS, NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS, BRASIL.....	73
FIGURA 10 - RELAÇÃO ENTRE O CONTEÚDO DE ÁGUA DISPONÍVEL PARA A PLANTA E O POTENCIAL MATRICIAL DO SOLO NAS UNIDADES DE ESTUDO E CAMADAS, NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS, BRASIL	78
FIGURA 11 – LOCALIZAÇÃO, INTERIOR DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA E SOLO DA UNIDADE DE ESTUDO I, NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS	84

FIGURA 12 – DENDROGRAMA DO AGRUPAMENTO DAS ESPÉCIES DA UNIDADE DE ESTUDO I PELO MÉTODO DE LIGAÇÃO MÉDIA	87
FIGURA 13 – ESPÉCIES QUE REPRESENTAM A METADE DO VALOR DE IMPORTÂNCIA DA UNIDADE DE ESTUDO I	89
FIGURA 14 - RAÍZES FINAS DE <i>Araucaria angustifolia</i> NOS PRIMEIROS 20 CM DE SOLO NA UNIDADE DE ESTUDO I, LOCALIZADA NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS	90
FIGURA 15- LOCALIZAÇÃO, INTERIOR DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA E SOLO DA UNIDADE DE ESTUDO II, NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS	91
FIGURA 16 - DENDROGRAMA DO AGRUPAMENTO DAS ESPÉCIES DA UNIDADE DE ESTUDO II PELO MÉTODO DE LIGAÇÃO MÉDIA	93
FIGURA 17 - ESPÉCIES QUE REPRESENTAM A METADE DO VALOR DE IMPORTÂNCIA DA UNIDADE DE ESTUDO II	95
FIGURA 18 - LOCALIZAÇÃO, INTERIOR DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA E SOLO DA UNIDADE DE ESTUDO III, NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS	96
FIGURA 19 - DENDROGRAMA DO AGRUPAMENTO DAS ESPÉCIES DA UNIDADE DE ESTUDO III PELO MÉTODO DE LIGAÇÃO MÉDIA.....	98
FIGURA 20 - ESPÉCIES QUE REPRESENTAM A METADE DO VALOR DE IMPORTÂNCIA DA UNIDADE DE ESTUDO III	99
FIGURA 21 - LOCALIZAÇÃO, INTERIOR DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA E SOLO DA UNIDADE DE ESTUDO IV, NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS	100
FIGURA 22 - DENDROGRAMA DO AGRUPAMENTO DAS ESPÉCIES DA UNIDADE DE ESTUDO IV PELO MÉTODO DE LIGAÇÃO MÉDIA ..	102
FIGURA 23 - ESPÉCIES QUE REPRESENTAM A METADE DO VALOR DE IMPORTÂNCIA DA UNIDADE DE ESTUDO IV	104
FIGURA 24 - LOCALIZAÇÃO, INTERIOR DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA E SOLO DA UNIDADE DE ESTUDO V, NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS	105
FIGURA 25 - DENDROGRAMA DO AGRUPAMENTO DAS ESPÉCIES DA UNIDADE DE ESTUDO V PELO MÉTODO DE LIGAÇÃO MÉDIA ...	107

FIGURA 26 - ESPÉCIES QUE REPRESENTAM A METADE DO VALOR DE IMPORTÂNCIA DA UNIDADE DE ESTUDO V	108
FIGURA 27 - DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA E DE <i>Araucaria angustifolia</i> NAS UNIDADES DE ESTUDO I, II, III, IV E V	114
FIGURA 28 - INTERAÇÃO ENTRE OS VALORES DE CRESCIMENTO E VARIÁVEIS CLIMÁTICAS	120
FIGURA 29 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO NO ANO DE 2001, NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS, BRASIL	129
FIGURA 30 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO NO ANO DE 2003, NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS, BRASIL	131

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS DOS SOLOS E SUAS RESPECTIVAS CLASSES TEXTURAIIS, PARA AS UNIDADES DE ESTUDO E CAMADAS, NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS, BRASIL	60
TABELA 2 – DENSIDADE DO SOLO (DS), POROSIDADE TOTAL (PT), MACROPOROSIDADE (MACRO), MICROPOROSIDADE (MICRO) E CARBONO ORGÂNICO DO SOLO (COS), PARA AS UNIDADES DE ESTUDO E CAMADAS, NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS, BRASIL	61
TABELA 3 – PARÂMETROS DE AJUSTE DA CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO	69
TABELA 4 – CAPACIDADE DE CAMPO (CC), PONTO DE MURCHA PERMANENTE (PMP) E ÁGUA DISPONÍVEL (AD), PARA AS UNIDADES DE ESTUDO E CAMADAS, NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS, BRASIL	77
TABELA 5 – ESPÉCIES REGISTRADAS NAS UNIDADES DE ESTUDO I, II, III, IV E V, EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA, NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS	80
TABELA 6 – PARÂMETROS FITOSSOCIOLÓGICOS DAS ESPÉCIES REGISTRADAS NA UNIDADE DE ESTUDO I, EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA, LOCALIZADA NA FLORESTA NACIONAL DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS	85
TABELA 7 – PARÂMETROS FITOSSOCIOLÓGICOS DAS ESPÉCIES REGISTRADAS NA UNIDADE DE ESTUDO II, EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA, LOCALIZADA NA FLORESTA NACIONAL DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS	92
TABELA 8 – PARÂMETROS FITOSSOCIOLÓGICOS DAS ESPÉCIES REGISTRADAS NA UNIDADE DE ESTUDO III, EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA, LOCALIZADA NA FLORESTA NACIONAL DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS	97
TABELA 9 – PARÂMETROS FITOSSOCIOLÓGICOS DAS ESPÉCIES REGISTRADAS NA UNIDADE DE ESTUDO IV, EM FLORESTA	

OMBRÓFILA MISTA, LOCALIZADA NA FLORESTA NACIONAL DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS	101
TABELA 10 – PARÂMETROS FITOSSOCIOLÓGICOS DAS ESPÉCIES REGISTRADAS NA UNIDADE DE ESTUDO V, EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA, LOCALIZADA NA FLORESTA NACIONAL DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS	105
TABELA 11 – ÍNDICES DE DIVERSIDADE, DOMINÂNCIA E EQUABILIDADE DAS UNIDADES DE ESTUDO EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA, LOCALIZADA NA FLORESTA NACIONAL DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS	109
TABELA 12 – INCREMENTOS CORRENTES EM DIÂMETRO DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA E DE <i>Araucaria angustifolia</i> NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS	115
TABELA 13 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA AOS INCREMENTOS DE <i>Araucaria angustifolia</i> E DEMAIS ESPÉCIES E ENTRE AS UNIDADES DE ESTUDO	118
TABELA 14 – TESTE DE MÉDIAS APLICADO PARA <i>Araucaria angustifolia</i> E ESPÉCIES COM MAIOR VALOR DE IMPORTANCIA NA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA	119
TABELA 15 – TESTE DE MÉDIAS APLICADO ENTRE OS INCREMENTOS DE <i>Araucaria angustifolia</i> E ESPÉCIES PARA AS UNIDADES DE ESTUDO	119
TABELA 16 – COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN ENTRE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS E INCREMENTOS DIAMÉTRICOS DE <i>Araucaria angustifolia</i> E ESPÉCIES DA FLORESTA OMBROFILA MISTA	123
TABELA 17 – BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO DO ANO DE 2001 EM FUNÇÃO DA CAD ENCONTRADA NA UNIDADE DE ESTUDO I, NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS, BRASIL	129
TABELA 18 – BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO DO ANO DE 2003 EM FUNÇÃO DA CAD ENCONTRADA NA UNIDADE DE ESTUDO IV, NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS, BRASIL	131

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP	- Antes do Presente
AD	- Água Disponível
ARM	- Armazenamento de água no solo
BHC	- Balanço Hídrico Climatológico
CC	- Capacidade de Campo
COS	- Carbono Orgânico do Solo
CR	- Curva de Retenção
CTC	- Capacidade de Troca Catiônica
DAP	- Diâmetro à Altura do Peito
DEF	- Deficiência hídrica
Ds	- Densidade global do solo
ETP	- Evapotranspiração Potencial
ETR	- Evapotranspiração Real
EXC	- Excedente hídrico
FLONA	- Floresta Nacional
IBAMA	- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICAd	- Incremento Corrente Anual diamétrico
ICMBIO	- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IUNC	- International Union for Conservation of Nature
MACRO	- Macroporosidade
MICRO	- Microporosidade
MO	- Matéria Orgânica
Pp	- Precipitação pluviométrica
PMP	- Ponto de Murcha Permanente
PPA	- Perda Potencial Acumulada
Pt	- Porosidade total
UE	- Unidade de Estudo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	OBJETIVOS	18
2.1	OBJETIVO GERAL.....	18
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3	REVISÃO DE LITERATURA	19
3.1	FLORESTA OMBRÓFILA MISTA: Planalto das Araucárias	19
3.2	A ESPÉCIE <i>Araucaria angustifolia</i>	27
3.2.1	Fatores que influenciam o crescimento de <i>Araucaria angustifolia</i>	32
4	MATERIAL E MÉTODOS	40
4.1	CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO.....	40
4.1.1	Localização.....	40
4.1.2	Clima	41
4.1.3	Relevo e solo	42
4.1.4	Vegetação natural.....	43
4.2	DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO	44
4.2.1	Caracterização estrutural e florística das Unidades de Estudo	47
4.2.2	Análise do crescimento das Unidades de Estudo.....	51
4.3	COLETA E ANÁLISES DO SOLO	51
4.3.1	Granulometria do solo	52
4.3.1	Carbono orgânico do solo.....	52
4.3.3	Curva de retenção de água no solo.....	52
4.3.4	Porosidade total, macro e microporosidade	54
4.3.5	Densidade global do solo	54
4.4	EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL E BALANÇO HÍDRICO	54
4.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA	57
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
5.1	ANÁLISE DOS PARÂMETROS DO SOLO	60
5.1.1	Análise granulométrica	60
5.1.2	Densidade global do solo	61
5.1.3	Porosidade total, macro e microporosidade	63
5.1.4	Carbono orgânico do solo.....	66
5.1.5	Análise das curvas de retenção de água no solo	67

5.2	CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL E FLORÍSTICA	80
5.2.1	Análise da Unidade de Estudo I	84
5.2.2	Análise da Unidade de Estudo II.....	91
5.2.3	Análise da Unidade de Estudo III.....	95
5.2.4	Análise da Unidade de Estudo IV	100
5.2.5	Análise da Unidade de Estudo V	104
5.3	ASPECTOS GERAIS DAS UNIDADES DE ESTUDO	108
5.4	ANÁLISE DOS INCREMENTOS CORRENTES ANUAIS.....	112
5.5	ANÁLISE DO BALANÇO HÍDRICO SIMPLIFICADO.....	128
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	132
7	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	134
	REFERÊNCIAS	135
	APÊNDICE A – PARÂMETROS FITOSSOCIOLÓGICOS DAS ESPÉCIES REGISTRADAS NAS CINCO UNIDADES DE ESTUDO, EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA, LOCALIZADAS NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS	151
	APÊNDICE B – DIÂMETROS DAS ESPÉCIES REGISTRADAS NAS CINCO UNIDADES DE ESTUDO, DE 2000 A 2009, EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA, LOCALIZADA NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS	159
	APÊNDICE C – CÁLCULO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL PELO MÉTODO DE THORNTHWAITE, PARA OS ANOS DE 2001 A 2009, NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS.....	171

1 INTRODUÇÃO

Desde o início do século XX, a Floresta Ombrófila Mista sofreu intenso processo de exploração, o qual esteve associado a ocupação da região Sul do país. Nesse contexto, *Araucaria angustifolia* insere-se como espécie imponente dessa tipologia, que teve seus exemplares mais vistosos explorados de forma desordenada, junto com outras espécies associadas, devido à sua abundância e a demanda de distintos setores, permanecendo por muito tempo como a principal fonte madeireira do país. Os poucos remanescentes da Floresta Ombrófila Mista ainda existentes apresentam problemas decorrentes da fragmentação, como o aumento da vulnerabilidade das espécies, agravando ainda mais a situação em termos de conservação da diversidade e funcionalidade ecológica do ecossistema.

Historicamente, a espécie *Araucaria angustifolia* se manteve em locais de difícil acesso, onde a extração geralmente era mais difícil de ser realizada. Entre meados dos anos de 1966 a 1987, os incentivos fiscais estimularam a introdução de espécies exóticas, com rotações mais curtas e retorno financeiro em menor tempo. Por vezes, tentativas de fomentar plantios não obtiveram êxito por falta de conhecimento do comportamento da espécie, inviabilizando ações de incentivo à conservação. De fato, o imediatismo promoveu a crença desfavorável em relação a capacidade produtiva da espécie, uma vez que não considerou fatores limitantes em diferentes condições ambientais.

Em sua maioria, *Araucaria angustifolia* encontra-se distribuída em áreas com elevada altitude e bem iluminadas, como as regiões serranas, associadas com relevo ondulado a fortemente ondulado, onde ocorrem solos litólicos e pouco intemperizados, caracterizados pela baixa disponibilidade de nutrientes e elevada acidez, devido ao clima frio e úmido dessas regiões. Assim, como explicar o comportamento da espécie, considerando as suas preferências climáticas e edáficas?

A área de ocorrência natural de *Araucaria angustifolia* está diretamente relacionada as condições climáticas e edáficas, as quais influenciam não só o estabelecimento e o desenvolvimento da espécie, mas também toda a composição florística da Floresta Ombrófila Mista. Além disso, apesar da grande diversidade desse ecossistema, há relativamente poucos estudos sobre o desenvolvimento das espécies e a influência das condições ambientais, bem como fatores limitantes na determinação da capacidade produtiva da espécie.

Estudos sugerem que o clima determina o ritmo de crescimento das espécies (MARQUES; ROPER; SALVALAGGIO, 2004; LÜTTGE; HERTEL, 2009; OLIVEIRA et al., 2009; OLIVEIRA; ROIG; PILLAR, 2010; SHIMAMOTO et al., 2016); ao passo que a capacidade produtiva do solo está relacionada a qualidade e quantidade do volume de solo disponível ao desenvolvimento do sistema radicular, incluindo, como fatores importantes, a textura, a distribuição do espaço poroso e a capacidade de retenção de água (SILVA et al., 2001). Mesmo que as variáveis edafoclimáticas atuem como fatores limitantes ou restritivos no crescimento da Floresta Ombrófila Mista, mas sobretudo, de *Araucaria angustifolia*, seus efeitos são pouco conhecidos. Pesquisas que abordam a influência das condições ambientais em florestas heterogêneas e inequiâneas ainda são um desafio, uma vez que as interações intra e interespecíficas são muitas, diferente de povoamentos homogêneos, em que as condições ambientais e a resposta ao crescimento são melhor controladas.

Diante do exposto, espera-se responder as seguintes hipóteses: (i) as condições ambientais que ocorrem nas diferentes unidades de estudo influenciam na composição florística e estrutural da floresta; (ii) *Araucaria angustifolia* apresenta crescimento diamétrico diferenciado das espécies mais representativas em função do sítio; (iii) as variáveis climáticas exercem relação com o crescimento diamétrico de *Araucaria angustifolia* e espécies mais representativas; (iv) os atributos físico-hídricos do solo atuam como fatores limitantes no desenvolvimento das espécies.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar o desenvolvimento de indivíduos nativos de *Araucaria angustifolia* em diferentes condições ambientais em uma Floresta Ombrófila Mista, na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Descrever a composição florística e estrutural das unidades de estudo;
- II. Verificar o crescimento diamétrico de *Araucaria angustifolia* e das espécies mais representativas nas unidades de estudo;
- III. Correlacionar o crescimento diamétrico de *Araucaria angustifolia* e demais espécies importantes no período de 10 anos, com variáveis climáticas;
- IV. Identificar a influência dos atributos físico-hídricos do solo e componentes do balanço hídrico, das unidades de estudo, no crescimento diamétrico de *Araucaria angustifolia*.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 FLORESTA OMBRÓFILA MISTA: Planalto das Araucárias

Em 1500, quando os primeiros europeus chegaram ao Brasil, o bioma Mata Atlântica correspondia a aproximadamente 15% do território nacional, área equivalente a 1.306.421 km², estendendo-se ao longo da costa atlântica do país, entre o Rio Grande do Sul até o Rio Grande do Norte (SCHÄFFER; PROCHNOW, 2002). Porém, desde o início da colonização, o bioma teve sua área com vegetação natural reduzida drasticamente, devido as constantes perturbações antrópicas, ficando restrita a 200.205 km² (INPE, 2017).

O alto grau de devastação e fragmentação promovido pelo intenso extrativismo, fez com que a Mata Atlântica ocupasse, atualmente, a posição do bioma mais ameaçado do país; e, mesmo assim, é considerado um dos cinco mais importantes *hotspots* de biodiversidade do mundo (MYERS et al., 2000). De acordo com os dados da Fundação SOS Mata Atlântica (INPE, 2017), estima-se que o domínio do bioma estenda-se por 138.571 km² do Rio Grande do Sul, o que representa 52% da superfície do estado, permanecendo apenas 7,9% dessa área coberta por remanescentes florestais naturais.

O bioma Mata Atlântica compreende um conjunto de formações florestais e ecossistemas associados (BRASIL, 2006), no qual está inserida a Floresta Ombrófila Mista ou Floresta com Araucária.; denominada, assim, devido a presença da conífera *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, que domina a paisagem, principalmente, pelo seu porte e beleza. A Floresta Ombrófila Mista é um ecossistema florestal que apresenta características únicas quanto à sua fisionomia e composição florística, com misturas de floras de origem distintas, e cujas associações constituem-se de espécies de Angiospermas com Gymnospermas, ocorrendo em regiões com clima tipicamente pluvial.

Nesse sentido, o clima da região do Planalto Nordeste do Rio Grande do Sul, conhecido também por Planalto das Araucárias, é predominantemente do tipo Cfb (classificação de Köppen), temperado úmido, onde as condições climáticas apresentam-se favoráveis ao desenvolvimento e a expansão de formações florestais. No entanto, diante das peculiaridades ambientais e considerando a uniformidade pluviométrica da região, tem-se buscado explicar o estabelecimento da Floresta

Ombrófila Mista e a ocorrência dos diversos tipos de formações campestres, tais como os Campos de Altitude, que são considerados indiferentes ao clima atual e, em certos casos, até mesmo ao tipo de solo (KLEIN, 1984; LEITE; KLEIN, 1990). De acordo com os mesmos autores, uma das hipóteses mais aceitas é o das flutuações climáticas ocorrida durante o período Quaternário.

Diante do exposto, sugere-se que o clima teria sofrido um processo de tropicalização e, por conseguinte, decorrida a substituição das formações vegetais de clima frio e seco (xeromórficas e xerofíticas) por outras de clima quente e úmido (ombrófilas). Esse fato explicaria o motivo pelo qual as formações campestres ainda apresentem reflexos de um passado com clima mais seco, observado, sobretudo, nas espécies pertencentes às famílias das Compositae, Leguminosae e Gramineae, que possuem adaptações para sobreviver em períodos secos (KLEIN, 1960). No Rio Grande do Sul, existem paisagens campestres com datações de até 11.000 anos antes do presente (AP) (BACKES; IRGANG, 2004). A existência de formações campestres na região está associada aos efeitos do clima mais frio e seco, ocorrido durante o último período glacial, e mais quente e seco no início do Holoceno (BEHLING; LICHTER, 1997; BEHLING; PILLAR, 2007).

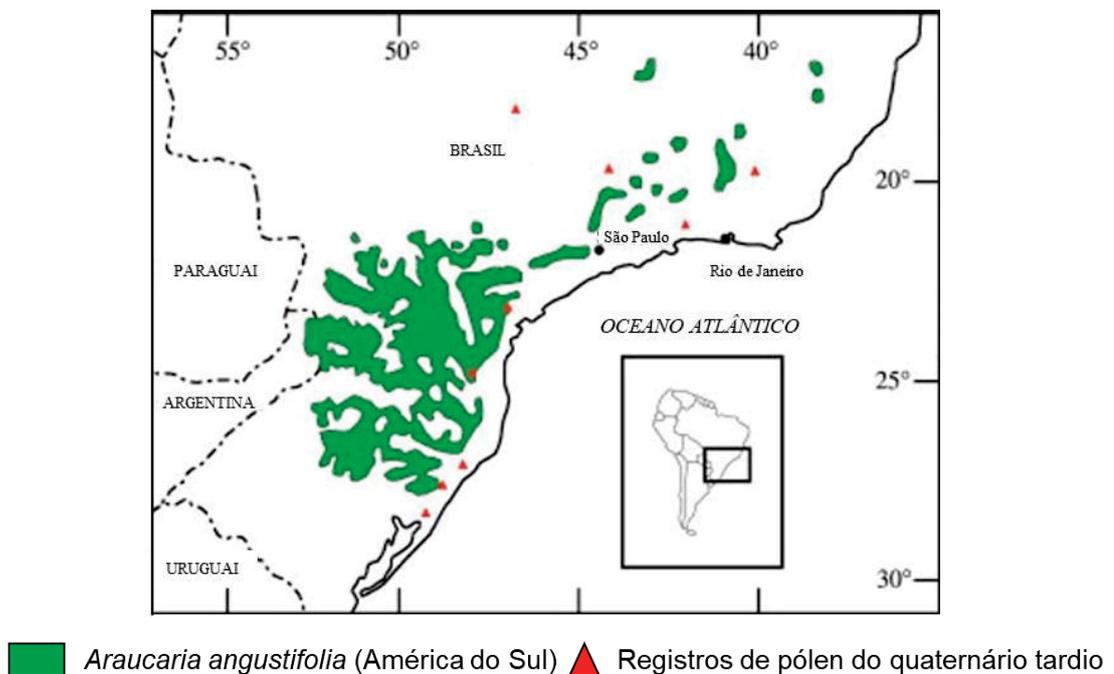
A expansão de *Araucaria angustifolia* é considerada um indicativo das condições frias (temperaturas cerca de 5 a 7°C menores que as atuais) e úmidas, desde os 28°S até os 20°S, antes da elevação da temperatura que resultaria na substituição da Floresta Ombrófila Mista pela Floresta Semidecidual (KERSHAW; MCGLONE, 1995; BEHLING; LICHTER, 1997). O inverno mais seco nas baixas latitudes promoveu o declínio de *Araucaria angustifolia* nos trópicos, sobrevivendo apenas em regiões onde as chuvas de inverno atenderam à sua necessidade (LEDRU; STEVENSON, 2012). Conforme Backes e Irgang (2004), com a mudança gradual para um clima mais quente e úmido (período interglacial, que vivemos hoje), a floresta que antes era restrita ao Norte do país migrou-se para o Sul.

Estudos palinológicos demonstram para toda a região do Planalto Nordeste do Rio Grande do Sul, no período compreendido entre 42.840 e 11.500 anos AP (Pleistoceno Tardio), predominava um clima frio e seco, em que a vegetação arbórea provavelmente esteve ausente, sendo que os campos dominavam a região. Durante o Holoceno Inferior (11.500 até 4.320 anos AP) as temperaturas se elevaram, o clima permaneceu seco com precipitação anual inferior a 1.400 mm. Assim, o clima sazonal com uma estação seca de quase 3 meses limitou a expansão das florestas sobre as

áreas de campo, durante todo o Holoceno Inferior e Médio. Somente na primeira parte do Holoceno Superior (4.320 até 1.100 anos AP) o clima tornou-se frio e úmido, e a Floresta Ombrófila Mista se estabeleceu com a presença de *Araucaria angustifolia*, substituindo a vegetação campestre e formando uma rede de florestas de galeria, embora o campo ainda dominasse regionalmente. A floresta incluía populações de *Myrsine* sp. (capororoca) e, com menor frequência, indivíduos de *Mimosa scabrella* Benth. (bracatinga), espécies de Myrtaceae, *Podocarpus* sp. e *Ilex* sp. A *Dicksonia sellowiana* Hook. (xaxim) já era comum nas matas de galeria. Em suma, quando o clima se tornou mais úmido e menos sazonal, a Floresta Ombrófila Mista começou um processo gradual de expansão sobre os campos, sendo mais expressivo até cerca de mil anos atrás (BEHLING, 2002; BEHLING et al., 2004; BEHLING; PILLAR, 2007; IRIARTE; BEHLING, 2007; BEHLING et al., 2009).

Em razão disso, *Araucaria angustifolia* foi amplamente distribuída no último período glacial, mas ficou restrita às pequenas áreas isoladas e úmidas da América do Sul (KERSHAW; WAGSTAFF, 2001), conforme observado na Figura 1. Esse fato foi importante para a caracterização da Floresta Ombrófila Mista no Sul do Brasil.

FIGURA 1 - DISTRIBUIÇÃO DE *Araucaria angustifolia* NO SUDESTE DA AMÉRICA DO SUL E LOCALIZAÇÃO DE REGISTROS DO QUATERNÁRIO TARDIO CONTENDO ARAUCÁRIA



FONTE: Adaptado de Kershaw e Wagstaff, 2001.

Apesar das condições climáticas serem a principal causa da expansão da Floresta Ombrófila Mista, é necessário considerar a possível contribuição da atividade humana no processo. A teoria tem sido ratificada comparando registros palinológicos e arqueológicos no planalto Sul brasileiro, onde observou-se que a colonização e o desenvolvimento dos povos tradicionais Taquara/Itararé esteve fortemente associado com o avanço da Floresta Ombrófila Mista durante o final do Holoceno. O motivo da ocupação indígena mais intensa e permanente foi justificado pela disponibilidade de recursos, principalmente pela presença da semente de *Araucaria angustifolia* (pinhão), considerada elemento importante na dieta dos grupos que viviam dentro ou no entorno das florestas (IRIARTE; BEHLING, 2007).

Bitencourt e Krauspenhar (2006) demonstram que o pico de expansão da floresta coincide com o período de ocupação do planalto Sul brasileiro, sugerindo que a ação antrópica pré-histórica pode ter contribuído para o desenvolvimento de *Araucaria angustifolia* na região, por meio da dispersão das sementes utilizadas na alimentação, constituindo-se em agentes capazes de alterar a paisagem e interferir na distribuição natural da espécie. Os povos tradicionais também ajudaram na formação da floresta, que serviria como habitat para fauna local, com a presença de *Araucaria angustifolia* produzindo pinhões e atraindo a caça para a alimentação. Essa teoria sugere, ainda, que o pinhão, além de ter sido utilizado na subsistência, foi importante para os indígenas em vários aspectos econômicos, políticos e culturais, sendo transportado para diversas aldeias (SANTAELLA, 2016), o que favoreceu ainda mais a disseminação das sementes e a expansão da Floresta Ombrófila Mista.

Há evidências de que no final do Holoceno, mesmo sob condições climáticas mais úmidas, a frequência das queimadas aumentou devido ao crescimento da população indígena, o que pode ter sido um fator importante na mudança da composição florística (BEHLING; PILLAR; BAUERMANN, 2005). Algumas hipóteses sobre a regeneração natural de *Araucaria angustifolia* foram levantadas por Soares (1979), o qual relacionou a regeneração à dependência de distúrbios regulares, principalmente o fogo. Para Soares (1979), as queimadas feitas pelos indígenas tiveram papel importante na perpetuidade de *Araucaria angustifolia*, tendo em vista que a espécie tolera e resiste mais ao fogo do que as folhosas.

Dessa forma, percebe-se que o clima foi se modificando e a paisagem natural respondeu às mudanças, pois quando a Terra atingiu a condição de "ótimo climático", estabelecida pelo término do período mais frio e elevação da temperatura, as espécies

sobreviventes foram especializando-se e adaptando-se ao habitat de acordo com as condições de temperatura, altitude, solo e precipitação (KOCH; CORRÊA, 2010). Pillar (2003) corroborou essa hipótese, ao esclarecer que a adaptação das espécies foi um processo lento, pois do contrário, a região do Planalto teria sido completamente coberta com floresta, o que não ocorreu. Em contrapartida, o estabelecimento do atual regime úmido favoreceu às formações ombrófilas: Mista e Densa (GALVÃO; AUGUSTIN, 2011), sendo os Campos de Altitude do Planalto das Araucárias considerados remanescentes de uma paisagem que atualmente encontra-se em plena regressão (HUECK, 1972). Há evidências de que se não fosse a interferência humana, como o fogo e o pastejo, sobre a Floresta Ombrófila Mista, a tendência natural seria a progressiva expansão da floresta sobre os campos (HERINGER; JACQUES, 2001; OLIVEIRA; PILLAR, 2004; DUARTE et al., 2009); contudo, cabe ressaltar que embora o clima atual favoreça as florestas, muitos fatores interagem para definir se o campo ou a floresta irá se estabelecer em determinado sítio (PILLAR; VÉLEZ, 2010).

Portanto, na região do Planalto Nordeste do Rio Grande do Sul, a ocorrência de temperaturas baixas durante quase o ano todo possibilitou a existência da Floresta Ombrófila Mista, que se expandiu em épocas mais frias que a atual (IBGE, 1986), conforme sustentado por Kershaw e Mcglone (1995) e Behling e Lichte (1997). Com isso, a composição florística foi fortemente influenciada pelas baixas temperaturas e pela ocorrência regular de geadas durante o inverno (RODERJAN et al., 2002), evidenciando afinidades com elementos florísticos andinos e subantárticos, que dão um caráter florístico comum às terras temperadas frias do hemisfério Sul (HUECK, 1972); mas estranha ao caráter tropical dominante no país (DUTRA; STRANZ, 2003).

De fato, verifica-se que esses elementos florísticos andinos e subantárticos não se desenvolveriam em clima tropical, o que pressupõem que já ocupavam o Rio Grande do Sul antes da chegada das espécies tropicais (RAMBO, 1951). À exemplo disso, todas as espécies do gênero *Araucaria* encontram-se no hemisfério Sul e evoluíram na era Mesozóica, há aproximadamente 250 milhões de anos, mas apenas duas espécies são encontradas na América do Sul: *Araucaria angustifolia* (pinheiro-brasileiro) e *Araucaria araucana* (Mol.) K. Koch (Araucária-do-chile) (KOCH; CORRÊA, 2010). Para Hueck (1972), essas espécies representam relações florísticas muito íntimas entre as florestas andino-antárticas, pelo fato de que, em ambas as regiões, a presença das coníferas é vista como um elemento predominante, sendo representada pelo pinheiro-brasileiro no Sul do Brasil e pela Araucária-do-chile no Sul

dos Andes. No entanto, o mesmo autor esclareceu que existem inúmeras espécies de outros gêneros que são comumente encontradas no Sul dos Andes e no Sul do Brasil, e que a própria migração dessas teria ocorrido nesse sentido, em consonância com o reportado por Rambo (1951).

No Brasil, a área de ocorrência da Floresta Ombrófila Mista forma agrupamentos densos, sobretudo na parte Leste e central do Planalto Sul Brasileiro, nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, apresentando disjunções florísticas em refúgios situados ao Sul do estado de São Paulo e nas Serras do Mar e Mantiqueira (KLEIN, 1960). Recentemente, na região Nordeste do país, foram encontradas evidências de fragmentos de caules de uma ancestral de *Araucaria angustifolia*, em locais datados de 208 a 65 milhões de anos (KOCH; CORRÊA, 2010), corroborando com a hipótese de que, no Paleozóico, a Araucária tenha se disseminado no Escudo Atlântico, unido à grande plataforma afro-brasileira. A própria composição florística da Floresta Ombrófila Mista, dominada por gêneros primitivos como *Drymis* e *Araucaria* (australásicos) e *Podocarpus* (afro-asiático), sugere, em face da altitude e latitude do Planalto Meridional, a ocupação recente a partir de Refúgios Alto-Montanos (IBGE, 2012); permanecendo restrita aos lugares de temperaturas mais frias e altitudes maiores.

Originalmente, a Floresta Ombrófila Mista ocupava uma extensão de aproximadamente 200.000 km² (BACKES, 1999), cobrindo a maior parte do Planalto meridional, ocorrendo no Paraná (40%), Santa Catarina (31%) e Rio Grande do Sul (25%), apresentando manchas esparsas no Sul de São Paulo (3%), até o Sul de Minas Gerais e Rio de Janeiro (1%) (CARVALHO, 2003); também na Província de Misiones, no nordeste da Argentina, e no Leste do Paraguai, em manchas menores e isoladas (HUECK, 1972; REITZ; KLEIN; REIS, 1983; BACKES, 1999).

De acordo com Klein (1984), os tipos de formações vegetais de determinada região dependem das condições climáticas regionais e da latitude, influenciadas pelos fatores como relevo, geologia e, conseqüente, intemperismo. Como as regiões de ocorrência natural de *Araucaria angustifolia* apresentam apreciável diversificação com relação a esses fatores, tornou-se possível o aparecimento dos pinhais em diferentes associações florísticas (formações maciças, de campo ou mistas), de acordo com as altitudes no Sul do Brasil, sofrendo diretamente as influências térmicas (OLIVEIRA, 1948). De maneira sucinta, pode-se dizer que as condições climáticas e edáficas influenciam não só no estabelecimento de *Araucaria angustifolia*, mas, de toda a

composição florística da Floresta Ombrófila Mista que ocorrem juntamente com essa espécie.

No Rio Grande do Sul, a Floresta Ombrófila Mista ocupava uma área de 21.213 km² (IBGE, 1986), onde os pinhais nativos mais densos encontravam-se na parte oriental e central do Planalto, principalmente nos cursos superiores e nas cabeceiras dos rios Caí, Taquari, Jacuí e Pelotas (KLEIN, 1960). De modo geral, distribuem-se pelos cursos superiores dos rios, que possuem suas nascentes no Planalto ou na borda abrupta de seus vales. Nas partes mais altas e planas, ainda predomina os campos permeando capões ou pequenos agrupamentos (FIGURA 2). Corroborando com o exposto, o Pe. Bauduíno Rambo, grande conhecedor da flora do Sul do país, relatou em sua obra "A fisionomia do Rio Grande do Sul" preciosas descrições da vegetação do Planalto das Araucárias, formada, sobretudo, por campos entremeados com a Floresta Ombrófila Mista, compondo mosaicos na paisagem:

O campo aberto e o pinhal compõem um painel em que a verdura alegre das pastagens se casa em estranha harmonia com o verde sombrio das coníferas, em que as linhas suavemente curvas das coxilhas contrastam com as linhas retas traçadas pelas umbelas dos pinhais (RAMBO, 2005).

FIGURA 2 – CAMPOS ENTREMEADOS COM A FLORESTA OMBRÓFILA MISTA NA REGIÃO DO PLANALTO DAS ARAUCÁRIAS



FONTE: O autor (2010).

Historicamente, a Floresta Ombrófila Mista foi muito importante na ocupação da região Sul, devido ao valor econômico que representou ao longo de um século, fato que explica o motivo pelo qual a redução do ecossistema esteve atrelada ao desenvolvimento econômico do estado, principalmente a partir da colonização italiana, em 1874 (IBGE, 1986). Durante grande parte do século XX, *Araucaria angustifolia* e

algumas espécies associadas, que dominavam as paisagens do Sul do Brasil, passaram a ser a principal fonte madeireira do país (HUECK, 1972; KOCH; CORRÊA, 2010), sendo submetidas à exploração intensiva e abusiva. De acordo com Schäffer e Prochnow (2002), em muitas ocasiões, o desmatamento foi estimulado pelo próprio governo. Esse aspecto foi reportado nos registros históricos de Hueck (1972), os quais demonstraram que a Floresta Ombrófila Mista, assim como os demais sistemas florestais do Rio Grande do Sul, foram exaustivamente explorados, sem que houvesse qualquer preocupação com a sua preservação ou com a sustentabilidade dos processos extrativistas:

A destruição da mata com araucária ocorreu num espaço de tempo muito curto, sem deixar reservas de matas suficientes para organizar um serviço de reflorestamento. Pelo contrário, em certas épocas foram retiradas madeiras das reservas do governo, sendo lançadas no mercado a preços muito baixos, para contrabalançar dificuldades financeiras do próprio governo.

Em consequência da severa pressão antrópica, a Floresta Ombrófila Mista é um dos ecossistemas mais ameaçados do país (CARLUCCI et al., 2011). Medeiros, Savi e Brito (2005) citaram que, além da intensa exploração madeireira, as queimadas, conversão da floresta por pastagens, agricultura, silvicultura e ampliação de zonas urbanas, são algumas das atividades que mais contribuíram para o desmatamento ao longo dos anos. Até o ano de 2005, Medeiros, Savi e Brito estimaram que os remanescentes florestais não perfazem mais do que 1% da cobertura florestal original, indicando a situação crítica na qual o ecossistema se encontra em termos de conservação. Como resultado da redução em suas áreas de ocorrência, alguns autores alertaram para problemas em relação a exiguidade e distanciamento entre os fragmentos, que podem promover alterações no fluxo gênico e microclima (VIBRANS et al., 2008; 2013), agravando ainda mais o estado de conservação dos remanescentes florestais.

De fato, a conservação dos remanescentes florestais tornou-se um grande desafio, visto que os esforços empregados pelos órgãos oficiais e instituições não governamentais, por meio da aplicação da lei e fiscalização, não têm sido capazes de manter a preservação integral dos fragmentos (SANQUETA et al., 2002). Mesmo assim, os remanescentes ainda são importante fonte para pesquisas, sobretudo para

compreender melhor a dinâmica da formação florestal, e, assim, planejar ações com o objetivo de garantir a manutenção da diversidade das espécies.

Em virtude do histórico de exploração, restaram apenas raros e diminutos remanescentes, muitos deles profundamente alterados, encontrados em locais de difícil acesso, em áreas particulares ou nas poucas Unidades de Conservação existentes (SONEGO; BACKES; SOUZA, 2007). É o caso da Floresta Nacional de São Francisco de Paula (Flona), localizada no Planalto Nordeste do Rio Grande do Sul, na região dos Campos de Cima da Serra, que abriga um importante fragmento de Floresta Ombrófila Mista, onde foi realizado o presente estudo.

Os remanescentes de Floresta Ombrófila Mista que ocorrem na região da Flona são formados por coníferas de clima temperado no estrato superior, caracterizando-se pela presença de *Araucaria angustifolia*, consorciadas com espécies de folhosas nos estratos inferiores, *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. (ervamate), *Matayba elaeagnoides* Radlk. (camboatá-branco), *Dicksonia sellowiana* Hook. (xaxim), *Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) O. Berg (murta), *Nectandra megapotamica* Spreng. Mez (canela-preta), *Lithraea brasiliensis* Marchand (bugre), *Cryptocarya aschersoniana* Mez (canela-fogo), *Ilex brevicuspis* Reissek (caúna), *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg (guabiroba) e *Myrcianthes gigantea* (Cambess.) O. Berg (araçá-do-mato), constituindo-se em sistemas florísticos e estruturais heterogêneos e complexos (RIO GRANDE DO SUL, 2001; BACKES; PRATES; VIOLA, 2005). Logo, a combinação de espécies de diferentes grupos ecológicos, com predomínio de espécies pioneiras e secundárias, demonstra que os remanescentes se encontram em processo dinâmico de sucessão (ARAUJO et al., 2010).

3.2 A ESPÉCIE *Araucaria angustifolia*

A espécie *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae), conhecida por pinheiro-brasileiro ou pinheiro-do-paraná, é nativa no Brasil, com ocorrência nos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro até o Rio Grande do Sul, em regiões de altitudes acima de 900 m (na região Sul acima de 500 m). O clima nas regiões é caracterizado por precipitação média anual de 1.250 a 2.200 mm distribuída de forma regular durante o ano e temperaturas médias anuais variando entre 10 a 18°C (VEBLEN et al., 1995).

Kershaw e Wagstaff (2001) consideram que *Araucaria angustifolia* requer precipitação mínima de 1.400 mm por ano e temperatura mínima de 10°C nos meses mais frios, evidenciando a sua preferência por condições climáticas subtropicais ou mesotérmicas, justificando a ocorrência mais austral. Ledru e Stevenson (2012) esclarecem que a ausência da estação seca, devido a mudanças frequentes e intensas das frentes polares, proporciona nevoeiro regular e cobertura de nuvens no inverno, juntamente com baixas temperaturas e geadas ocasionais, garantindo condições úmidas e frias ao longo do ano para a espécie. Em zonas de clima oceânico mesotérmico, das latitudes subtropicais e tropicais, os sistemas de ventos alísios e contra-alísios e frentes polares, aos quais se superimpõem os efeitos do “El Niño” e da Convergência do Atlântico Sul, concentram bons teores de umidade no Sul do Brasil e influenciam a distribuição de *Araucaria angustifolia* na região (DUTRA; STRANZ, 2003).

Araucaria angustifolia apresenta um aspecto original e contrastante com as demais árvores do Sul do Brasil, com 10 a 35 m de altura e 50 a 120 cm de diâmetro à altura do peito (DAP), atingindo excepcionalmente 50 m de altura e 250 cm ou mais de DAP na idade adulta (CARVALHO, 2003). De modo geral, as árvores adultas formam um estrato emergente e contínuo acima de 30 m (RODERJAN et al., 2002), dominando o dossel superior da Floresta Ombrófila Mista com sua copa majestosa de simetria radial, cuja forma é semelhante a uma taça ou umbela. A madeira é indicada para carpintaria, tanoaria, marcenaria, caixotaria, tabuados, compensados, palitos, instrumentos musicais e fabricação de pasta celulósica (RIZZINI, 1987). Sua semente, o pinhão, é comestível e muito apreciada no Sul do país (LORENZI, 2008).

A Araucária é uma espécie perenifólia, heliófila, pioneira, característica de regiões de altitude (LORENZI, 2008), visto que tem sua ocorrência natural em locais acima de 500 m, avançando sobre os campos, de modo a formar mosaicos na paisagem, cuja composição varia de acordo com as condições climáticas e edáficas. Em contrapartida, Duarte, Dillenburg e Rosa (2002) sugeriram que *Araucaria angustifolia* não é estritamente heliófila e pioneira, mas que tem seu desenvolvimento facilitado em locais mais ensolarados. Araújo et al. (2010) observaram que a regeneração da espécie ficou dependente exclusivamente da chuva de sementes concomitante a abertura de clareiras, reforçando a necessidade da luminosidade no sub-bosque. O resultado foi justificado em razão da curta viabilidade das sementes não ter permitido formar um banco de sementes persistente no solo, bem como um

banco de plântulas expressivo. Beckert, Rosot e Rosot (2014) analisaram a dinâmica de *Araucaria angustifolia* e verificaram baixas taxas de incremento, devido à intensa competição e à pouca disponibilidade de luz nos estratos inferiores. Esses mesmos fatores explicaram a superioridade das taxas de mortalidade em relação às de ingresso, sugerindo tendência de desaparecimento da espécie.

Embora haja esse contrassenso, Soares (1979) levantou a hipótese de que *Araucaria angustifolia* é uma espécie séria, ou seja, não apresenta características fundamentais de pioneira e nem de clímax. Nesse caso, *Araucaria angustifolia* teria o papel de preparar o local para as espécies mais avançadas na escala sucessional (clímax), sendo substituída à medida em que ocorre a dinâmica florestal.

Em termos de qualidade de sítio, *Araucaria angustifolia* mostrou-se uma espécie relativamente exigente (DE HOOGH; DIETRICH, 1979; DE HOOGH, 1981), apresentando elevadas taxas de crescimento em solos férteis a moderadamente férteis, combinados com o clima úmido (KERSHAW; MCGLONE, 1995). Entretanto, De Hoogh (1981) afirma que nos ecossistemas florestais das regiões tropicais e subtropicais úmidas, devido a rápida ciclagem de nutrientes, os fatores inerentes a fertilidade não são tão significativos quanto os parâmetros biológicos e físicos do solo. Fatores como o pH e teores de P, K e Ca, além da saturação de bases, não foram importantes para diferenciar a estrutura demográfica de *Araucaria angustifolia* em locais avaliados no estado de Santa Catarina, já que na região de ocorrência natural de *Araucaria angustifolia*, foi verificado solos Distróficos e Alumínicos, os quais apresentam naturalmente baixa fertilidade (PUCHALSKI, 2004; PUCHALSKI; MANTOVANI; REIS, 2006). Em conformidade com o exposto, foi observado que a espécie demonstrou maior produtividade em solos argilosos ou franco-argilosos, profundos e bem drenados (SILVA et al., 2001).

O desenvolvimento de *Araucaria angustifolia* foi comparado em diferentes classes de solos com base nas propriedades físicas e químicas (SILVA et al., 2001). O estudo revelou três sítios com aptidão, estratificados de acordo com o potencial produtivo da espécie: alto ($20 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), Latossolos Vermelhos Distroféricos e Nitossolos Vermelhos Eutroféricos; médio ($16 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), Nitossolos Vermelhos Distroféricos e Nitossolos Háplicos; e baixo ($12 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), Neossolos Litólicos Eutróficos. Os Gleissolos Háplicos não demonstraram aptidão. Entretanto, ressalta-se que em florestas heterogêneas, a produtividade pode ocorrer de forma diferenciada,

devido as interações entre as espécies, as quais podem favorecer ou não o desenvolvimento de *Araucaria angustifolia*.

Coomes et al. (2005) relataram que as coníferas são geralmente restritas aos sítios menos produtivos, sugerindo que as mesmas estão adaptadas à solos pouco férteis e mal drenados. Porém, o comportamento pode estar relacionado com a redução da possibilidade de desenvolvimento do estrato superior do sub-bosque pelas folhosas, garantindo a luminosidade do sítio em questão (DUTRA; STRANZ, 2003), uma vez que as condições de sombreamento promovido pelo sub-bosque pode limitar o recrutamento de novos indivíduos de *Araucaria angustifolia*. Kershaw e McGlone (1995) mencionaram que a baixa fertilidade, lixiviação, solos alagados, secos ou congelados, são fatores que tendem a reduzir o desenvolvimento das folhosas e fetos arborescentes, favorecendo o desenvolvimento das coníferas.

No entanto, as coníferas localizadas no Sul possuem elevada restrição com relação à regeneração em solos férteis (KERSHAW; MCGLONE, 1995). Mesmo nos sítios mais produtivos, vários mecanismos agem em conjunto para reduzir as oportunidades de regeneração das coníferas, diminuindo suas chances de escaparem dos efeitos competitivos das folhosas (COOMES et al., 2005). Alguns mecanismos de favorecimento do desenvolvimento das folhosas, tais como o tamanho das sementes (pequenas) e a tolerância à sombra, contribuem para a dominância das espécies nesses locais. Também o avanço das folhosas em detrimento das coníferas pode ocorrer em razão do ritmo de crescimento, visto que as coníferas apresentam um crescimento mais lento.

Partindo do pressuposto de que mudanças nas condições climáticas podem influenciar a vulnerabilidade dos ecossistemas e que *Araucaria angustifolia* é uma espécie de clima frio que necessita de regime regular de chuvas, a adaptação de *Araucaria angustifolia* e a própria existência da Floresta Ombrófila Mista pode estar ameaçada. Klein (1960) afirmou que as condições climáticas atuais que atuam indiretamente, não favorecem a permanência de *Araucaria angustifolia* à medida que influencia o poder competitivo das espécies e, assim, a distribuição das mesmas. De acordo com Backes (1999), *Araucaria angustifolia* não tem condições de competir com as espécies folhosas, favorecidas pelo atual clima do Sul do Brasil. Estudos demonstram que a Floresta Ombrófila Mista necessita de piso molhado sem estações secas acentuadas, sendo que condições mais secas e prolongadas podem afetar significativamente as florestas que crescem no planalto Sul brasileiro

(BEHLING; PILLAR, 2007). De tal modo que a Floresta Ombrófila Mista será substituída pela Floresta Estacional semidecidual quando houver estação seca curta, que por sua vez será substituída por savana, sob condições mais quentes e mais sazonais (KERSHAW; MCGLONE, 1995). Dessa forma, a tendência é confinar cada vez mais *Araucaria angustifolia* a regiões progressivamente menores, até sua extinção definitiva (BACKES, 1999).

Inúmeros problemas foram ocasionados pelo histórico de exploração. Devido a robustez e o grande valor de sua madeira, *Araucaria angustifolia* teve seus mais vistosos exemplares explorados, reduzindo o número e tamanho das populações, afetando a diversidade genética da espécie. A falta de conhecimento do comportamento da espécie e fomento ao florestamento inviabilizou as ações de incentivo a conservação. Durante muito tempo, a não consideração dos fatores limitantes que determinam a capacidade produtiva de *Araucaria angustifolia*, fez com a espécie fosse caracterizada por apresentar baixos incrementos (SANTOS; ROSOT; ROSOT, 2010). Aliado a isso, em meados dos anos de 1966 e 1987, a promulgação de incentivos fiscais estimulou, em sua maioria, a introdução de espécies exóticas, com períodos de rotações mais curtos e retorno financeiro em menor tempo. Ressaltam-se, até mesmo, as práticas de corte intencional da espécie por parte dos produtores rurais, devido ao receio das medidas restritivas adotadas pelo governo.

Atualmente, *Araucaria angustifolia* encontra-se classificada como criticamente em perigo na Lista Vermelha da *International Union for Conservation of Nature and Natural Resources* (IUCN, 2016), e incluída na categoria de espécie em perigo, na Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção do IBAMA (BRASIL, 2014). Estudos sugerem que há muitos parâmetros ambientais que governam o seu desenvolvimento a serem descobertos (DUTRA; STRANZ, 2003). Para isso, pesquisas são necessárias, não apenas objetivando a conservação e manutenção dos pinheirais remanescentes, mas, fundamentalmente, por ser considerada espécie-chave para a estrutura e funcionamento da Floresta Ombrófila Mista (OLIVEIRA et al., 2009; AVILA et al., 2016), reafirmando a importância da espécie no contexto ecossistêmico.

3.2.1 Fatores que influenciam o crescimento de *Araucaria angustifolia*

De acordo com Pritchett e Fisher (1987), a reprodução, a sobrevivência e o crescimento das espécies florestais em determinado sítio, representam a resposta integrada a um complexo de muitos fatores que oscilam e interagem, os quais são agrupados em componentes bióticos e abióticos. O crescimento é determinado pela genética da espécie e condicionado por fatores climáticos, edáficos, topográficos e de competição (LAMPRECHT, 1990). Portanto, torna-se muito difícil determinar a influência dos fatores de maneira isolada, mas é possível afirmar que são nos componentes abióticos que estão as variáveis ambientais mais importantes que promovem a divisão e a expansão celular, como luz, temperatura, nutrientes e água disponível, considerados fatores limitantes para o crescimento das espécies.

Variações regulares dos fatores desses fatores promovem ritmo periódico no desenvolvimento da planta, reproduzido na formação do câmbio por estágios ativos e latentes (CALLADO et al., 2013). Assim, o crescimento diamétrico é geneticamente determinado por fatores endógenos inerentes a cada espécie, mas o ritmo é controlado por fatores limitantes, ou seja, por componentes abióticos.

Dessa forma, a capacidade de uma espécie crescer e competir com sucesso é influenciada por ambos os componentes, em que o solo se torna o fator principal do meio físico e uma das maiores preocupações no manejo florestal (PRITCHETT; FISHER, 1987). Entre os fatores edáficos de propriedades mensuráveis capazes de influenciar o desempenho de funções ambientais do solo, citam-se: os atributos físicos, químicos e biológicos, os quais permitem expressar as condições da qualidade do solo (DORAN; PARKIN, 1994). Os atributos não são independentes um do outro. O estado biológico do solo depende muito fortemente das condições físicas e químicas prevaletentes (DEXTER, 2004). Todavia, por estarem mais associados a produtividade dos sítios, os aspectos relativos aos atributos físicos e químicos do solo são os mais considerados para avaliar a capacidade de crescimento das florestas.

Reichert et al. (2011) esclarecem que os fatores físicos e químicos devem ser favoráveis para que as raízes das espécies possam explorar um volume grande de solo e ter acesso a água disponível. O mesmo foi reportado por Oliveira (1948), ao afirmar que o crescimento de *Araucaria angustifolia* não poderia ser explicado somente pelas características químicas do solo, pois as características físicas, como a estrutura granular e boa aeração, contribuem para aumentar a capacidade de

penetração das raízes. Logo, em termos de otimização do crescimento das espécies, é mais evidente a contribuição dos atributos físicos do solo, tais como a textura e a estrutura, juntamente com a influência dos teores de material orgânico, determinam a disponibilidade de água e, por conseguinte, nutrientes para as plantas e a aeração no solo (PRITCHETT; FISHER, 1987).

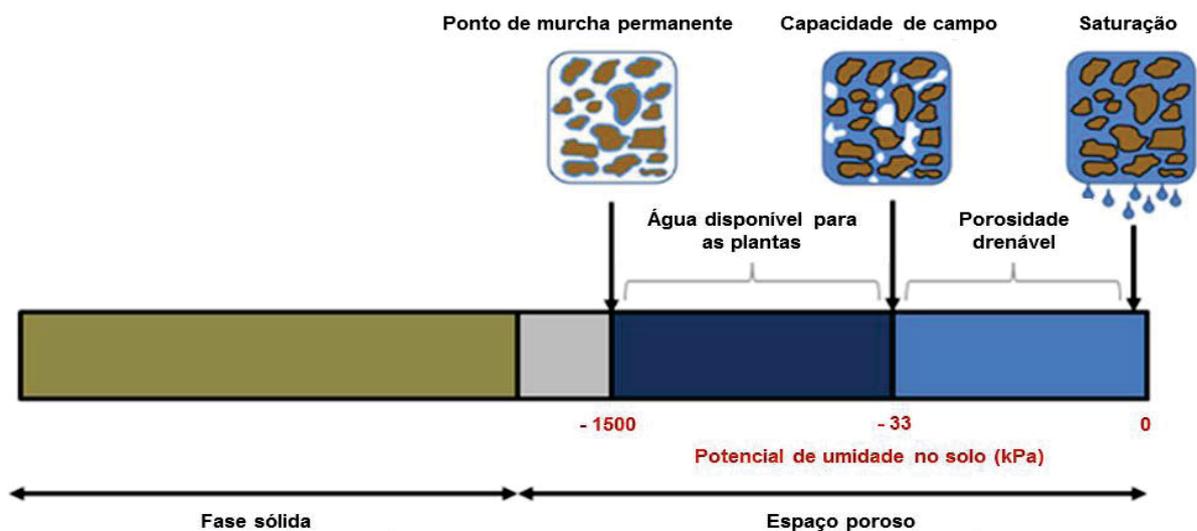
Alguns estudos demonstram que a heterogeneidade ambiental encontrada em fragmentos florestais é caracterizada principalmente pelo regime hídrico dos solos, o qual condiciona a distribuição das espécies (SOUZA et al., 2003; HIGUCHI et al., 2014), aspecto importante quando se espera a conservação e manutenção da composição florística e estrutural da Floresta Ombrófila Mista. Nesse sentido, a retenção e a disponibilidade de água no solo são fundamentais para determinar as condições ideais de sítio para o crescimento das espécies arbóreas, já que governam outros fatores relacionados ao desenvolvimento e produtividade das florestas.

Para fins de compreensão da dinâmica hidrológica do solo em áreas florestais, bem como das etapas envolvidas, como a retenção e a disponibilidade de água para as plantas, é necessário entender os processos de infiltração, redistribuição, drenagem e armazenamento de água no solo. A água infiltrada regula o movimento de água no solo por meio de gradientes de energia, cujas forças responsáveis são basicamente a gravitacional e matricial. Enquanto o gradiente gravitacional é unitário e constante, o matricial decresce com o tempo, devido ao avanço da frente de molhamento originada nos meniscos côncavos resultantes da interação entre as fases sólida, líquida e gasosa (forças de adsorção, coesão e tensão superficial) (REICHERT et al., 2011). Logo, à medida que o solo seca ou umedece, os gradientes de energia determinam se haverá maior ou menor facilidade de extração de água pela planta.

De modo geral, quando o solo está seco ou com pouca água, as forças matriciais dominam o processo, razão pelas quais as taxas de infiltração são altas. Com o passar do tempo, o solo vai ganhando umidade e diminuindo a importância do gradiente matricial, que na zona de saturação anula-se, e a velocidade de infiltração decresce e assume valor constante, denominado velocidade de infiltração básica. Por outro lado, à medida que a frente de umedecimento avança no sentido dos estratos inferiores do solo, progressivamente aumenta a importância relativa do gradiente gravitacional (capilaridade), passando a ser a principal responsável pelo movimento de água no solo (REICHARDT, 1990; PREVEDELLO, 1996; POTT; DE MARIA, 2003; REICHERT et al., 2011).

O processo da redistribuição da água no solo tem início quando cessa a infiltração da água de chuva (REICHERT et al., 2011). O fluxo ocorre nos poros maiores que 50 μm (macroporos), que, além da infiltração, também são responsáveis pela aeração (REICHERT; SUZUKI; REINERT, 2007), em que o conteúdo de água nas proximidades da superfície reduz rapidamente em condições adequadas para a drenagem. Conforme a umidade do solo decresce e o ar passa a entrar no sistema, as forças matriciais passam a assumir maior importância na retenção de água e o fluxo passa a ser mais lento, ficando restrito aos filmes de água que recobrem as partículas do solo e no interior dos microporos (HILLEL, 1998) (FIGURA 3). Em razão disso, aumenta-se a força de retenção (adsorção) e diminui a disponibilidade hídrica no solo (REICHARDT, 1990).

FIGURA 3 – POTENCIAL DA ÁGUA NO SOLO NA CONDIÇÃO DE SATURAÇÃO, CAPACIDADE DE CAMPO E PONTO DE MURCHA PERMANENTE.



FONTE: Adaptado de O'Geen, 2013.

Quando o excesso de água drena e o fluxo passa a ser lento, o solo atinge a capacidade de campo (CC), que expressa o limite superior de umidade disponível para as plantas (PRITCHETT; FISHER, 1987; REICHERT et al., 2011). Em outras palavras, a CC é definida como a quantidade máxima de água que o solo consegue reter contra a força da gravidade (gradiente gravitacional é igual ao gradiente matricial) e qualquer retirada de água do perfil só será possível através do processo de evapotranspiração (OLIVEIRA JR.; DIAS, 2005). O limite inferior (ponto de murcha permanente, PMP), consiste na quantidade de água no solo em que as plantas não

conseguem mais extraí-la e suas folhas atingem, pela primeira vez, o murchamento irrecuperável. A diferença entre a umidade na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente é definida como água disponível (AD) (REICHARDT, 1990).

A disponibilidade de água para as plantas depende das condições superficiais e estruturais do solo, as quais estão estritamente relacionadas com a porosidade, visto que se refere à parte do volume de solo não ocupado por partículas sólidas (KIEHL, 1979; PRITCHETT; FISHER, 1987) e, assim, com sua capacidade de drenagem, aeração e capilaridade, propriedades físico-hídricas que regulam os processos de armazenamento e transporte da água e do ar no solo (GONÇALVES, 2002; BELLOTE; DEDECEK, 2006). Essas funções não dependem somente da porosidade total (Pt), mas também de como o espaço poroso é distribuído por tamanho, ou seja, a quantidade de macro (Macro) e microporos (Micro) que constituem a estrutura do solo (PREVEDELLO, 1996); e ainda, da forma, quantidade e conectividade do sistema poroso (MESQUITA; MORAES, 2004).

A estrutura é uma característica fundamental do solo e determina a capacidade produtiva do mesmo. Apesar da dinamicidade no tempo, quando não ocorrem perturbações, os solos florestais apresentam alta Macro na camada superficial, com elevada condutividade hidráulica do solo (ABRÃO et al., 2015). Para os autores, esse comportamento está intimamente relacionado à ocorrência de sistemas radiculares lignificados e possíveis bioporos resultantes da decomposição e renovação das raízes na superfície do solo, além da atividade biológica da mesofauna. Consideraram conjuntamente os elevados teores de carbono orgânico e a alta agregação proporcionada a essas camadas. Em solos sob mata nativa também foram encontrados valores de Macro diretamente proporcionais aos valores de condutividade hidráulica saturada (RIBEIRO et al., 2007). Diante das evidências, a incorporação de material orgânico no solo mineral aumenta a permeabilidade da água como resultado do aumento da porosidade e, por conseguinte, os solos florestais possuem um percentual de Macro através dos quais grandes quantidades de água pode se mover (PRITCHETT; FISHER, 1987).

Em face disso, o sistema poroso do solo também é ocupado pelas raízes das plantas, organismos do solo e espaço para as diversas trocas gasosas com a atmosfera (REICHERT et al., 2011). Do mesmo modo, a aeração do solo afeta a produtividade do sítio, influenciando o crescimento das espécies. Um bom fornecimento de oxigênio é necessário para o crescimento das raízes e absorção de

nutrientes, embora as espécies variem amplamente quanto a tolerância de déficit de oxigênio ou excesso de dióxido de carbono na zona radicial (PRITCHETT; FISHER, 1987). Prevedello (1996) considera que a porosidade deve ter 1/3 de Macro e 2/3 de Micro, devendo apresentar volume de poros de aeração superior a $0,10 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$. Embora, valores fixos sejam utilizados como referência para a estimativa da porosidade de aeração mínima necessária para a oxigenação de um sistema radicular, deve-se considerar a sua profundidade, a taxa de consumo de oxigênio e a porosidade total do solo (van LIER, 2001).

Segundo Hillel (1998), a composição granulométrica determina em grande parte a natureza e o comportamento do solo, principalmente em relação as interações com os fluidos e solutos. Como as partículas de argila são geralmente planas, contribuem para a área superficial específica total do solo. À exemplo disso, solos com alta fração de argila possuem maior área superficial específica, correlacionando-se com fenômenos importantes como a adsorção de água no solo. Além disso, contribuem também por meio do maior espaço poroso ocupado por Micro, pois quanto menor o raio do poro, maior será o estado de energia da água, podendo reter a tensões superiores a capacidade de extração pelas plantas.

Aspectos físicos do solo são importantes no crescimento de *Araucaria angustifolia*, principalmente em relação à profundidade efetiva do solo. A limitação do crescimento da espécie em solos rasos foi relatada por De Hoogh (1981), Carvalho (2003) e Silva et al. (2001), uma vez que é necessário um mínimo de 70 a 100 cm de profundidade de solo para o bom crescimento da espécie (van GOOR, 1965). O sistema radicular de *Araucaria angustifolia* é muito sensível as características físicas do solo, cujo desenvolvimento pode ser limitado devido à compactação, má aeração e hidromorfismo (BLUM, 1977; DE HOOGH, 1981). Como o desenvolvimento do sistema radicular está intimamente relacionado à absorção de água e nutrientes na camada superficial do solo, uma considerável porção da variação de crescimento de *Araucaria angustifolia* pode ser atribuída à fatores como a porosidade e capacidade de retenção de água no solo.

Em contrapartida, Puchalski, Mantovani e Reis (2006), sugerem que o clima é fator condicionante para o estabelecimento de *Araucaria angustifolia*, sendo mais importante que as condições edáficas. Segundo os autores, quando as temperaturas médias anuais são maiores (Cfa) do que as existentes na área de ocorrência natural, não se encontram populações naturais da espécie. Porém, salienta-se o fato de que

Araucaria angustifolia se mantém em locais onde as condições climáticas são menos favoráveis às formações tropicais, estando a condição mais associada a ação do clima limitando o avanço das folhosas, que requerem clima mais úmido e quente, com flutuações diurnas e sazonais mais homogêneas (BACKES, 1999). Para van Goor (1965), os tipos climáticos Cfa e Cfb (classificação de Köppen), caracterizados por apresentarem chuvas bem distribuídas durante o ano, não são limitantes, porém, altitudes abaixo de 500 metros são consideradas críticas para *Araucaria angustifolia*. No Rio Grande do Sul, em altitudes entre 400 a 300 m na região da Serra do Sudeste é possível observar indivíduos isolados, que em decorrência de zonas de escoamento de ar frio, encontraram condições térmicas semelhantes aos locais de elevada altitude para se desenvolver.

Estudos têm evidenciado a influência do fotoperíodo, temperatura e precipitação no crescimento de *Araucaria angustifolia* (MARQUES; ROPER; SALVALAGGIO, 2004; OLIVEIRA et al., 2009; OLIVEIRA; ROIG; PILLAR, 2010), bem como de outras espécies da região Sul do país (CALLADO et al., 2013; SHIMAMOTO et al., 2016). O crescimento das plantas é resultado de muitos processos metabólicos que respondem diversamente às variações dos fatores climáticos, considerando que estão intimamente relacionados a disponibilidade de recursos limitantes. Na formação dos anéis de crescimento, a largura dos anéis indica como pode ter sido a atuação do clima no crescimento de algumas espécies.

Segundo Lüttge e Hertel (2009), anéis mais grossos são formados durante anos com condições favoráveis para fotossíntese e crescimento, e anéis mais finos, quando as condições limitam a produtividade das espécies. Evidências anatômicas e dendrocronológicas demonstraram que os anéis de crescimento de *Araucaria angustifolia* são formados anualmente entre a primavera e o outono, sendo o fotoperíodo e a temperatura, os principais fatores ambientais que influenciam a sua atividade cambial sazonal (OLIVEIRA et al., 2009). Corroborando com o exposto, a fenologia de espécies da Floresta Ombrófila Mista, também foi parcialmente explicada pelas mesmas variáveis climáticas (MARQUES; ROPER; SALVALAGGIO, 2004).

Em Floresta Ombrófila Mista, a maior taxa de incremento diamétrico de *Araucaria angustifolia* ocorreu no verão, seguido da primavera, outono e inverno, responsáveis por 50, 31, 12 e 7% da produção anual, com incremento médio anual de 0,129 cm (FIGUEIREDO FILHO et al. 2003). Zanon e Finger (2010) observaram que o aumento da temperatura e precipitação influenciou positivamente o incremento

diamétrico de *Araucaria angustifolia*, mas a precipitação acompanhada de temperaturas baixas reduziu o crescimento. Esse resultado demonstra a importância da baixa temperatura como fator de restrição em regiões de clima frio e úmido.

Portanto, apesar da influência da precipitação na atividade cambial, a baixa temperatura e o comprimento do dia são considerados importantes fatores climáticos de restrição em regiões de clima temperado, pois inúmeras reações são desencadeadas na faixa de temperatura ótima, em que espécies temperadas apresentam pelo menos 80% da fotossíntese líquida máxima ocorrendo entre 12 a 16°C (CUNNINGHAM; READ, 2002), e temperaturas abaixo desse intervalo pode comprometer o crescimento.

Nesse sentido, estudos revelam a importância da temperatura na fisiologia da espécie, pois determina se irá ocorrer a mobilização de carboidratos para a formação de madeira na estação de crescimento tardio ou o armazenamento para o próximo período de crescimento. Embora os meses de maio a junho correspondam ao final da estação de crescimento, em razão de altas temperaturas, pode ocorrer estímulo do crescimento secundário, influenciando menores níveis de carboidratos disponíveis para a estação da primavera e, assim, determinando a formação de um anel mais estreito. O inverso pode ocorrer sob a influência de baixas temperaturas no outono (OLIVEIRA et al., 2009; OLIVEIRA; ROIG; PILLAR, 2010), ratificando a importância da temperatura nesse contexto.

O fotoperíodo e a temperatura são os principais fatores na determinação da atividade cambial sazonal da espécie (LÜTTGE; HERTEL, 2009; OLIVEIRA et al., 2009; MACHADO et al., 2010; OLIVEIRA; ROIG; PILLAR, 2010), pois estão relacionados ao regime de luz e estímulo de inúmeras reações fisiológicas necessárias para a formação de lenho inicial (dias mais quentes e longos) e tardio (dias mais frios e curtos). Por conseguinte, o período de formação de lenho inicial é caracterizado por intensa atividade cambial, com formação de vasos de maior diâmetro e frequência, resultando em alto incremento diamétrico. Na formação de lenho tardio ocorre o contrário, sendo que no final as taxas de incremento são extremamente baixas, sugerindo a existência de dormência cambial (OLIVEIRA et al., 2007). Em espécies tropicais, mesmo em clima úmido e menos sazonal, Shimamoto et al. (2016) observaram a associação da atividade cambial com os dias quentes e mais longos dos meses de verão.

A precipitação é uma variável climática correlacionada com o incremento diamétrico de *Araucaria angustifolia* (FIGUEIREDO FILHO et al., 2003; ZAMIN et al., 2013), mas alguns trabalhos tem demonstrado que a precipitação não tem sido um bom preditor da atividade cíclica anual de crescimento da espécie (MARQUES; ROPER; SALVALAGGIO, 2004; OLIVEIRA et al., 2007). Para Oliveira et al. (2007), o motivo deve-se ao clima estar sempre úmido ao longo do ano na região dos Campos de Cima da Serra, em que somente a temperatura é o elemento meteorológico de maior variação anual. Logo, por estar altamente associada a essas variáveis, como a temperatura média do ar e o comprimento do dia, a evapotranspiração também pode ser considerada boa indicadora para determinar os períodos sazonais de crescimento secundário da espécie (OLIVEIRA et al., 2009).

Em 1944, Thornthwaite introduziu o termo evapotranspiração potencial (ETP) para representar a perda de água para a atmosfera através de uma superfície natural gramada, padrão, sem restrição hídrica e associar a quantidade necessária de chuva para atender as necessidades de evaporação do solo e da transpiração das plantas (CAMARGO; CAMARGO, 2000). A partir da ETP e precipitação, pode-se estimar a disponibilidade de água no solo (deficiência ou excedente hídrico), por meio do balanço hídrico climatológico (BHC). Porém, quando a umidade no solo é insuficiente, a evapotranspiração fica reduzida, deixando de ser potencial e passando a evapotranspiração real (ETR), que é a perda de água da superfície natural, em qualquer condição de umidade e cobertura vegetal.

Para o cálculo da estimativa da ETP com o método de Thornthwaite (1948), utiliza-se o índice "I" (Índice de Calor Anual), correspondendo ao somatório de doze índices "i" mensais obtidos por equação exponencial, com base nas temperaturas médias mensais. Um fator de correção ajusta o número de dias do mês de brilho solar diário, em função da latitude. Logo, devido a sua relação com a temperatura do ar e o fotoperiodismo, sugere-se que a ETP possa refletir também a atividade cambial das espécies. Isso foi verificado por Zanon e Finger (2010), em que a maior precipitação e temperatura estiveram diretamente relacionadas a maior atividade cambial de *Araucaria angustifolia*, apresentando pico de crescimento no mês de janeiro, o qual foi responsável por 22% do incremento diamétrico anual. De fato, o processo que envolve a ETP requer suprimento de energia, cuja a única fonte disponível é a radiação solar e, portanto, a ETP será mais elevada no verão, quando os dias são mais longos e a radiação solar é maior (CAMARGO; CAMARGO, 2000).

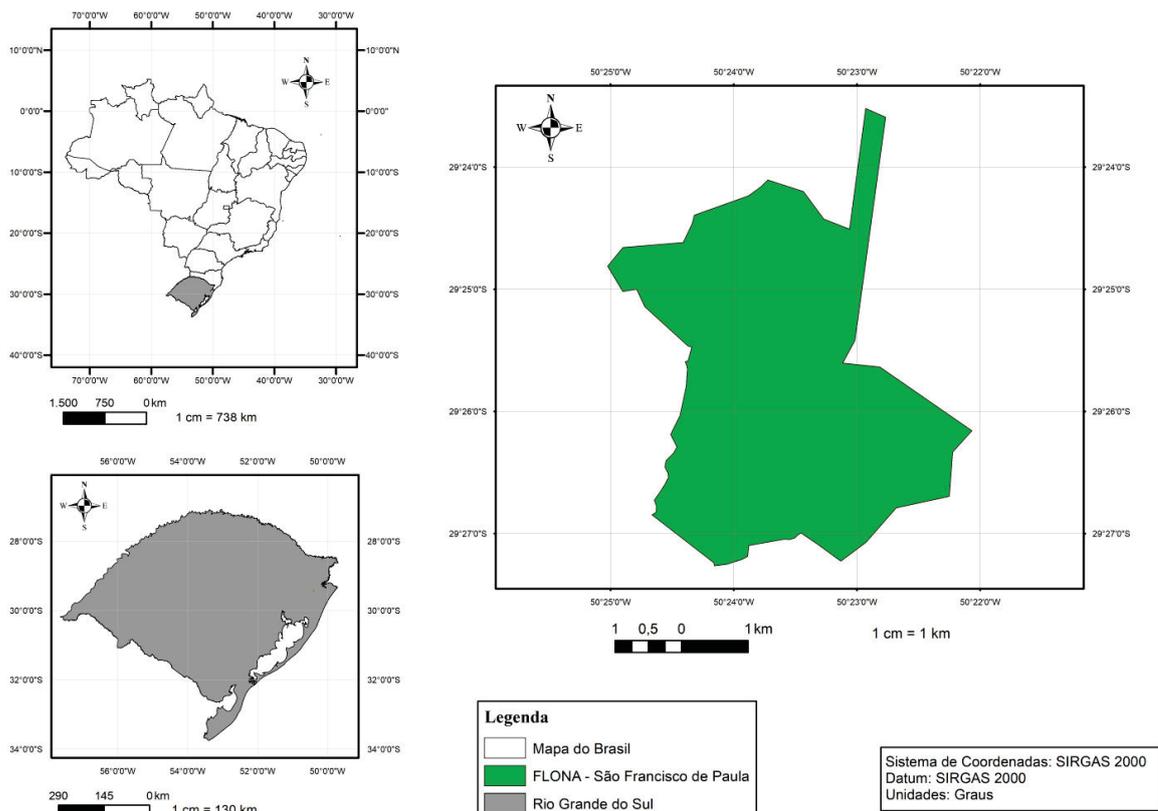
4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

4.1.1 Localização

O estudo foi conduzido na Floresta Nacional (Flona) de São Francisco de Paula, localizada no município de São Francisco de Paula, RS (FIGURA 4). O município encontra-se na região fisiográfica dos Campos de Cima da Serra, no extremo Nordeste do estado do Rio Grande do Sul, RS, com coordenadas geográficas 29°26'52" de latitude Sul, 50°35'02" de longitude Oeste de Greenwich e altitude de 907 m acima do nível do mar, distante 112 km de Porto Alegre, capital do estado.

FIGURA 4 - LOCALIZAÇÃO DA FLORESTA NACIONAL DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS.



FONTE: O autor (2017).

Distante 27 km da sede do município, a Flona de São Francisco de Paula encontra-se localizada no distrito de Rincão dos Kröeff, nas coordenadas geográficas

29°25'24" de latitude Sul, 50°23'13" de longitude Oeste de Greenwich, e altitude variando entre 630 a 930 m acima do nível do mar, inserida na bacia hidrográfica do Rio Rolante, afluente do Rio dos Sinos. Atualmente, a Flona é administrada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), sendo gerida de acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000.

Dentre as unidades de conservação, as Florestas Nacionais constituem-se em unidades de uso sustentável, visando compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcelas de seus recursos naturais. As áreas abrangem coberturas florestais predominantemente nativas, destinadas ao uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e à pesquisa científica, com ênfase em métodos para a exploração sustentável de florestas nativas (ICMBIO, 2009). Dobrovolski et al. (2006) ressaltaram que, embora a Flona de São Francisco de Paula não seja de proteção integral, ela tem papel fundamental na conservação da biodiversidade por estar localizada em área com remanescentes conservados de Floresta Ombrófila Mista e abrigar muitos animais que estão ameaçados de extinção.

A Flona de São Francisco de Paula possui área de 1.606,69 ha, dos quais mais de 900 ha são ocupados com vegetação natural (56% da área total), com predominância da Floresta Ombrófila Mista, ocorrendo também à presença de campos nativos e banhados, mas em menor abrangência (BRASIL, 2000). As florestas plantadas estão representadas com pouco mais de 600 ha de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, *Pinus taeda* L., *Pinus elliottii* Engelm. e *Eucalyptus* sp., dentre outras espécies de interesse comercial, perfazendo 39% da área. O restante (5%) é ocupado pela infraestrutura do local, como estradas e sede administrativa.

4.1.2 Clima

O clima predominante na região é do tipo Cfb, temperado úmido, de acordo com a classificação climática de Köppen, em que a temperatura média no mês mais quente é inferior a 22 °C, e no mês mais frio superior a 3 °C. A temperatura média anual fica em 14,1 °C e a precipitação média anual é de 2.468 mm, distribuída de forma regular durante todos os meses do ano (MORENO, 1961; MALUF, 2000); com chuvas de até 205 mm em apenas 24 horas (BRASIL, 1973). Ressalta-se que somente algumas sub-regiões do Rio Grande do Sul registram precipitações acima de 2.000

mm, como evidenciado na restrita área em torno do município de São Francisco de Paula, situada acima de 900 m, na borda da escarpa do Planalto das Araucárias, a barlavento das correntes perturbadas de origem polar, propiciando as precipitações mais elevadas da Região Sul (NIMER, 1990). Em algumas sub-regiões, as precipitações pluviais podem atingir até 2.500 mm, não havendo déficits hídricos expressivos em nenhuma época do ano (IBGE, 1986).

No município de São Francisco de Paula, as geadas são frequentes, ocorrendo de março a dezembro, e nos invernos mais rigorosos ocorre à formação de neve (BRASIL, 1973). A umidade relativa do ar é alta, em torno de 86% (MORENO, 1961) e, por esse motivo, é a região mais afetada por nevoeiros, como consequência do predomínio dos ventos alísios do mar em direção a terra, pela sua proximidade com o litoral Norte do estado (MOTA et al., 1971). De tal modo que, localmente, esse comportamento é conhecido por “viração” (RAMBO, 2005), em que as correntes de ar vindas do oceano encontram-se saturadas de água e perdem parte da sua temperatura, forçando a massa de ar a subir e estabelecer espessos nevoeiros sobre os aparados e os campos situados na região. Esse fenômeno garante a sustentabilidade de um grande número de espécies, visto que a ocorrência de nevoeiros está associada à reposição de muitos nutrientes ao solo.

4.1.3 Relevo e solo

Na região dos Campos de Cima da Serra, com cotas acima de 900 m, em relevo ondulado a fortemente ondulado, são encontrados os Cambissolos Húmicos Alumínicos organossólicos e os típicos, que podem ocorrer associados aos Neossolos Litólicos (STRECK et al., 2008). Juntamente com os Cambissolos e Neossolos, é comum a ocorrência de afloramentos rochosos na paisagem, devido ao relevo fortemente acidentado.

O tipo de solo predominante na região é classificado como Cambissolo Húmico Alumínico típico (EMBRAPA, 2013), pertencente à Unidade de Mapeamento Bom Jesus, na qual predominam solos pouco profundos ou rasos, com cores bruno escuras a bruno avermelhadas, argilosos, friáveis e com horizonte B incipiente (BRASIL, 1973); ocorrendo sobre basaltos e rochas efusivas ácidas associadas ao Juracretáceo (IBGE, 1986).

Na Flona de São Francisco de Paula, o relevo apresenta-se de ondulado a fortemente ondulado na parte Norte, com altitude máxima de 930 m, e acidentado na parte Sul, formando cânions de até 100 m de profundidade (BRASIL, 2000), como pode ser observado nas calhas do Arroio Lajeado e da Usina e os peraus do Macaco Branco (LONGHI; ARAÚJO; BRENA, 2008). Dentre as áreas prioritárias para a conservação no interior da Flona, que totalizam 1.014,4 ha (63,2% da área total da unidade), 7,1% correspondem as áreas com declividade superior a 30° (DOBROVOLSKI et al., 2006).

4.1.4 Vegetação natural

Conforme o sistema fisionômico-ecológico de classificação da vegetação mundial estabelecido pela UNESCO, e adaptado às condições brasileiras (IBGE, 2012), a unidade fitogeográfica que ocorre naturalmente na Flona de São Francisco de Paula é formada predominantemente pela Floresta Ombrófila Mista do tipo Montana, situada entre 400 e 1.000 m de altitude; embora apresente a particularidade de estar em uma zona de transição com a Floresta Ombrófila Densa. A tipologia florestal encontra-se em bom estado de conservação, preservando características originais e favorecendo a escolha das áreas no presente estudo.

A Floresta Ombrófila Mista está representada no bioma Mata Atlântica no Sul do Brasil por uma formação florestal que mistura floras de origens distintas, definindo padrões fitofisionômicos típicos. Caracteriza-se pela coexistência de representantes das floras tropical (afro-brasileira), associada a condições climáticas hodiernas, de maior temperatura e umidade; e outra temperada (austro-brasileira), bastante antiga, oriunda de clima mais frio, com relevância fisionômica de elementos *Coniferales* e *Laurales*, e dispersão natural do pinheiro-brasileiro ou pinheiro-do-paraná, *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae), espécie gregária de alto valor econômico e paisagístico (LEITE; KLEIN, 1990). Nesse sentido, a Floresta Ombrófila Mista possui grande importância ecológico-econômica por abrigar a conífera mais expressiva da vegetação brasileira, *Araucaria angustifolia* (NARVAES; BRENA; LONGHI, 2005), estando associada aos gêneros *Campomanesia*, *Capsicodendron*, *Cryptocarya*, *Ilex*, *Matayba*, *Nectandra*, *Ocotea*, *Podocarpus*, e diversas outras Mirtáceas e Aquifoliáceas (LEITE, 1994).

Deve ser considerado ainda, mas em menor abrangência, as Savanas Gramíneo-Lenhosas (IBGE, 1986), representadas no bioma Mata Atlântica no sul do Brasil pela vegetação campestre denominada Campos de Altitude do Planalto das Araucárias ou Campos de Cima da Serra. As áreas predominam em zonas de maior altitude com cotas superiores a 800 m (BOLDRINI, 2002), onde a paisagem é composta por campos entremeados com a Floresta Ombrófila Mista (BOLDRINI et al., 2009), formando na matriz campestre um sistema em mosaico. Os mosaicos campo-floresta caracterizam grande parte da paisagem que ainda apresenta aspecto natural, considerando as massivas alterações na paisagem que têm ocorrido pela conversão das áreas em agricultura e silvicultura (BEHLING et al., 2009; PILLAR; VÉLEZ, 2010). Em geral, apresenta vegetação típica de ambientes montano a alto-montano, com estrutura arbustiva e/ou herbácea; sendo considerada um relicto de condição climática semi-árida anterior, associada à última glaciação (KLEIN, 1960; RODERJAN et al., 2002).

4.2 DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

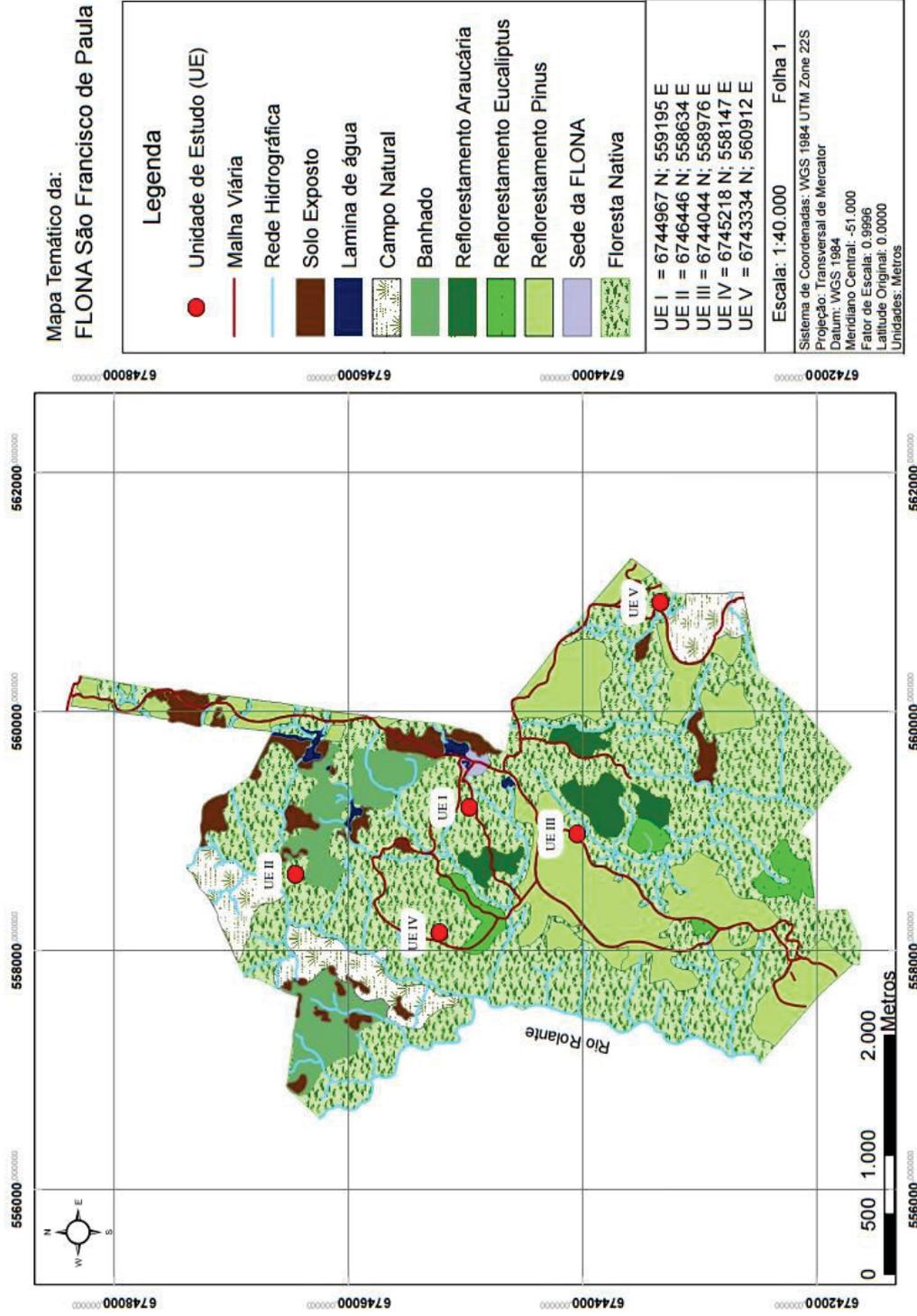
As unidades de estudo avaliadas fazem parte do Projeto Ecológico de Longa Duração (PELD), intitulado: Conservação e Manejo Sustentável de Ecossistemas Florestais – Bioma Floresta de Araucária e suas Transições. No ano de 2000, foram instaladas 10 parcelas permanentes na Flona de São Francisco de Paula, com área de 1 ha (100 m x 100 m) cada e 100 subunidades (10 m x 10 m) em seu interior, remedidas anualmente por processo de repetição total, até 2009, ano em que o projeto foi encerrado. As parcelas foram alocadas no ano de 2000 por meio do conhecimento prévio da área, buscando contemplar a máxima variação ecológica do ambiente (gradientes ambientais).

Todas as árvores com circunferência à altura do peito igual ou maior do que 30 cm foram identificadas em nível de espécie (APG III, 2009) e receberam marcação permanente na altura de coleta dos diâmetros, favorecendo remedições com maior precisão. Concomitante às remedições anuais, foram avaliados os recrutamentos, considerando as árvores que atingiram 30 cm de circunferência, e as mortalidades, para as árvores que cessaram suas atividades fisiológicas.

Considerando a totalidade de 10 parcelas alocadas na área, 5 delas foram selecionadas para o presente estudo, seguindo o critério de densidade de árvores da

espécie *Araucaria angustifolia* (FIGURA 5). Dessa forma, foram selecionadas as unidades de estudo (UE) com maior e menor densidade de árvores da espécie, e três UE com valores intermediários.

FIGURA 5 – LOCALIZAÇÃO DAS UNIDADES DE ESTUDO NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS



FONTE: O autor (2017).

4.2.1 Caracterização estrutural e florística das unidades de estudo

A análise da estrutura horizontal é importante para compreender o estágio de desenvolvimento da floresta, e as espécies e associações que a compõem. Os estudos de estrutura horizontal são capazes de informar a participação de cada espécie e a sua distribuição na paisagem (LAMPRECHT, 1990). Dessa forma, podem sugerir quais assumem maior importância e quais podem ser consideradas raras na floresta. A aplicabilidade do conhecimento dos padrões florísticos e estruturais auxiliam na elaboração de estratégias que visem à conservação e restauração da Floresta Ombrófila Mista. Para esse fim, foram calculados os seguintes parâmetros fitossociológicos propostos por Mueller-Dombois e Elleberg (1974), referentes ao último ano inventariado (2009):

a) Densidade

Expressa a participação das diferentes espécies dentro da floresta.

- Densidade absoluta (DA): definida como o número de indivíduos de uma espécie por unidade de área (hectare) (EQUAÇÃO 1).

$$DA = \frac{n}{A} \quad (1)$$

Em que:

n = número de indivíduos de uma determinada espécie.

A = área em hectare.

- Densidade relativa (DR): expressa, em porcentagem, a participação de cada espécie em relação ao número total de indivíduos (EQUAÇÃO 2).

$$DR = (n/N) * 100 \quad (2)$$

Em que:

n = número de indivíduos de determinada espécie.

N = número total de indivíduos.

b) Frequência

Demonstra a distribuição espacial de cada espécie na área, inferindo informações a respeito da dispersão das espécies. Indica o número de subunidades que a espécie ocorre em relação ao número total de subunidades.

- Frequência absoluta (FA): expressa, em porcentagem, a proporção de ocorrência de uma espécie em determinada área (EQUAÇÃO 3).

$$FA = (p_i/P) * 100 \quad (3)$$

Em que:

p_i = número de subunidades com ocorrência da espécie i .

P = número total de subunidades na unidade de estudo.

- Frequência relativa (FR): expressa, em porcentagem, a frequência absoluta de determinada espécie em relação a soma das frequências absolutas de todas as espécies (EQUAÇÃO 4).

$$FR = \left(FA_i / \sum FA \right) * 100 \quad (4)$$

Em que:

FA_i = frequência absoluta de determinada espécie i .

$\sum FA$ = somatório das frequências absolutas de todas as espécies amostradas.

c) Dominância

Refere-se à taxa de ocupação da floresta pelos indivíduos de dada espécie por unidade de área (hectare). Originalmente é obtida pela projeção da copa dos indivíduos sobre o solo, mas devido a dificuldades para obter a medida, é representada em termos de área basal.

- Dominância absoluta (DoA): definida como a proporção de tamanho, expressa pela área basal de cada espécie da floresta (EQUAÇÃO 5).

$$DoA = \frac{g_i}{A} \quad (5)$$

$$g_i = \frac{\pi \cdot \text{DAP}^2}{4}$$

Em que:

g_i = área basal total de uma determinada espécie i .

DAP = diâmetro à altura do peito.

A = área em hectare.

- Dominância relativa (DoR): expressa, em porcentagem, a área basal de determinada espécie (g_i) em relação a área basal de todas as espécies amostradas (EQUAÇÃO 6).

$$\text{DoR} = (g_i/G) * 100 \quad (6)$$

$$G = \sum g_i$$

Em que:

G = somatório das áreas basais individuais.

- Valor de cobertura (VC): representa a soma dos valores relativos de densidade e dominância das espécies amostradas (EQUAÇÃO 7).

$$\text{VC} = \text{DR} + \text{DoR} \quad (7)$$

Em que:

DR = densidade relativa da espécie.

DoR = dominância relativa da espécie.

- Valor de importância (VI): representa a soma dos valores relativos de densidade, frequência e dominância das espécies amostradas, caracterizando a importância de cada espécie na floresta (EQUAÇÃO 8).

$$\text{VI} = \text{DR} + \text{FR} + \text{DoR} \quad (8)$$

Em que:

DR = densidade relativa da espécie.

FR = frequência relativa da espécie.

DoR = dominância relativa da espécie.

A análise da diversidade florística foi efetuada por meio do cálculo dos índices de Shannon, Dominância de Simpson e Equabilidade de Pielou.

- Índice de Diversidade de Shannon (H'): expressa a heterogeneidade florística das áreas de estudo (EQUAÇÃO 9). O índice considera que os indivíduos são amostrados ao acaso, a partir de uma população infinita de igual peso entre as espécies raras e abundantes (PIELOU, 1975). O valor do índice de Shannon geralmente situa-se entre 1 e 3, podendo exceder os 4,0 e alcançar em torno de 4,5 em ambientes florestais tropicais (FELFILI; REZENDE, 2003).

$$H' = - \sum_{i=1}^S (p_i)(\ln p_i) \quad (9)$$

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Em que:

H' = índice de Shannon; S = número de espécies na comunidade vegetal; p_i = abundância proporcional da i -ésima espécie, ou seja, a densidade relativa de cada espécie; n_i = número de indivíduos da i -ésima espécie e N = número total de indivíduos da comunidade vegetal.

- Dominância de Simpson (D): expressa a probabilidade de dois indivíduos, selecionados ao acaso, pertencerem à mesma espécie (EQUAÇÃO 10). Em uma comunidade com maior diversidade ocorrerá menor dominância de Simpson, pois menor será a probabilidade de selecionar espécies iguais ao acaso. O valor estimado de Dominância de Simpson varia de 0 a 1, sendo que, para valores próximos de um, a diversidade é considerada maior.

$$D = - \left(\sum p_i^2 \right) + 1 \quad (10)$$

Em que:

D = índice de Simpson para a comunidade vegetal; e p_i = abundância proporcional da i -ésima espécie, ou seja, a densidade relativa de cada espécie.

- Equabilidade de Pielou (J'): expressa a proporção da diversidade observada no Índice de Shannon pela máxima diversidade potencial (EQUAÇÃO 11). O valor do Índice assume valores entre 0 a 1. Quando a uniformidade alcança seu valor

máximo, o índice assume valor igual a um e sugere que todas as espécies estão igualmente abundantes (POLLOCK, 1998).

$$J' = \frac{H'}{\ln(S)} \quad (11)$$

Em que:

J' = índice de Equabilidade de Pielou; H' = valor do Índice de Shannon; $\ln(S)$ diversidade máxima; e S = número de espécies amostradas, condicionado a $S \geq 2$.

4.2.2 Análise do crescimento das unidades de estudo

O crescimento dos indivíduos pertencentes às unidades de estudo foi expresso por meio do Incremento Corrente Anual em diâmetro (ICAd), correspondendo ao valor do aumento da produção no período de um ano (CAMPOS; LEITE, 2013). Dessa forma, o ICAd foi calculado para o período de 2000 a 2009.

4.3 COLETA E ANÁLISES DO SOLO

A coleta das amostras de solo foi realizada em agosto de 2015, por meio da abertura de cinco trincheiras, uma em cada UE selecionada, localizada baseando-se na *Araucaria angustifolia* cujo valor do ICAd representou o mais próximo do valor mediano para cada UE. Ao contrário da média aritmética, adotando a mediana como referência do diâmetro central da espécie, evita-se a influência dos valores extremos, conforme sugerido por Schaaf et al. (2006).

Em cada trincheira, coletaram-se amostras com estrutura deformada e indeformada nas camadas de 0-5; 5-20; 20-40; e 40-60 cm de profundidade. Na UE I, foi possível coletar amostras indeformadas somente até 20 cm de profundidade. As amostras com estrutura deformada continham solo de toda espessura da camada. Para as amostras com estrutura indeformada, coletaram-se três repetições no centro de cada camada, em anéis volumétricos metálicos de 3,0 cm de altura e 6,0 cm de diâmetro, introduzido verticalmente no solo.

4.3.1 Granulometria do solo

A análise granulométrica do solo foi determinada no Laboratório de Física do Solo da Universidade Federal do Paraná, por meio da quantificação do teor de argila (fração menor que 0,002 mm), silte (0,002 – 0,05 mm), areia fina (0,05 – 0,20 mm) e areia grossa (fração superior a 0,20 mm), aplicando-se o método do Densímetro de Bouyoucos (GEE; BAUDER, 2002). A caracterização granulométrica seguiu os grupamentos texturais descritos no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013).

4.3.2 Carbono orgânico do solo

O carbono orgânico do solo (COS) foi determinado no Laboratório de Química e Fertilidade do solo da Universidade Federal do Paraná, por oxidação, redução dos íons Cr (III) do dicromato de sódio e leituras utilizando o método colorimétrico (QUAGGIO; RAIJ, 1979).

4.3.3 Curva de retenção de água no solo

No Laboratório de Relações Solo-Água-Planta-Atmosfera, da Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná (UNICENTRO), as amostras foram preparadas retirando-se o excesso de solo das partes superior e inferior do anel, com o auxílio de uma espátula, para que o solo permanecesse ajustado ao volume do anel. Na sequência, a parte inferior do anel foi envolvida com um pano poroso preso com elástico (FIGURA 6a, b, c). Dentro de uma bandeja, as amostras foram saturadas por ascensão capilar, durante 48 horas, sendo a lâmina de água elevada gradativamente até atingir cerca de $\frac{2}{3}$ da altura das amostras, para a determinação do conteúdo volumétrico no estado de saturação (EMBRAPA, 2011). Posteriormente, as amostras foram submetidas aos seguintes potenciais matriciais: -6, -10, -33, -100, -500 e -1500 kPa, utilizando às câmaras de pressão de Richards (KLUTE, 1986). O conteúdo volumétrico de água no solo (θ) ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$) nas respectivas tensões de equilíbrio foi quantificado por meio da pesagem em balança.

FIGURA 6 - COLETA, ACONDICIONAMENTO E PREPARO DAS AMOSTRAS DE SOLO COM A ESTRUTURA PRESERVADA PARA A DETERMINAÇÃO DA CURVA DE RETENÇÃO NA CÂMARA DE RICHARDS



Fonte: O autor (2015).

A curva de retenção de água no solo foi ajustada aos pontos amostrados com a Equação 12, proposta por van Genuchten (1980). Para isso, foi utilizado o programa computacional SWRC versão 3.0 (*Soil Water Retention Curve*), desenvolvido por Dourado-Neto et al. (2001).

$$\theta = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{(1 + |\alpha \cdot \psi_m|^n)^m} \quad (12)$$

Em que:

θ = conteúdo de água volumétrica no solo ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$); θ_r = conteúdo residual de água volumétrica no solo ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$); θ_s = conteúdo de água volumétrica na condição de solo saturado ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$); ψ_m = potencial matricial da água no solo (kPa); e α , m e n = parâmetros empíricos de ajuste da equação, sendo α (kPa^{-1}), n e m são adimensionais; assumindo a restrição $m = 1 - 1/n$ (MUALEM, 1976).

A água disponível para as plantas (AD) foi obtida pela diferença entre o θ na capacidade de campo (CC, -33 kPa) e θ no ponto de murcha permanente (PMP, -1500 kPa). Por meio da curva de retenção foi possível calcular a distribuição do tamanho dos poros em diferentes classes (HILLEL, 1998). A curva de distribuição do tamanho de poro foi obtida da derivada da equação de van Genuchten com relação ao potencial matricial, e o diâmetro de poro equivalente foi estimado utilizando a forma reduzida da ascensão capilar (EQUAÇÃO 13).

$$\text{EPD} = \frac{300}{\psi} \quad (13)$$

Em que:

EPD = Diâmetro equivalente ao menor poro (mm) drenado em sucção de água ψ (kPa).

4.3.4 Porosidade total, macro e microporosidade

A porosidade total (Pt) determina o volume de poros totais do solo ocupado por água, sendo obtida diretamente por meio do conteúdo volumétrico no estado de saturação. Dessa forma, foi possível a determinação da microporosidade (Micro), pois a amostra saturada submetida à tensão de -6 kPa perde a água contida nos macroporos (poros com diâmetros $\geq 0,05$ mm, em Richards, 1965), restando apenas a água retida no volume de microporos. Logo, a microporosidade (Macro) foi calculada pela diferença entre a porosidade total e a microporosidade (EQUAÇÃO 14).

$$\text{Macro} = \text{Pt} - \text{Micro} \quad (14)$$

Em que:

Macro = microporosidade ($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$); Pt = porosidade total ($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$); e Micro = porosidade microporosidade ($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$).

4.3.5 Densidade global do solo

Por fim, as amostras indeformadas foram secas em estufa a 105°C até peso constante. Desse modo, foi possível determinar a densidade global do solo (Ds) pelo método do cilindro (EMBRAPA, 2011).

4.4 EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL E BALANÇO HÍDRICO

Os dados meteorológicos utilizados para calcular a evapotranspiração potencial (ETP) e o balanço hídrico climatológico (BHC), foram observados na Estação Meteorológica de Bom Jesus (nº. 83919), no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada nas coordenadas geográficas $28^\circ 40'$ de latitude Sul e $50^\circ 26'$ de longitude Oeste, com altitude média de 1.047,50 m acima do nível do mar, distante aproximadamente 80 km da Flona de São Francisco de Paula, RS. Embora existam estações meteorológicas mais próximas do local de estudo, a estação foi escolhida por apresentar dados meteorológicos contínuos com os anos do inventário, além disso, a altitude apresenta-se muito similar ao local em questão. A estação

realiza automaticamente duas leituras diárias. Dessa forma, os dados meteorológicos foram agrupados mensalmente e calculados entre os anos de 2000 a 2009.

A evapotranspiração potencial foi calculada com método de Thornthwaite. Para Camargo e Camargo (2000), o método é adequado para regiões de clima úmido, independente da latitude e altitude, e baseia-se na temperatura média e no comprimento do dia, utilizando-se as seguintes equações:

$$ETP_N = 16 \left(10 \frac{T_i}{I}\right)^a \quad (15)$$

O valor de “a” é dado pela função cúbica do índice de calor anual:

$$a = 0,49239 + 1,7912 \cdot 10^{-2} I - 7,71 \cdot 10^{-5} I^2 + 6,75 \cdot 10^{-7} I^3 \quad (16)$$

O índice de calor anual é calculado pela seguinte equação:

$$I = \sum_{i=1}^{12} (0,2 T_i)^{1,514} \quad (17)$$

$$ETP = ETP_N \cdot F_c \quad (18)$$

Em que:

ETP_N = evapotranspiração potencial mensal não ajustada (mm); T_i = temperatura média mensal ($^{\circ}C$); I = Índice de calor anual (soma dos 12 índices mensais de calor “i”), considerando $T_i > 0^{\circ}C$; a = coeficiente exponencial da equação; ETP = evapotranspiração potencial mensal (mm); e F_c = fator de correção tabelado para ajuste do número de dias do mês de brilho solar diário, em função da latitude, disponível em Pereira, Villa Nova e Sediayama (1997).

O balanço hídrico climatológico (BHC) foi desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1955) para determinar o regime hídrico de um local, sem necessidade de medidas diretas das condições do solo (PEREIRA, 2005); sendo uma das formas de se monitorar o armazenamento de água no solo (ARM). Baseia-se na aplicação do princípio da conservação de massa para água em determinado volume de solo (PEREIRA; VILLA NOVA; SEDIYAMA, 1997).

Para fins de determinação do BHC, aplicou-se a metodologia de Thornthwaite e Mather (1955), com base nos dados mensais de precipitação (P_p), estimativa da

evapotranspiração potencial (ETP) e capacidade de campo (CC), essa última obtida pela curva de retenção de água no solo. Desse modo, foi possível determinar o regime hídrico das UE sem a necessidade de medidas diretas das condições do solo, permitindo calcular a evapotranspiração real (ETR), a deficiência (DEF) ou o excedente hídrico (EXC), e o total de água retida no solo (ARM).

Como o solo é um reservatório que dificulta a saída da água à medida que seca, nos períodos em que a P_p é menor que a ETP, a água retida torna-se uma função dessa demanda potencial ($P_p - ETP < 0$) e da CC adotada (armazenamento máximo de água disponível no solo em função de suas características físico-hídricas) (PEREIRA, 2005). Havendo uma sequência de períodos nessa condição, a água retida no solo será uma função dos valores negativos acumulados de $P_p - ETP$, ou seja, da perda potencial acumulada (PPA) (THORNTHWAITE e MATHER, 1955). Caso contrário, não havendo PPA, ocorre um excesso de água no solo e, quando superior a capacidade de campo (quantidade máxima de água que o solo consegue reter contra a força da gravidade), a água poderá ter outro destino (RIZZI, 2013a). O mesmo autor esclarece que a máxima evapotranspiração para uma determinada temperatura e latitude de um local é denominada de evapotranspiração climatológica. De modo que no balanço de massas, a diferença entre a P_p e a evapotranspiração climatológica (ETP) será a evapotranspiração real (ETR), podendo-se obter as seguintes situações (adaptado de RIZZI, 2013a):

- $P_p - ETP \geq 0$, a PPA é igual a zero e o ARM igual a CC, não ocorrendo déficit hídrico;
- $P_p - ETP < 0$, a PPA é igual a diferença entre ($P_p - ETP$) para o primeiro mês de seca, e igual a soma do ($P_p - ETP$) do mês com a PPA acumulada do mês anterior, até o final do período seco. Nesse período, o ARM é calculado pela Equação 19:

$$ARM = CC \cdot \exp \cdot \left(- \frac{PPA}{CC} \right) \quad (19)$$

Em que:

ARM = armazenamento de água no solo (mm); CC = capacidade de campo (mm); e PPA = perda potencial acumulada $-(P_p - ETP)$.

- O ARM do mês úmido, que segue o período de seca, é igual à soma do $(P_p - ETP)$ do mês mais ARM do mês anterior. Conhecendo o ARM calcula-se PPA, pela logaritimização da Equação (19), conforme Equação (20).

$$-\ln\left(\frac{ARM}{CC}\right) = \frac{-PPA}{CC} \quad (20)$$

Em que:

ARM = armazenamento de água no solo (mm); CC = capacidade de campo (mm); e PPA = perda potencial acumulada (mm).

- (ΔS) : variação da reserva de água no solo, obtida pela diferença da reserva de água no solo (ARM) de um mês para outro subsequente;
- Evapotranspiração Real (ETR): nos meses em que $P_p - ETP \geq 0$, com ΔS positivo, considera a ETR igual a ETP. Porém, nos meses em que a $P_p - ETP < 0$, ETR é igual a $P_p - \Delta S$;
- Déficit hídrico (DEF): é a diferença entre $ETP - ETR$, para que haja déficit hídrico no mês, a soma de $P_p - ETP$ tem que ser negativo, ou seja, o solo começa a secar resultando ETR menor que ETP, logo a deficiência é igual à $ETP - ETR$; sem déficit hídrico, a soma $P_p - ETP$ é positiva indicando que a $ETP = ETR$;
- Excedente hídrico (EXC): é a diferença entre $P_p - ETP - \Delta S$, conhecendo o déficit hídrico tem-se diretamente o excedente, pois meses com deficiência tem $ARM < CC$ não podendo existir excesso.

4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Na análise estatística aplicou-se análise multivariada, em que os parâmetros fitossociológicos (variáveis) das espécies (objetos) inseridas nas Unidades de Estudo foram agrupados baseando-se na distância euclidiana média (metade da maior distância), utilizada como medida de dissimilaridade:

$$d_{ii'} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_j (x_{ij} - x_{i'j})^2} \quad (21)$$

Em que:

$d_{ii'}$ = distância euclidiana entre os objetos i e i' ;

x_{ij} = observação na i-ésima espécie em referência a j-ésima variável;
 n = número de variáveis em estudo.

Os resultados da análise de Agrupamento foram expressos em dendrogramas (diagrama do tipo árvore), em que as espécies foram elencadas de acordo com as semelhanças nos parâmetros fitossociológicos.

A partir da mensuração contínua dos diâmetros da floresta, que forneceu os dados necessários para o cálculo dos incrementos correntes em diâmetro (ICAd), foram analisadas as diferenças estatísticas do ICAd entre *Araucaria angustifolia* e as demais espécies da Floresta Ombrófila Mista, sendo a segunda representada pelas dez espécies com maior valor de importância de cada UE. Logo, a análise de variância foi realizada para dois tratamentos, *Araucaria angustifolia* e Espécies, ao nível de 5% de significância. Para a avaliação dos ICAd entre as diferentes UEs, foi aplicado um delineamento em blocos ao acaso, contendo cinco blocos (UEs). Foram utilizadas as médias dos ICAd de cada indivíduo, posteriormente a média para cada tratamento em cada ano avaliado, totalizando nove anos avaliados, utilizados como repetições.

Caso verificadas diferenças estatísticas significativas entre tratamentos e blocos, o teste de médias de Tukey foi aplicado ao nível de 5% de significância. Para isso, os pressupostos estatísticos para cálculo da análise de variância, como o de normalidade e homocedasticidade, foram avaliados pelo teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov e homogeneidade de variâncias pelo teste de Bartlett, ambos ao nível de 5% de probabilidade.

A partir dos incrementos médios em diâmetro de *Araucaria angustifolia* e as espécies com maior valor de importância dentro de cada UE, foram calculadas as correlações de Spearman, com o objetivo de definir quais espécies apresentaram maior relação linear (correlação) com as variáveis climáticas.

Para identificar as relações lineares entre pares de dados de crescimento (ICAd) e as variáveis ambientais, foram aplicadas correlações não paramétricas de Spearman (ρ), para *Araucaria angustifolia* e as dez espécies com maior VI em cada UE. Os valores de correlação, que podem ser positivos (relação direta) ou negativos (relação inversa) foram identificados de acordo com sua força, inserida entre os intervalos de zero a um, sendo que, quanto maior o valor, mais forte será a relação dos pares: $0 < \rho < 0,30$ corresponde a correlação fraca; $0,30 \leq \rho < 0,60$ corresponde a correlação moderada; $0,60 \leq \rho < 0,90$ corresponde a correlação forte; $\rho \geq 0,90$ corresponde a correlação muito forte (CALLEGARI-JACQUES, 2003).

$$\rho = 1 - \frac{6 \cdot \sum d_i^2}{n \cdot (n^2 - 1)} \quad (22)$$

Em que:

ρ = Correlação de spearman;

d_i = corresponde a diferença entre os postos de valores correspondentes a x e y;

n = corresponde ao número de pares.

A significância da correlação foi calculada pelo valor de t que utiliza como base o valor resultante da correlação ρ , e o número de pares correlacionados. O resultado será comparado com o valor de t contido na tabela student, permitindo identificar a significância ou não.

$$t = \frac{\rho}{\sqrt{\frac{(1 - \rho^2)}{(n - 2)}}} \quad (23)$$

Em que:

t = valor calculado para comparação com o valor de t Student com significância de 95%;

n = corresponde ao número de pares da correlação.

Para analisar as combinações lineares entre os conjuntos de variáveis relacionadas ao incremento e variáveis ambientais, representadas pelas variáveis climáticas (temperatura, insolação, evapotranspiração potencial, precipitação) e propriedades físico-hídricas do solo (análise granulométrica, densidade global do solo, porosidades, capacidade de campo, ponto de murcha permanente e água disponível), foi aplicada a análise de correlação canônica (ACC). A partir dos resultados gerados pela ACC é possível identificar quais variáveis exercem maior peso (favorecendo ou limitando) o crescimento, logo foram utilizados os valores de Incremento periódico em diâmetro, diferentemente da correlação de Spearman que utilizou os incrementos correntes anuais para avaliar o efeito do crescimento sob as variáveis climáticas.

Para os dados utilizados na análise da curva de retenção e porosidades nas diferentes camadas do solo, foi aplicado o teste de Kruskal-Wallis, ao nível de 5% de significância, que avalia se os dados amostrados provêm de uma mesma distribuição. Equivalente ao teste F utilizado na Análise de Variância, o teste de Kruskal-Wallis, por ser não paramétrico, não depende que as amostras assumam os pressupostos de normalidade em sua distribuição e variâncias homogêneas (homocedasticidade).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ANÁLISE DOS PARÂMETROS DO SOLO

5.1.1 Análise granulométrica

Os dados da análise granulométrica (TABELA 1) permitiram verificar que camadas sobrejacentes dos perfis de solos das UE apresentaram textura argilosa a muito argilosa, com exceção da UE I, com textura média.

TABELA 1 - FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS DOS SOLOS E SUAS RESPECTIVAS CLASSES TEXTURAIIS, PARA AS UNIDADES E CAMADAS EM ESTUDO, NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS, BRASIL

Camada cm	Areia			Silte	Argila	Textura	Estrutura	Declividade
	Total	Grossa	Fina					
g·kg ⁻¹								
Unidade de Estudo I								
0 - 5	488	388	100	288	225	Média	Granular	10%
5 - 20	337	260	77	275	388	Argilosa	Granular	
20 - 40	388	318	69	275	338	Média	Granular	
40 - 60	463	368	94	300	238	Média	Granular	
Unidade de Estudo II								
0 - 5	350	297	53	213	438	Argilosa	Granular	24%
5 - 20	225	192	33	225	550	Argilosa	Granular	
20 - 40	250	218	32	225	525	Argilosa	Granular	
40 - 60	275	237	38	213	513	Argilosa	Granular	
Unidade de Estudo III								
0 - 5	175	127	48	338	488	Argilosa	Bl. Sub.	16%
5 - 20	125	88	37	313	563	Argilosa	Bl. Ang/Sub.	
20 - 40	163	141	22	225	612	Muito Argilosa	Bl. Ang.	
40 - 60	148	125	23	210	642	Muito Argilosa	Bl. Ang.	
Unidade de Estudo IV								
0 - 5	363	282	80	325	313	Média	Granular	30%
5 - 20	200	160	40	363	438	Argilosa	Granular	
20 - 40	188	146	41	363	450	Argilosa	Granular	
40 - 60	225	160	65	363	413	Argilosa	Bl. Sub.	
Unidade de Estudo V								
0 - 5	313	278	34	313	375	Argilosa	Granular	42,5%
5 - 20	238	200	37	338	425	Argilosa	Ang/sub	
20 - 40	213	180	32	313	475	Argilosa	Bl. Sub.	
40 - 60	163	140	23	213	625	Muito Argilosa	Bl. Sub.	

Bl.: blocos; Ang.: angulares; Sub.: subangulares.

FONTE: O autor (2017).

5.1.2 Densidade global do solo

Verificou-se que os valores de densidade do solo (TABELA 2) diferiram significativamente entre as camadas e UEs avaliadas, apresentando valores muito baixos (0,38 a 0,97 $\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$), exceto na camada de 20 a 40 cm, os quais foram baixos, mas não diferiram estatisticamente. Mesmo assim, os valores estão dentro da faixa de densidade para solos florestais sugerida por Pritchett e Fisher (1987), estabelecida entre 0,20 $\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$, em camadas mais orgânicas, até 1,90 $\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$, em solos arenosos.

TABELA 2 – DENSIDADE DO SOLO (DS), POROSIDADE TOTAL (PT), MACROPOROSIDADE (MACRO), MICROPOROSIDADE (MICRO) E CARBONO ORGÂNICO DO SOLO (COS), PARA AS UNIDADES DE ESTUDO E CAMADAS, NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS, BRASIL

	Ds	Pt	Macro	Micro	COS
	--- $\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ---	----- $\text{m}^3\cdot\text{m}^{-3}$ -----	----- $\text{m}^3\cdot\text{m}^{-3}$ -----	----- $\text{m}^3\cdot\text{m}^{-3}$ -----	--- $\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$ ---
Camada 0 - 5 cm					
UE I	0,38 b*	0,89 a	0,27 a	0,63 a	97 a
UE II	0,40 ab	0,87 ab	0,26 ab	0,61 ab	85 ab
UE III	0,68 ab	0,64 ab	0,17 ab	0,47 ab	39 b
UE IV	0,75 a	0,60 b	0,15 b	0,46 b	77 ab
UE V	0,61 ab	0,67 ab	0,17 ab	0,50 ab	56 ab
Camada 5 - 20 cm					
UE I	0,46 b	0,87 a	0,25 a	0,62 a	97 a
UE II	0,59 ab	0,69 ab	0,17 ab	0,52 ab	58 ab
UE III	0,94 a	0,43 b	0,10 b	0,33 b	28 ab
UE IV	0,69 ab	0,62 ab	0,16 ab	0,46 ab	43 ab
UE V	0,96 a	0,44 ab	0,10 b	0,34 ab	26 b
Camada 20 - 40 cm					
UE I	-	-	-	-	36 ab
UE II	0,72 a	0,61 a	0,14 ab	0,47 a	49 a
UE III	0,94 a	0,44 a	0,10 ab	0,34 ab	22 ab
UE IV	0,74 a	0,61 a	0,15 a	0,46 ab	24 ab
UE V	0,96 a	0,43 a	0,09 b	0,33 b	14 b
Camada 40 - 60 cm					
UE I	-	-	-	-	17 b
UE II	0,75 b	0,60 a	0,14 a	0,46 a	26 a
UE III	0,97 a	0,43 a	0,09 b	0,34 a	18 ab
UE IV	0,90 ab	0,45 a	0,10 ab	0,35 a	24 ab
UE V	0,96 ab	0,44 a	0,10 ab	0,34 a	17 b

*Médias seguidas por mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis a 5% de probabilidade de erro.

FONTE: O autor (2017).

Os menores valores foram encontrados na UE I (TABELA 2), nas camadas de 0 a 5 e 5 a 20 cm, com valores de $0,38 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ e $0,46 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$, respectivamente. O valor máximo observado foi de $0,97 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$, na UE III (camada de 40 a 60 cm), não diferindo das UEs IV e V, conforme observou-se também nas outras camadas.

Uma vez que a densidade do solo (D_s) pode ser definida como a relação existente entre a massa de uma amostra de solo seca a 110°C e sua unidade de volume ocupado pelas partículas e poros (KIEHL, 1979; BRADY, 1989), esse atributo físico pode inferir sobre o arranjo das partículas e as características do sistema poroso do solo. Deste modo, os solos com elevada proporção de espaços porosos em relação aos sólidos terão densidades menores (BRADY, 1989). Do ponto de vista hidrológico, a D_s pode, inclusive, indicar o comportamento da retenção de água no solo, pois mostrou-se melhor preditor da retenção de água a -33 kPa em comparação ao carbono orgânico (COS) (RAWLS et al., 2003).

Independente da UE e camada avaliada, os baixos valores de D_s ocorreram devido à textura ser do tipo argilosa, em sua maioria, e ao elevado teor de material orgânico (MO) presente no solo, o que confere maior agregação e porosidade total (Pt) ao solo. Em face do exposto, na correlação canônica entre os atributos físico-hídricos e o incremento periódico de *Araucaria angustifolia* (0,898), a D_s não se mostrou fator limitante para o crescimento da espécie (0,748). Ressalta-se, ainda, o maior aporte de biomassa depositado superficialmente pela cobertura florestal, permitindo a atuação da baixa densidade da MO e da agregação proporcionada pela mesma. O resultado é ratificado pela forte correlação inversa entre a D_s vs. COS ($\rho = -0,870$), com o oposto ocorrendo para Pt vs. COS ($\rho = 0,870$). Por isso, observou-se que os valores de Pt foram inversamente associados aos de D_s ($\rho = -0,979$).

Todavia, além da influência de fatores como a MO, atividade biológica e abundância de raízes finas na estrutura do solo das camadas superficiais, a relação inversa da Pt com a D_s também pode ser explicada pelo adensamento natural proporcionado pelas camadas subjacentes (KIEHL, 1979; CAVENAGE et al., 1999); bem como, a maior presença de partículas de menores diâmetros e elevada superfície de contato, que favorecem o rearranjo das partículas nos espaços porosos (MORAES et al., 2016). Logo, devido à forma laminar das argilas e ao aumento do seu teor, apresentam tendência a se ajustarem face a face, diminuindo os espaços vazios e aumentando a D_s do solo (REICHERT; SUZUKI; REINERT, 2007). Num estudo de topossequência, em Mata Atlântica, também foi observado menores valores de D_s nos

horizontes superficiais, justificados pelos altos teores de carbono orgânico e estrutura granular, aumentando em profundidade devido a presença de maiores quantidades de argila, organizadas numa estrutura de blocos subangulares mais compactos (COOPER et al., 2003).

5.1.3 Porosidade total, macro e microporosidade

A porosidade total apresentou valores que variaram de 0,43 a 0,89 $\text{m}^3\cdot\text{m}^{-3}$ e foi maior nas camadas superficiais dos solos de todas as UEs (TABELA 2). De acordo com os resultados, os valores foram compreendidos dentro do intervalo comumente encontrado para solos argilosos (0,40 a 0,65 $\text{m}^3\cdot\text{m}^{-3}$) citados por Prevedello (1996), à exceção das UEs I e II (camadas de 0 a 5 e 5 a 20 cm), as quais apresentaram valores muito superiores ao intervalo, devido a composição das camadas serem quase que predominantemente orgânicas. O volume e tamanho dos poros do solo são altamente dependentes da sua textura (DEDECEK, 2008), em que a argila e a matéria orgânica apresentam porosidades maiores e, assim, o atributo irá variar de acordo com o tamanho das partículas e o estado de agregação do solo (BAVER; GARDNER; GARDNER, 1972).

Houve diferenças significativas entre a porosidade total das UEs até a camada de 20 cm, cujos valores foram maiores na UE I (TABELA 2). Nessa profundidade, além da MO, os efeitos na porosidade do solo podem estar relacionados a existência de bioporos longos e contínuos, devido a atuação das raízes finas (alta taxa de decomposição e renovação, segundo Gonçalves e Mello, 2005) e ou da macrofauna edáfica (LAVELLE et al., 2006; RIBEIRO et al., 2007), favorecidos pela falta de perturbação do solo (REYNOLDS et al., 2002). De acordo com Lavelle et al. (2006), a manutenção da porosidade estrutural do solo por invertebrados e raízes de plantas tem sido relatada como adequada no sustento das atividades biológicas, além de proporcionar melhoria da qualidade física do solo, como a diminuição de escoamento superficial, aumento da infiltração e do armazenamento de água no solo.

Valores elevados também foram verificados para os teores de carbono orgânico ($97 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$), nas mesmas camadas. Observou-se que a Pt, Macro e Micro da UE I foram, em média, 1,3, 1,5 e 1,2 vezes maiores que as respectivas porosidades encontradas na UE II (camada de 5 a 20 cm). Esse aspecto reflete a maior quantidade de macroporos formados pelo material fracamente decomposto, o qual favorece as

condições de agregação e, assim, a formação de poros interagregados mais abertos para o fluxo de água e ar no solo. Corroborando com o exposto, Suzuki et al. (2014) observaram em floresta maior agregação na camada superficial e associaram à melhor estrutura do solo (porosidade e densidade) e principalmente à textura e matéria orgânica, reafirmando que o tamanho dos agregados e sua estabilidade apresentam forte influência nos fluxos de ar e água no solo.

Em sítios com solos de textura mais arenosa (UE I, camada 0 a 5 cm), o efeito da MO proporcionado pela cobertura florestal é o principal atuante na estabilização dos agregados e, por conseguinte, no aumento da porosidade total. Diante do exposto, a amplitude da porosidade total observada nas UEs I e II, pode estar relacionada a presença de elevados teores de COS, atuando de modo mais acentuado na camada superficial. Observou-se, ainda, que nas demais camadas os valores de Pt foram homogêneos, os quais não diferiram estatisticamente, estando a porosidade do solo mais associada a sua textura. Mesmo assim, a correlação canônica mostrou que a Pt foi um dos maiores fatores limitantes no incremento de *Araucaria angustifolia* (-0,790), admitindo-se a quarta hipótese deste trabalho.

Ressalta-se ainda, que a porosidade total do solo foi determinada baseando-se no teor volumétrico de água na condição saturada, sendo possível que ocorra a insaturação de alguns poros (macroporos) que estejam bloqueados, os quais tendem a não funcionar em relação a retenção e condução de água na amostra (REYNOLDS et al., 2002). Por conseguinte, a porosidade total pode mostrar-se ligeiramente inferior em relação a porosidade total do solo calculada.

Entre as UEs, a macroporosidade diferiu significativamente em todas as camadas, sendo a UE I, o sítio que apresentou os maiores valores, com 0,27 e 0,25 $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$, para as camadas de 0 a 5 cm e 5 a 20 cm, respectivamente (TABELA 2). Os valores de Macro foram altos e variaram de 0,26 a 0,09 $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$, cujo o último valor foi observado em camadas subsuperficiais e considerado abaixo das condições ideais para a oxigenação do solo (0,10 $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$), de acordo com Reichert, Suzuki e Reinert (2007). Nesse caso, ressalva-se que condições limitantes ao desenvolvimento do sistema radicular podem ocorrer, em razão de restrições na aeração e no movimento de água no solo.

Em regiões úmidas, com balanço hídrico positivo, é comum a ocorrência de períodos com elevado teor de água no solo (KLEIN et al., 2008); fato que tem sido associado a aeração deficiente (van LIER, 2001). Van Lier (2001) esclarece que

quanto maior a umidade do solo, menor a sua condutividade gasosa e maiores gradientes de pressão são requeridos para manter o fluxo necessário. Maiores gradientes resultam em decréscimo mais acentuado da pressão de O₂ com a profundidade e, assim, parte do sistema radicular, em maior profundidade, poderá experimentar falta de oxigênio.

Contudo, mesmo que *Araucaria angustifolia* desenvolva um sistema radicular que possa alcançar de 2 a 4 m de profundidade, necessitando de solos bem aerados em razão da sua sensibilidade à deficiência de oxigênio (SCHEEREN et al., 2000), os resultados indicaram que nas camadas onde a presença das raízes de absorção é maior, os Macro foram iguais ou acima do referenciado. Ressalta-se, ainda, os valores de macro observados nas UEs II e IV, os quais mantiveram-se altos mesmo em profundidade. Em solos argilosos, a presença substancial de macro em profundidade é importante para garantir a infiltração, drenagem e aeração adequadas para o crescimento do sistema radicular, que por vezes, se beneficia das redes de macro para obter melhor acesso a água e nutrientes armazenados na matriz do solo (REYNOLDS et al., 2002). Em razão disso, a Macro mostrou-se um fator limitante para o crescimento de *Araucaria angustifolia*, cuja correlação canônica foi de (-0,775).

Os valores de Macro foram satisfatórios para crescimento e desenvolvimento das espécies, e estiveram diretamente relacionados com os teores de COS ($\rho = 0,895$) promovido principalmente pela serapilheira. As camadas ricas em MO contribuem para aumentar a capacidade de troca de cátions (CTC) do solo e aproximar as partículas na formação dos agregados, favorecendo a estruturação das camadas e a funcionalidade do sistema poroso nos processos dinâmicos do solo. Por conseguinte, nos solos localizados sob floresta, a taxa de infiltração de água normalmente é maior (STÜRMER et al., 2009). De acordo com Pritchett e Fisher (1987), a camada de serapilheira formada abaixo da cobertura florestal mantém elevadas as taxas de infiltração de água no solo, e não só absorve várias vezes o seu próprio peso de água, mas também, reduz a energia cinética da chuva ao chegar à superfície do solo, impedindo a agitação das partículas minerais e reduzindo a formação do selamento e escoamento superficial; diminuindo consideravelmente as perdas de água e solo (BRANDÃO et al., 2006). Durante períodos mais secos, as condições de recebimento de água pelo solo, em geral, são maiores nessas camadas (LIMA; FREIRE, 1976), razão pela qual constatou-se correlação forte e direta com a precipitação na UE I.

O resultado reforça a questão da qualidade estrutural do solo encontrada em áreas de floresta nativa. Nesse contexto, Reichert, Reinert e Braida (2003) afirmam que a qualidade física do solo está associada às condições que permitem a infiltração, retenção e disponibilização de água às plantas; resposta ao manejo e resistência à degradação; trocas de calor e de gases com a atmosfera e raízes; e crescimento do sistema radicular. De fato, a presença de Macro pode favorecer a adequada circulação de oxigênio para o desenvolvimento das raízes e diminuição da resistência à penetração, além da manutenção de elevadas taxas de infiltração de água no solo, reduzindo o escoamento superficial e possíveis problemas de erosão hídrica (ABRÃO et al., 2015). Os macroporos são os principais responsáveis pela difusão de oxigênio e drenagem de água no perfil, enquanto os microporos, ou poros capilares, são responsáveis pelo armazenamento de água no solo para uso pelas plantas (RIBEIRO et al., 2007; COOPER et al., 2013).

Em relação a microporosidade, observou-se diferença significativa até 40 cm da superfície do solo (TABELA 2), sendo os maiores valores encontrados nas camadas superficiais das UEs I (0 a 5 e 5 a 20 cm) e II (20 a 40 cm). Os resultados indicaram que a partir de 40 cm de profundidade, a Micro não difere entre as UEs, sugerindo que as condições de retenção de água são semelhantes e que variações no armazenamento de água ocorrem apenas nas camadas mais superficiais. De modo geral, os valores de microporosidade foram altos e variaram de 0,33 a 0,63 m³·m⁻³. Ressalta-se o fato de que a ocorrência de microporos em grandes proporções, pode dificultar o movimento de água ao longo do perfil, diminuindo a drenagem interna do solo comandada pela estrutura (CAVENAGE et al., 1999); chegando a reter água a tensões superiores a capacidade de extração pelas plantas. Por isso, a correlação canônica também indicou a microporosidade como um fator limitante no crescimento de *Araucaria angustifolia* (-0,788).

5.1.4 Carbono orgânico do solo

Os teores de carbono orgânico diferiram significativamente entre as UEs, em cada camada avaliada, cujos valores variaram de 14 a 97 g·dm⁻³, sendo maiores nas camadas superficiais e decrescendo em profundidade (TABELA 2). Desse modo, foram encontrados teores de COS muito elevados, em que o maior valor (UE I, camadas 0 a 5 e 5 a 20 cm) foi cerca de 7 vezes superior ao valor observado na UE

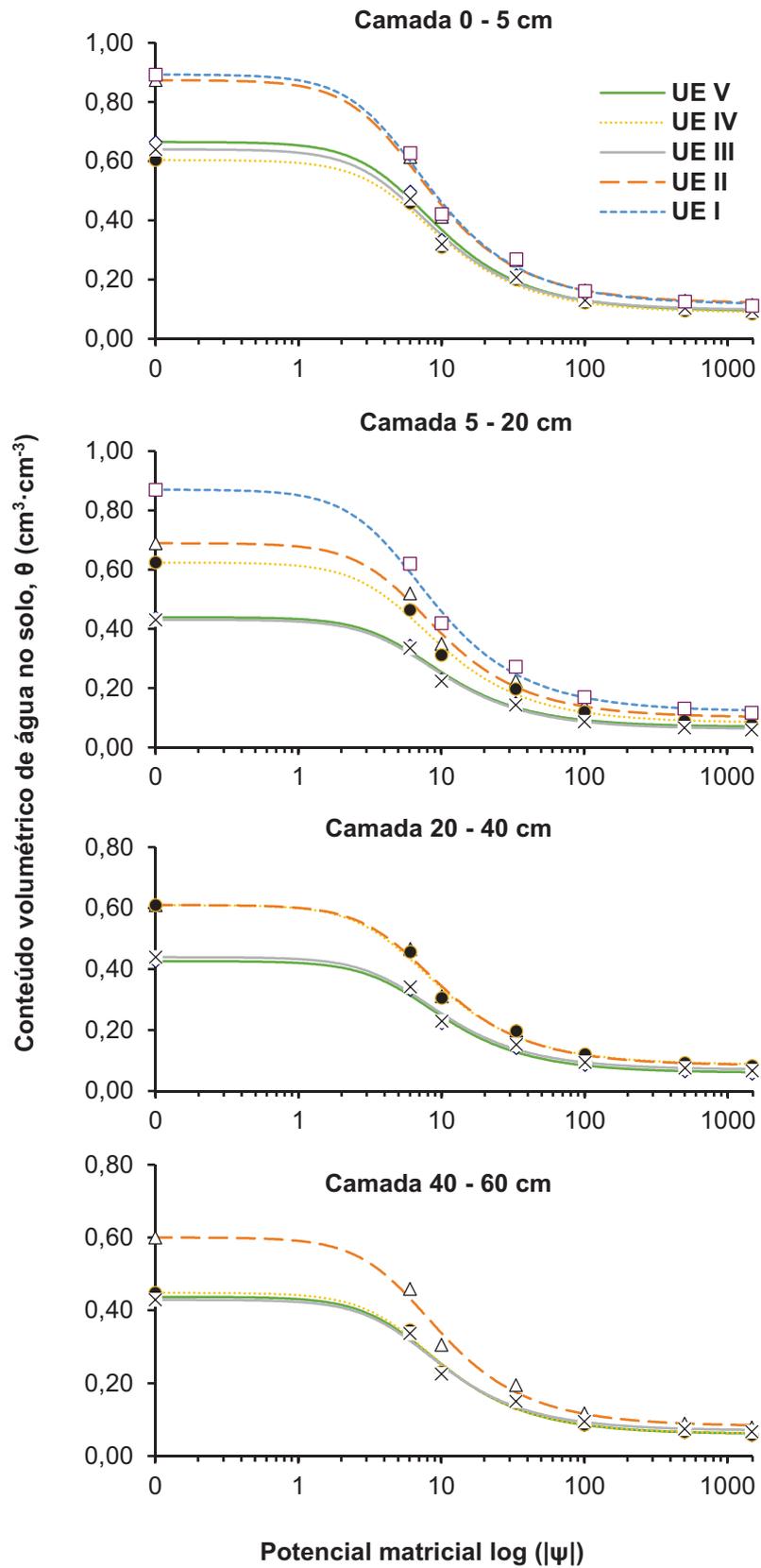
V, camada 20 a 40 cm. Esse resultado pode estar relacionado às baixas temperaturas, alta umidade e elevada acidez do solo, comum nessa região, reduzindo as taxas de decomposição da serapilheira, o que favorece os aumentos nos teores de MO e o estoque de CO no solo, principalmente na camada superficial. O COS quando não atua de forma direta pode influenciar através da alteração do meio, como mostraram as correlações entre o COS e as propriedades estruturais e hídricas do solo. Logo, o COS também mostrou-se um fator limitante no crescimento de *Araucaria angustifolia*, conforme a correlação canônica (-0,770).

Os atributos do solo (TABELA 2) discutidos representam as condições físicas de solos sob floresta nativa não perturbada, ou seja, que não sofreram qualquer tipo de manejo, referente a um ambiente conservado e protegido de ações antrópicas, e por isso, podem ser considerados como referência. Portanto, é natural encontrar baixas Ds, elevada porosidade devido a estruturação das camadas que recebem um aporte constante de biomassa e permite a manutenção da qualidade física do solo e a sustentabilidade do ecossistema.

5.1.5 Análise das curvas de retenção de água no solo

A partir da curva característica de retenção de água no solo (FIGURA 7), foi possível descrever a relação do conteúdo volumétrico de água do solo (θ) em diferentes potenciais matriciais (ψ), nas UEs e camadas avaliadas. As curvas de retenção de água foram ajustadas à equação de van Genuchten (1980), as quais apresentaram elevado coeficiente de determinação ($R^2 = 0,99$), conforme descrito na Tabela 3.

FIGURA 7 – CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO PARA AS UNIDADES DE ESTUDO E CAMADAS, NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS, BRASIL



FONTE: O autor (2017).

TABELA 3 – PARÂMETROS DE AJUSTE DA CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO

Camada cm	α	m	n	θ_s	θ_r	R^2	Sy_x
	kPa^{-1}			----- $cm^3 \cdot cm^{-3}$ -----			%
Unidade de Estudo I							
0 - 5	0,220	0,4762	1,9091	0,89	0,12	0,99	2,8
5 - 20	0,218	0,4718	1,8934	0,87	0,12	0,99	2,7
20 - 40	-	-	-	-	-	-	-
40 - 60	-	-	-	-	-	-	-
Unidade de Estudo II							
0 - 5	0,221	0,4779	1,9154	0,87	0,12	0,99	2,7
5 - 20	0,191	0,4831	1,9345	0,69	0,10	0,99	2,5
20 - 40	0,184	0,485	1,9419	0,61	0,08	0,99	2,3
40 - 60	0,185	0,4838	1,9371	0,60	0,08	0,99	2,3
Unidade de Estudo III							
0 - 5	0,200	0,4831	1,9347	0,64	0,10	0,99	2,1
5 - 20	0,179	0,4835	1,9362	0,43	0,06	0,99	1,6
20 - 40	0,181	0,4862	1,9462	0,44	0,07	0,99	1,7
40 - 60	0,179	0,4867	1,9482	0,43	0,07	0,99	1,8
Unidade de Estudo IV							
0 - 5	0,189	0,4797	1,9219	0,60	0,09	0,99	2,2
5 - 20	0,196	0,4775	1,9138	0,62	0,08	0,99	2,2
20 - 40	0,196	0,4789	1,9192	0,61	0,09	0,99	2,2
40 - 60	0,178	0,4891	1,9573	0,45	0,06	0,99	1,7
Unidade de Estudo V							
0 - 5	0,194	0,4799	1,9229	0,67	0,09	0,99	2,4
5 - 20	0,178	0,4897	1,9596	0,44	0,07	0,99	1,7
20 - 40	0,177	0,4868	1,9485	0,43	0,06	0,99	1,7
40 - 60	0,176	0,4838	1,9372	0,44	0,06	0,99	1,7

θ_s : conteúdo de água volumétrica na condição de solo saturado ($cm^3 \cdot cm^{-3}$); θ_r : conteúdo residual de água volumétrica no solo ($cm^3 \cdot cm^{-3}$); α , m e n : parâmetros empíricos de ajuste da equação 12, sendo α (kPa^{-1}), n e m são adimensionais; R^2 : coeficiente de determinação; Sy_x : erro padrão da estimativa (%).

FONTE: O autor (2017).

Na camada mais superficial (0 - 5 cm), verificou-se que as curvas de retenção de água no solo diferiram significativamente entre as UEs. Os resultados mostraram que apesar do comportamento semelhante, a UE I apresentou maior retenção de água que a UE II, cuja última não diferiu das UEs III e V. O menor conteúdo volumétrico de água no solo foi encontrado na UE IV. O padrão manteve-se até o potencial matricial referente a capacidade de campo (ψ -33 kPa). Posteriormente, nos potenciais -100 e -500 kPa, a maior retenção foi observada na UE II e, em -1500 kPa (ponto de murcha permanente), as UEs I e II não apresentaram diferenças.

O resultado demonstra que o efeito estruturante do carbono orgânico na porosidade do solo da UE I, afetou fortemente a retenção de água na condição de saturação até próximo à capacidade de campo (CC), do que em relação ao ponto de murcha permanente (PMP). De tal modo que o movimento da água no solo esteve mais associado a drenagem livre e não propriamente a retenção adsortiva, sugerindo maior proporção de poros grandes esvaziados (macroporos). Por conseguinte, apesar do elevado teor de COS na UE I, em termos de água disponível para as plantas, a quantidade que permaneceu não diferiu das demais UEs. Isso ocorreu pelo fato da MO apresentar alta área superficial específica variando de 8×10^5 a $9 \times 10^5 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$ e elevada CTC, resultando em capacidade de retenção de água maior do que a quantidade retida pela areia, de maneira que a água permanece concentrada próximo das partículas orgânicas, dificultando a formação de películas de água sobre a superfície dos grãos (BRAIDA et al., 2006). Em camadas com textura mais arenosa, a influência do COS no aumento da retenção de água no solo é maior em comparação aos solos de textura fina, principalmente até $\psi -33 \text{ kPa}$ (RAWLS et al., 2003).

De modo geral, todas as UEs avaliadas apresentaram maiores valores de conteúdo volumétrico de água no solo em altos potenciais matriciais. No entanto, a retenção interfere muito pouco em relação a água disponível à planta, pois a umidade é transitória, ou seja, drenada rapidamente em um curto período de tempo. Porém, ressalta-se o efeito da baixa profundidade do solo na UE I, fazendo com que a água tenha dificuldade de drenar, ocorrendo com frequência episódios de saturação prolongada, tornando o ambiente hidromórfico, favorecendo o desenvolvimento de espécies mais adaptadas, como as higrófilas. Portanto, além do impedimento físico afetar o crescimento mecânico das raízes de *Araucaria angustifolia*, o elevado conteúdo de umidade da UE I pode limitar a difusão de gases, conforme relatado por van Lier (2001), e restringir o crescimento e o desenvolvimento da espécie.

Estudos tem confirmado que a retenção de água é uma função complexa da estrutura e composição do solo (REYNOLDS et al., 2002; RAWLS et al., 2003), que pode ser observado a partir da curva de retenção (CR). Quando o solo se encontra próximo à saturação, os fenômenos capilares assumem maior importância na determinação do ψ , e a CR depende basicamente do arranjo poroso e das dimensões dos poros, passando a ser uma função da densidade e porosidade do solo. No entanto, a medida que o solo perde umidade, progressivamente decresce a importância da estrutura do meio poroso na determinação do ψ , e a CR passa a

depender mais da textura e mineralogia, predominando os fenômenos de adsorção (REICHARDT; TIMM, 2004; SUZUKI et al., 2014). Em face disso, a quantidade de água que permanece no solo, em equilíbrio com determinado ψ , é uma função do tamanho e volume dos poros cheios de água e da quantidade de água adsorvida às partículas (HILLEL, 1998) e, assim, o tamanho do poro é determinado em relação ao potencial matricial (COOPER et al., 2013).

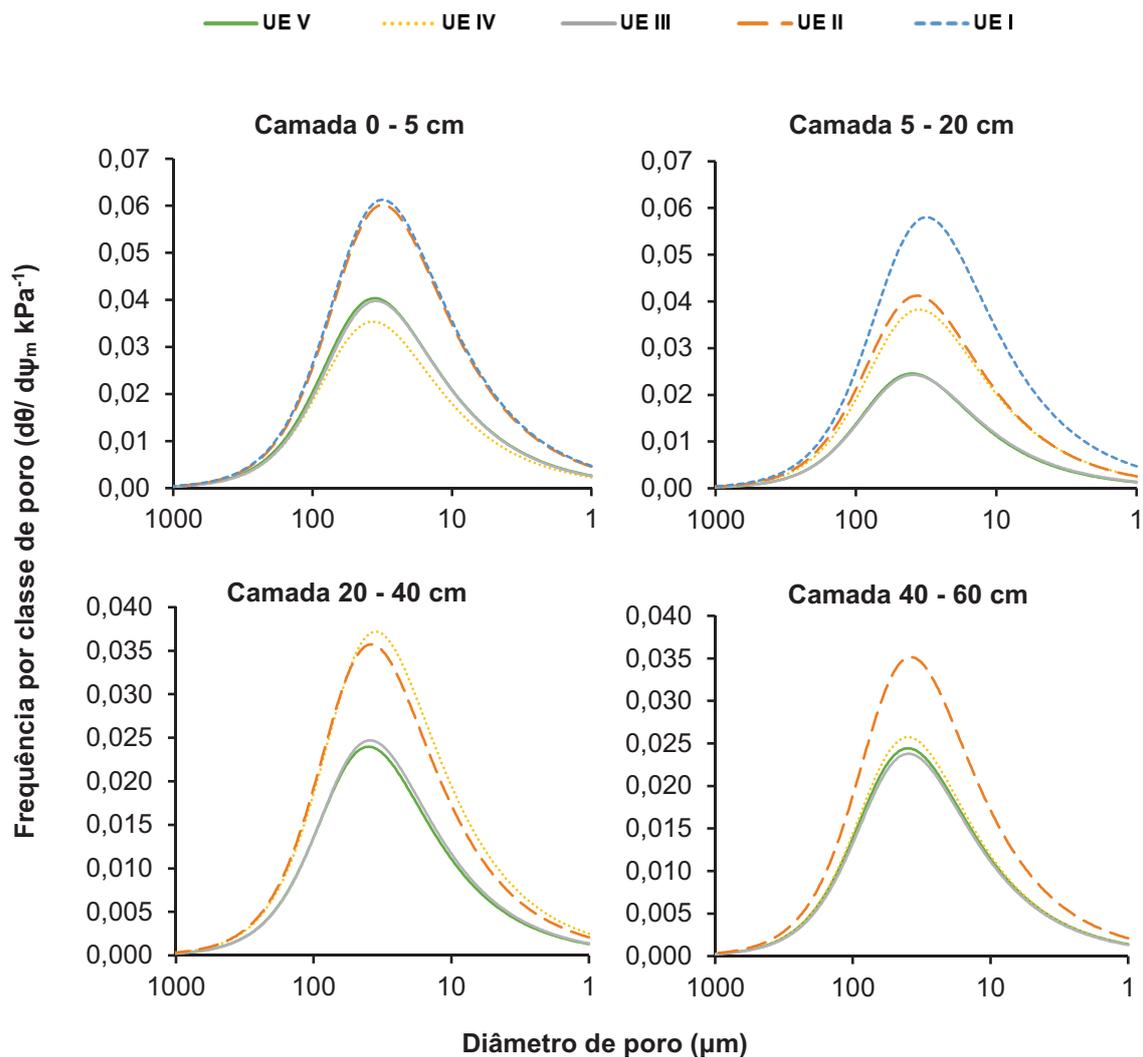
Segundo Dexter (2004), quanto maior a inclinação da CR, maior a distribuição do tamanho dos poros, apesar de que informações mais precisas sobre a distribuição dos mesmos seria necessário considerar também a influência da conectividade e tortuosidade do sistema poroso. No entanto, a continuidade dos poros e o volume de bioporos são difíceis de serem detectados pelos métodos tradicionais de avaliação da qualidade física do solo (REICHERT et al., 2011). Observou-se que as curvas de retenção das UEs I e II foram as mais declivosas em relação as UEs III, IV e V, inferindo uma maior estruturação, diversidade e quantidade de poros nesses sítios. A diversidade de formas e tamanhos de poros permite que os solos armazenem água em uma ampla gama de potenciais (LAVELLE et al., 2006), justificando a elevada retenção observada nas UEs I e II.

Em relação a distribuição do tamanho dos poros do solo, na camada de 0 a 5 cm, as curvas das UEs I e II apresentaram-se muito próximas e indicaram maior distribuição do tamanho de poros em relação as demais UEs, com pico máximo de frequência em torno de 50 μm (FIGURA 8). Observou-se ainda, tendência de macroporos com diâmetros equivalentes entre 50 e 300 μm e > 300 μm (FIGURA 9). Nas UEs III e V, as curvas foram menores e coincidentes, seguida da UE IV, em que o conjunto de poros dessa última, apresentou uma distribuição do diâmetro dos poros mais homogênea no solo.

De acordo com os resultados das classes equivalentes ao diâmetro dos poros (FIGURA 9), verificou-se na camada superficial da UE I que predominou maior proporção de macroporos, conforme já evidenciado. Mas, a partir da capacidade de campo, ocorreram menores proporções de micro, representado pelas classes de poros 30-9 μm e < 9 μm e, por isso, não diferiu em relação a água disponível das demais UEs. Moraes et al. (2016) relatam que os poros maiores que 150 μm são efetivos para a livre drenagem de água no perfil do solo e adequada aeração para raízes, mas não são relacionados com a condutividade hidráulica insaturada e a retenção de água. Portanto, o resultado encontrado expressou a característica

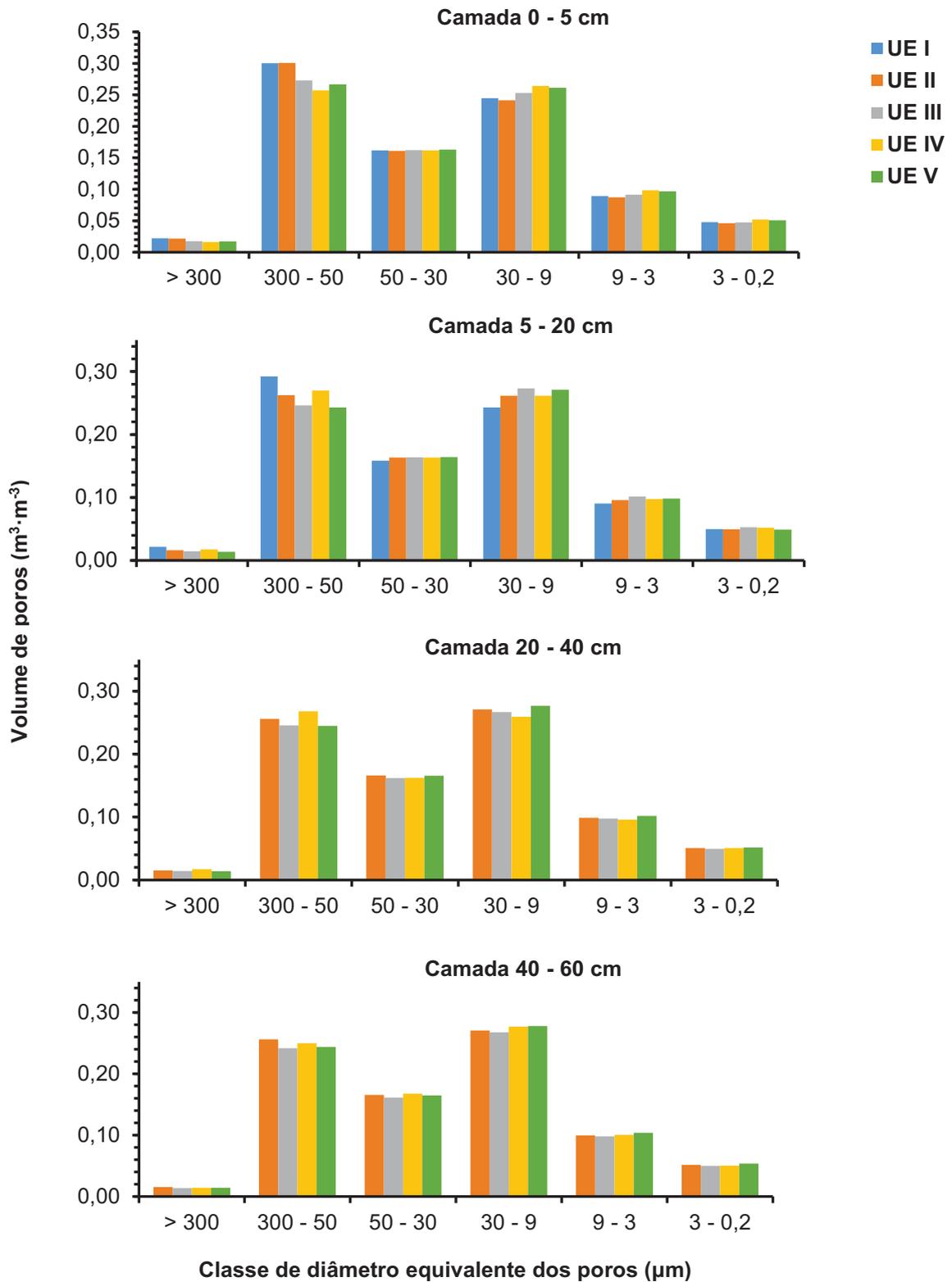
estrutural do solo, em que a baixa D_s e alta porosidade proporcionada pela MO favoreceu a retenção de água no solo a potenciais matriciais maiores. Como a disponibilidade de água foi semelhante entre as UEs, aquelas que apresentaram menores teores de COS possivelmente compensaram com maior volume de poros de diâmetros menores, responsáveis pela retenção de água no solo, como na UE III.

FIGURA 8 – CURVA DE DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DO TAMANHO DOS POROS DO SOLO PARA AS UNIDADES DE ESTUDO E CAMADAS, NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS, BRASIL



FONTE: O autor (2017).

FIGURA 9 – CLASSES EQUIVALENTES AO DIÂMETROS DOS POROS PARA AS UNIDADES DE ESTUDO E CAMADAS, NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS, BRASIL



FONTE: O autor (2017).

Avaliando as curvas de retenção de água no solo na camada de 5-20 cm, observou-se diferenças significativas entre as UEs, ocorrendo ainda, aumento da amplitude de variação entre as curvas, possivelmente acentuadas em razão da diminuição dos teores de COS com o aumento da profundidade (FIGURA 7). Diante do exposto, em condições de saturação do solo, a diferença do conteúdo volumétrico de água entre as UEs I e II foi de $\theta = 0,18 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$. Mas, independente dos potenciais matriciais considerados, a curva referente a UE I seguiu com elevada retenção de água, diferindo significativamente das demais UEs. As curvas das UEs II, IV e V não apresentaram diferenças, sendo o menor conteúdo volumétrico de água no solo evidenciado na UE III. Ressalta-se a curva da UE IV, que se manteve com a umidade do solo semelhante à camada anterior, e as UEs III e V, as quais apresentaram menor inclinação da CR, indicando uma distribuição do diâmetro dos poros mais homogênea.

A CR da UE I foi novamente influenciada pelo COS, mas diferentemente da camada superficial de 0 a 5 cm, observou-se textura argilosa, resultando em maior retenção até o PMP. Esse resultado refletiu em maior água disponível para as plantas. Apesar de que, esse fato pode estar mais associado ao teor de argila do que propriamente a atuação da MO; uma vez que, em solos argilosos, a interação entre a fração mineral e orgânica é maior, o que resulta em menor disponibilidade de locais de adsorção na MO para interagir com a água (BRAIDA et al., 2006). Logo, a composição textural é um fator significativo que afeta a importância do COS na estimativa da retenção de água no solo (RAWLS et al., 2003); principalmente no PMP, pois é determinada pelo teor de argila (REYNOLDS et al., 2002).

Em contrapartida, as CR das UEs III e V podem estar associadas a estrutura (arranjo poroso, com menos espaços vazios) e a textura argilosa dos solos, motivos pelos quais as curvas de distribuição do tamanho dos poros foram mais uniformes (FIGURA 8). Considerando a natureza das partículas e os baixos teores de COS, essas UEs apresentaram a maior D_s e menor macro em relação as demais. Em potenciais matriciais mais baixos, ou seja, em sucções muito elevadas, as curvas mostraram diminuição gradual da umidade (FIGURA 7), com a retenção de água tornando-se mais um atributo textural do que estrutural do solo (HILLEL, 1998). O resultado foi verificado nas classes de diâmetro equivalente dos poros, onde observou-se maior proporção de microporos, ou poros intra-agregados de 30 a 9 μm (FIGURA 9). Por outro lado, as UEs I e IV, apresentaram distribuição do tamanho dos

poros com alta frequência de poros com diâmetro equivalente entre 50 e 300 μm e > 300 μm (FIGURA 9).

Devido ao contato lítico, a UE I não apresentou curvas nas profundidades de 20-40 e 40-60 cm. Na condição de saturação do solo, camada de 20 a 40 cm, a amplitude de variação entre as CR diminuiu em relação a profundidade anterior e as UEs não apresentaram diferenças significativas, sendo o mesmo observado para Pt. Todavia, a partir do potencial matricial de -6 kPa, ou seja, dos poros com diâmetros < 50 μm até a capacidade de campo (ψ - 33 kPa), as UEs diferiram entre si. O maior valor de retenção foi observado na UE II, seguido das UEs III e IV, que não apresentaram diferenças, sendo a UE V a que apresentou a menor retenção, refletindo o comportamento da microporosidade no solo e o efeito do COS na retenção de água no solo (TABELA 2). Reynolds et al. (2002) corroboram afirmando que o conteúdo de água na capacidade de campo é determinado por uma interação complexa do teor de argila, estrutura do solo, Ds e COS, sendo que variações em um desses fatores tem impacto na retenção de água na CC. Nos potenciais matriciais de -100 a -1.500 kPa, as UEs novamente não diferiram e, por conseguinte, foram similares em relação a água disponível para as plantas

Por meio da curva de distribuição do tamanho dos poros, observou-se que a UE IV permaneceu com alta frequência de macroporos (FIGURA 8), com diâmetro de poro equivalente entre 50 e 300 μm e > 300 μm , seguida da UE II (FIGURA 9). As UEs III e V continuaram apresentando menor inclinação da CR, indicando uma distribuição do diâmetro dos poros mais homogênea, ou seja, com menor diversidade de tamanho de poros, o que reflete no comportamento físico-hídrico dos solos das UEs. À exemplo disso, as UEs III (camada 40-60 cm) e V (camada 20-40 cm), apresentaram valor de macroporos de 0,09 $\text{m}^3\cdot\text{m}^{-3}$, considerado abaixo das condições ideais de aeração sugerida por Baver, Gardner e Gardner (1972), predominando poros de pequenas dimensões, que poderão comprometer o fluxo de água e ar no solo. Como a macroporosidade constitui um caminho preferencial ao fluxo de água (RIBEIRO et al., 2007), possivelmente essas camadas apresentem menores valores de condutividade hidráulica do solo saturado.

Na camada mais sobrejacente (camada 40-60 cm), em condições de solo saturado, as CR das unidades diferiram significativamente, com as UEs II e III apresentando a maior e menor retenção, respectivamente. As UEs IV e V foram estatisticamente semelhantes. Em contrapartida, a partir do potencial matricial de -6

kPa até o ponto de murcha permanente (ψ -1500 kPa), as UEs não apresentaram diferenças. Isso porque as UEs diferiram somente em relação a macroporosidade, com a UE II apresentando elevada frequência de poros com diâmetros maiores (FIGURA 8), principalmente entre 50 e 300 μm e $> 300 \mu\text{m}$ (FIGURA 9). Mas, como os micro são os responsáveis pelo armazenamento de água no solo, e ainda, considerando que a camada anterior não diferiu em relação a água disponível, é possível inferir que a partir de 40 cm, o comportamento da disponibilidade de água para as plantas mantem-se similar entre os sítios. Nesse sentido, variações foram observadas somente nas camadas mais superficiais, possivelmente em razão da estrutura das camadas subsuperficiais variarem de blocos angulares a subangulares (exceto a UE II, de estrutura granular), com maior D_s , teores de argila e proporção de micro na matriz do solo e, assim, maior retenção de água. Isso pode ser observado por meio dos máximos das CR coincidentes entre as UEs (FIGURA 7) e similar distribuição do tamanho de poros no solo (FIGURA 8).

O conteúdo volumétrico de água do solo na CC diferiu significativamente entre as UEs até a camada de 40 cm (TABELA 4). O mesmo foi observado para a microporosidade. Isso porque, após saturado o solo e o excesso de água drenar, o solo atinge a CC, restando a umidade retida mais fortemente nos microporos, os quais determinam a retenção de água no solo. Dessa forma, o limite superior de umidade do solo disponível para as plantas variou de 0,14 a 0,27 $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$.

Com base no equilíbrio ótimo entre a capacidade de retenção de água próximo da superfície e a aeração do solo, Olness et al. (1998 apud REYNOLDS et al., 2002), propôs a relação $CC/Pt = 0,66$, sendo utilizado como um indicador da qualidade física do solo. O valor estaria relacionado a atividade de microorganismos ideais para a mineralização da MO. A aplicação da relação proposta mostrou resultados que representaram metade do valor ideal (0,30 a 0,35), sugerindo a existência de condições desfavoráveis para a decomposição da MO, inibindo a ação de microorganismos, permanecendo o carbono imobilizado no solo, em decorrência do clima frio e úmido da região.

O conteúdo volumétrico de água no solo no PMP variou de 0,06 a 0,12 $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$, diferindo significativamente entre as UEs até a camada de 20 cm. O resultado ocorreu devido a retenção de água na CC ser mais influenciada pelo COS do que a retenção de água no PMP, conforme verificado anteriormente. O limite inferior de umidade do solo disponível para as plantas decresceu com a profundidade

e, por conseguinte, as camadas mais superficiais apresentaram maior retenção de água disponível. Em termos de água disponível (AD), somente na camada de 5 a 20 cm observou-se diferenças significativas entre as unidades de estudo, de acordo com a Tabela 4. Embora as CR tenham apresentado diferenças, parece não ter influenciado acentuadamente a AD, uma vez que foram semelhantes nas demais camadas amostradas.

TABELA 4 – CAPACIDADE DE CAMPO (CC), PONTO DE MURCHA PERMANENTE (PMP) E ÁGUA DISPONÍVEL (AD), PARA AS UNIDADES DE ESTUDO E CAMADAS, NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS, BRASIL

	CC	PMP	AD
	----- cm ³ .cm ⁻³ -----		--- mm ---
Camada 0 - 5 cm			
UE I	0,27 a*	0,11 a	16 a
UE II	0,26 ab	0,11 a	15 a
UE III	0,21 ab	0,09 ab	12 a
UE IV	0,20 b	0,08 b	12 a
UE V	0,21 ab	0,09 ab	13 a
Camada 5 - 20 cm			
UE I	0,27 a	0,12 a	15 a
UE II	0,23 ab	0,10 ab	13 ab
UE III	0,14 b	0,06 b	9 ab
UE IV	0,20 ab	0,08 ab	12 ab
UE V	0,15 ab	0,07 ab	8 b
Camada 20 - 40 cm			
UE I	-	-	-
UE II	0,20 a	0,08 a	12 a
UE III	0,15 ab	0,07 a	9 a
UE IV	0,19 ab	0,08 a	11 a
UE V	0,14 b	0,06 a	8 a
Camada 40 - 60 cm			
UE I	-	-	-
UE II	0,19 a	0,08 a	11 a
UE III	0,15 a	0,07 a	8 a
UE IV	0,14 a	0,06 a	9 a
UE V	0,15 a	0,06 a	9 a

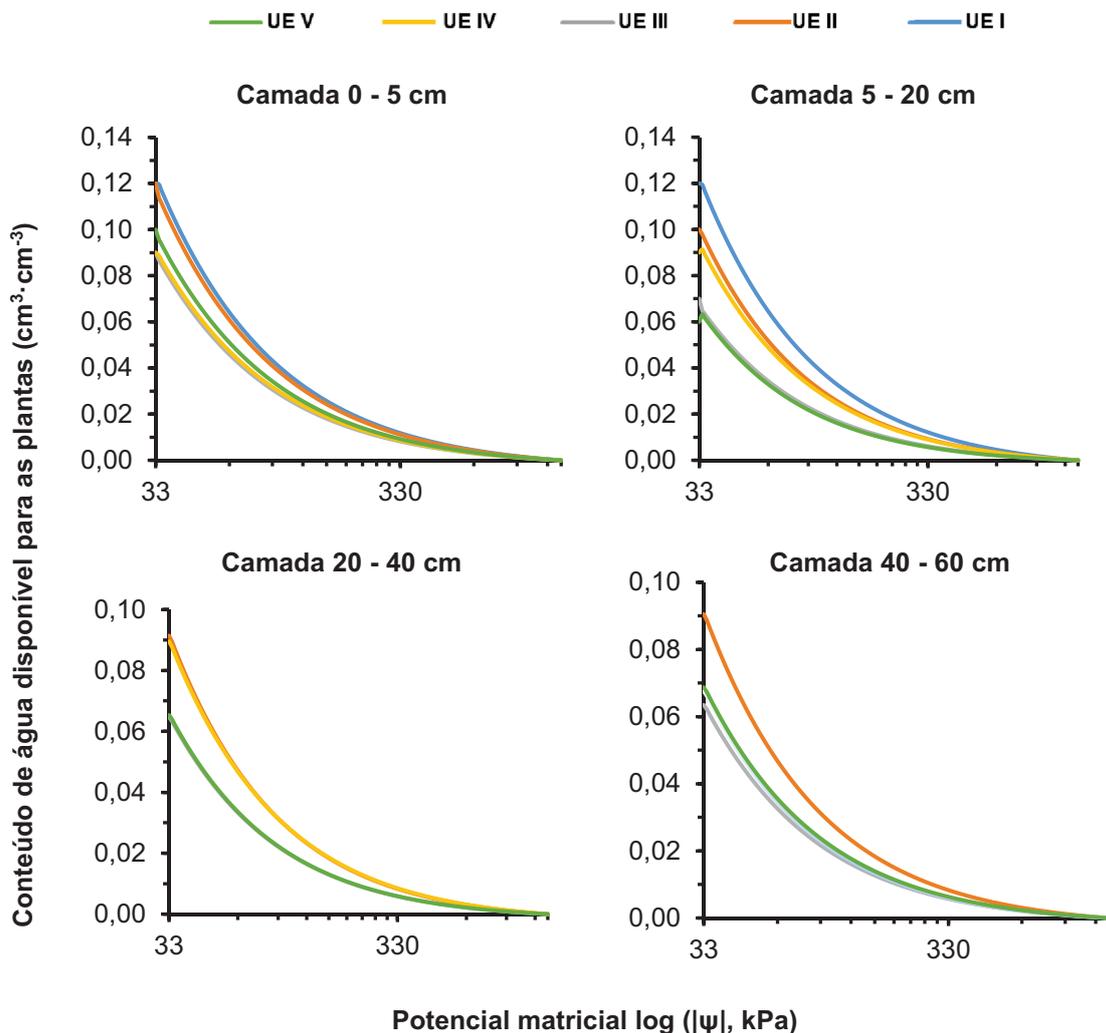
*Médias não seguidas por mesma letra, nas colunas, diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis, a 5% de probabilidade de erro.

FONTE: O autor (2017).

A partir da profundidade de 40 cm, a proporção de microporos por classe de diâmetro foi semelhante, à exceção da classe < 3 µm (criptoporos), pois não interferem na AD, uma vez que são poros muito pequenos, com diâmetro menor que 0,0002 mm,

os quais retêm a água do solo a potenciais matriciais abaixo do PMP (KLEIN; LIBARDI, 2002) e, portanto, indisponível às plantas (KLEIN, 1998). De modo geral, a AD pode estar relacionada ao maior volume de poros responsáveis pela drenagem, como a classe de diâmetro de poros entre 300 a 50 μm , UEs I, II e IV, ou microporos entre 30 a 9 μm , os quais foram elevados independente da camada e unidade avaliada (FIGURAS 9 e 10).

FIGURA 10 – RELAÇÃO ENTRE O CONTEÚDO DE ÁGUA DISPONÍVEL PARA A PLANTA E O POTENCIAL MATRICIAL DO SOLO NAS UNIDADES DE ESTUDO E CAMADAS, NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS, BRASIL



FONTE: O autor (2017).

Observou-se maior AD nas UEs II e IV (51 e 44 mm), representando 58% e 60%, respectivamente, da quantidade total de água armazenada no perfil de solo de

60 cm de profundidade. A UE V apresentou AD de 38 mm, o que correspondeu também a 58% da faixa potencial extraível as plantas, e as UEs I e III (31 e 37 mm), com 57% da quantidade total de água armazenada no perfil de solo. No entanto, ressalva-se que o percentual da UE I é referente a 20 cm de profundidade.

Como a região apresenta elevada precipitação média anual, distribuída de forma regular durante todos os meses do ano, a retenção de AD torna-se um fator importante no estudo do crescimento diamétrico das espécies, já que determina a disponibilidade de água para as diferentes etapas fisiológicas da planta e, assim, aptidão dos sítios para determinadas espécies. Em períodos com déficit hídrico, as espécies para suprirem as demandas evapotranspirativas aprofundam as raízes na busca de água armazenada ao longo do perfil do solo, conforme evidenciado por Sette Jr. et al (2010). Por isso, tem sido demonstrada preocupação em ampliar a faixa de água disponível entre a CC e o PMP, por meio de medidas que facilitem o reabastecimento (infiltração e redistribuição) e favoreçam o crescimento radicular e a eficiência do uso da água pelas plantas (REICHERT et al., 2011). Mesmo tratando-se de solos não perturbados, a correlação canônica entre os atributos físico-hídricos e o incremento periódico de *Araucaria angustifolia* (0,898) mostrou que a CC (-0,761), o PMP (-0,764) e, por conseguinte, a AD (-0,776), podem limitar o crescimento da espécie, uma vez que apresentaram elevados pesos canônicos. Segundo De Hoogh (1981), uma considerável porção da variação de crescimento da espécie pode ser atribuída a fatores como a porosidade e a capacidade de retenção de água no solo, corroborando com os resultados encontrados nesse trabalho.

Notou-se relação entre os valores de incremento diamétrico de todas as espécies inseridas dentro das unidades de estudo com os valores de AD da camada de 5 a 20 cm (TABELA 4), exceto a UE I, devido a influência da baixa profundidade do solo. Embora se tenha observado relação entre a AD e os incrementos, ressalta-se que os dados de incrementos são provenientes de floresta heterogênea e inequiânea com diferentes interações intra e interespecíficas que possivelmente condicionam incremento particular para cada indivíduo.

Para fins de balanço hídrico, assume-se que o armazenamento total de água no solo é igual a somatória da capacidade de campo ao longo do perfil, determinada para cada unidade de estudo, conforme as propriedades físico-hídricas intrínsecas ao solo. Nesse caso, como a CC é definida como a quantidade máxima de água que o

solo consegue reter contra a força da gravidade, valores acima disso, resultam em drenagem profunda ou escoamento superficial.

5.2 CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL E FLORÍSTICA

A partir do levantamento florístico realizado nas cinco Unidades de Estudos, 4.056 indivíduos foram registrados e distribuídos em 95 diferentes espécies, 62 gêneros e 36 famílias botânicas (Tabela 5). Dentre as famílias que apresentaram o maior número de indivíduos, estão: Myrtaceae (26,60%), Lauraceae (12,38%), Araucariaceae (11,05%), Aquifoliaceae (9,27%) e Euphorbiaceae (7,52%), que juntas representaram 66,82% do número total de indivíduos.

Considerando a riqueza de espécies, destacaram-se as famílias: Myrtaceae (21), Lauraceae (9), Salicaceae (6), Fabaceae e Rutaceae (5). Resultados semelhantes foram reportados por Rondon Neto et al. (2002), que ao analisarem a composição florística do componente arbóreo de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana, em Criúva, RS, observaram que o dossel foi dominado pela *Araucaria angustifolia* e o sub-bosque por espécies das famílias Lauraceae e Myrtaceae.

TABELA 5 - ESPÉCIES REGISTRADAS NAS UNIDADES DE ESTUDO I, II, III, IV E V, EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA, NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS

(continua)

Nome Científico	Nome Popular	Família Botânica
<i>Lithraea brasiliensis</i> Marchand	Aroeira-brava	Anacardiaceae
<i>Annona rugulosa</i> (Schltdl.) H. Rainer	Ariticum	Annonaceae
<i>Ilex brevicuspis</i> Reissek	Caúna	Aquifoliaceae
<i>Ilex dumosa</i> Reissek	Caúna	Aquifoliaceae
<i>Ilex microdonta</i> Reissek	Caúna	Aquifoliaceae
<i>Ilex paraguariensis</i> A. St.-Hil	Erva-mate	Aquifoliaceae
<i>Oreopanax fulvum</i> Marchal	Tamanqueira	Araliaceae
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntz	Araucária	Araucariaceae
<i>Dasyphyllum spinescens</i> (Less.) Cabrera	Sucará	Asteraceae
<i>Dasyphyllum tomentosum</i> (Spreng.) Cabrera	Sucará-piloso	Asteraceae
<i>Vernonanthura discolor</i> (Spreng.) H. Rob.	Vassourão-branco	Asteraceae
<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	Ipê-roxo	Bignoniaceae
<i>Citronella gongonha</i> (Mart.) R.A. Howard	Congonha	Cardiopteridaceae
<i>Maytenus evonymoides</i> Reissek	Coração-de-bugre	Celastraceae
<i>Clethra uleana</i> Sleumer	Canela-de-vaca	Clethraceae
<i>Lamanonia ternata</i> Vell.	Guaperê	Cunoniaceae
<i>Weinmannia paulliniifolia</i> Pohl	Gramimunha	Cunoniaceae

(continuação)

Nome Científico	Nome Popular	Família Botânica
<i>Alsophila</i> sp.	Xaxim-de-espinho	Cyatheaceae
<i>Dicksonia sellowiana</i> Hook.	Xaxim	Dicksoniaceae
<i>Sloanea monosperma</i> Vell.	Sapopema	Elaeocarpaceae
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	Pau-leiteiro	Euphorbiaceae
<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	Branquilha-leiteiro	Euphorbiaceae
<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L.B. Sm. & Downs	Branquilha	Euphorbiaceae
<i>Acacia bonariensis</i> Gillies ex Hook. & Arn.	Unha-de-gato	Fabaceae
<i>Inga vera</i> Kunth	Ingá-banana	Fabaceae
<i>Lonchocarpus campestris</i> Mart. ex Benth.	Rabo-de-bugio	Fabaceae
<i>Lonchocarpus nitidus</i> (Vogel) Benth.	Rabo-de-bugio	Fabaceae
<i>Machaerium paraguariense</i> Hassl.	Canela-do-brejo	Fabaceae
<i>Cinnamomum amoenum</i> (Nees) Kosterm.	Canela	Lauraceae
<i>Cinnamomum glaziovii</i> (Mez) Kosterm.	Canela-crespa	Lauraceae
<i>Cryptocarya aschersoniana</i> Mez	Canela-fogo	Lauraceae
<i>Cryptocarya moschata</i> Nees & C. Mart.	Canela-fogo	Lauraceae
<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	Canela-preta	Lauraceae
<i>Ocotea indecora</i> Schott ex Meissner	Canela	Lauraceae
<i>Ocotea porosa</i> (Nees & Mart.) Barroso	Imbuia	Lauraceae
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	Canela-guaicá	Lauraceae
<i>Ocotea pulchella</i> Mart.	Canela-lajeana	Lauraceae
<i>Strychnos brasiliensis</i> (Spreng.) Mart.	Anzol-de-lontra	Loganiaceae
<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.	Açoita-cavalo	Malvaceae
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Cedro	Meliaceae
<i>Hennecartia omphalandra</i> J. Poiss.	Canema	Monimiaceae
<i>Acca sellowiana</i> (O. Berg) Burret	Goiaba-da-serra	Myrtaceae
<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O. Berg	Murta	Myrtaceae
<i>Calypttranthes concinna</i> DC.	Guamirim	Myrtaceae
<i>Campomanesia rhombea</i> O. Berg	Guabiroda-folha-miúda	Myrtaceae
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> O. Berg	Guabiroba	Myrtaceae
<i>Eugenia involucrata</i> DC.	Cerejeira-do-mato	Myrtaceae
<i>Eugenia pluriflora</i> DC.	Guamirim	Myrtaceae
<i>Eugenia psidiiflora</i> O. Berg	Guamirim	Myrtaceae
<i>Eugenia subterminalis</i> DC.	Guamirim	Myrtaceae
<i>Eugenia uruguayensis</i> Cambess.	Batinga-vermelha	Myrtaceae
<i>Myrceugenia cucullata</i> D. Legrand	Guamirim	Myrtaceae
<i>Myrceugenia miersiana</i> (Gardner) D. Legrand & Kause	Guamirim-piloso	Myrtaceae
<i>Myrceugenia myrcioides</i> (Cambess.) O. Berg	Guamirim	Myrtaceae
<i>Myrceugenia oxysepala</i> (Burret) D. Legrand & Kausel	Guamirim	Myrtaceae
<i>Myrcia oligantha</i> O. Berg	Guamirim	Myrtaceae
<i>Myrcianthes gigantea</i> (Cambess.) O. Berg	Araçá-do-mato	Myrtaceae
<i>Myrcianthes pungens</i> (O. Berg) D. Legrand	Guabiju	Myrtaceae
<i>Myrciaria floribunda</i> (H. West ex Willd.) O. Berg	Camboim	Myrtaceae
<i>Myrciaria tenella</i> (DC.) O. Berg	Camboinzinho	Myrtaceae

(conclusão)

Nome Científico	Nome Popular	Família Botânica
<i>Myrrhinium atropurpureum</i> Schott	Murtinho	Myrtaceae
<i>Siphoneugena reitzii</i> D. Legrand	Camboim	Myrtaceae
<i>Picramnia parvifolia</i> Engl.	Pau-amargo	Picramniaceae
<i>Podocarpus lambertii</i> Klotzsch ex Endl.	Pinheiro-bravo	Podocarpaceae
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult	Capororoca	Primulaceae
<i>Myrsine laetevirens</i> (Mez) Arechav.	Capororoca	Primulaceae
<i>Myrsine lorentziana</i> (Mez) Arechav.	Capororoca	Primulaceae
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	Capororocão	Primulaceae
<i>Roupala montana</i> Aubl.	Carvalho-brasileiro	Proteaceae
<i>Scutia buxifolia</i> Reissek	Coronilha	Rhamnaceae
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	Pessegueiro-bravo	Rosaceae
<i>Pilocarpus pennatifolius</i> Lem.	Jaborandi	Rutaceae
<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	Mamica-de-cadela	Rutaceae
<i>Zanthoxylum kleinii</i> (R.S. Cowan) P.G. Waterman	Mamica-de-cadela	Rutaceae
<i>Zanthoxylum petiolare</i> A. St.-Hil. & Tul.	Mamica-de-cadela	Rutaceae
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Mamica-de-cadela	Rutaceae
<i>Banara parviflora</i> (A. Gray) Benth.	Guaçatunga-preta	Salicaceae
<i>Banara tomentosa</i> Clos	Guaçatunga-branca	Salicaceae
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	Guaçatunga	Salicaceae
<i>Casearia obliqua</i> Spreng.	Cambroé	Salicaceae
<i>Xylosma pseudosalzmanii</i> Sleumer	Espinho-judeu	Salicaceae
<i>Xylosma tweediana</i> (Clos) Eichler	Sucará	Salicaceae
<i>Allophylus edulis</i> (A. St.-Hil., Cambess. & A. Juss.) Radlk.	Chal-chal	Sapindaceae
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	Camboatá-vermelho	Sapindaceae
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	Miguel-pintado	Sapindaceae
<i>Cestrum intermedium</i> Sendtn.	Coerana	Solanaceae
<i>Solanum pabstii</i> L.B. Sm. & Downs	Canema	Solanaceae
<i>Solanum pseudoquina</i> A. St.-Hil.	Peloteira	Solanaceae
<i>Solanum sanctae-catharinae</i> Dunal	Joá-manso	Solanaceae
<i>Styrax leprosus</i> Hook. & Arn.	Carne-de-vaca	Styracaceae
<i>Symplocos tetrandra</i> Mart.	Sete-sangrias	Symplocaceae
<i>Symplocos uniflora</i> (Pohl) Benth.	Sete-sangrias	Symplocaceae
<i>Laplacea acutifolia</i> (Wawra) Kobuski	Pau-de-santa-Rita	Theaceae
<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	Tarumã-de-espinho	Verbenaceae
<i>Duranta vestita</i> Cham.	Duranta	Verbenaceae

FONTE: dados do PELD organizados pelo autor (2017).

Em Floresta Ombrófila Mista, as famílias Myrtaceae e Lauraceae são as mais representativas em termos de regeneração natural no estado do Rio Grande do Sul (RIO GRANDE DO SUL, 2002), bem como nos demais estados da região Sul do Brasil. Mauhs e Backes (2002) observaram que as duas famílias foram responsáveis

por 49,96% da regeneração natural de um fragmento exposto a perturbações antrópicas, resultado superior ao encontrado no presente estudo (38,98%). Embora *Araucaria angustifolia* predomine no estrato superior da floresta, Nascimento, Longhi e Brena (2001) observaram que os estratos médio e inferior possuem expressiva quantidade de espécies que se regeneram, considerados importantes centros de dispersão dessas famílias, principalmente da Myrtaceae, em que se observam desde árvores de grande porte até arvoretas e arbustos.

Ao analisarem a florística da regeneração natural na Flona de São Francisco de Paula, Narvaes et al. (2008) concluíram que o sub-bosque rico em Mirtaceas deve-se a presença de espécies tolerantes à ambientes sombreados e úmidos, sendo representativas em densidade de indivíduos. Os mesmos autores citaram a dispersão zoocórica como um atrativo de dispersores aos diferentes grupos florísticos, o que aumenta a possibilidade de regeneração natural na Floresta Ombrófila Mista. Segundo Oliveira e Rotta (1982), como a maioria dos indivíduos pertencem às poucas famílias, as espécies podem apresentar características genéticas e botânicas comuns e inerentes às mesmas, como a constituição floral, o processo de polinização e a disseminação de sementes.

Do mesmo modo, as famílias Myrtaceae e Lauraceae também se destacaram com relação a riqueza de espécies. Outros estudos fitossociológicos em Floresta Ombrófila Mista também apontam a família Myrtaceae como a mais representativa em número de espécies, seguida pela Lauraceae, dentre os quais podem-se citar: Jarenkow e Batista (1987), Nascimento, Longhi e Brena (2001), Moscovich (2006), Sonogo, Backes e Souza (2007), no estado do Rio Grande do Sul; Negrelle e Silva (1992), Klauberg et al. (2010), Higuchi et al. (2012), Silva et al. (2013), Cubas, Watzlawick e Figueiredo Filho (2016), em Santa Catarina; Galvão, Kuniyoshi e Roderjan (1989), Kozera, Dittrich e Silva (2006), Reginato e Goldenberg (2007), Carmo e Assis (2012), no Paraná. Esse aspecto referente a elevada riqueza se deve a Floresta Ombrófila Mista abranger floras de origens distintas, que se desenvolvem em sítios diferenciados, com espécies de grande amplitude ecológica, onde as Myrtaceas e Lauraceas inserem-se no ecossistema, representadas por um grande número de espécies.

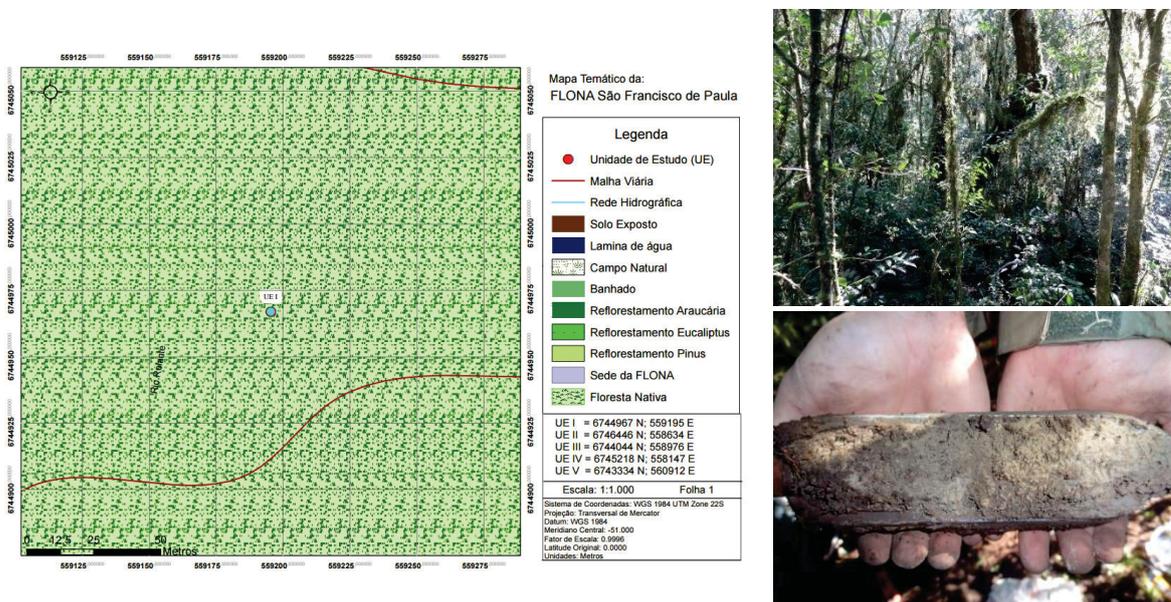
Ressalta-se, ainda, a participação significativa da família Araucariaceae em relação ao número de indivíduos, uma vez que a mesma foi representada somente pela espécie *Araucaria angustifolia*, demonstrando a sua importância na

caracterização e funcionalidade da tipologia florestal. Igualmente, outras 21 famílias (58,33%) do número total, foram representadas por uma única espécie. Logo, mesmo que as cinco unidades de estudo avaliadas tenham revelado elevada diversidade florística, poucas foram as famílias que incluíram a maioria dos indivíduos arbóreos amostrados, caracterizando a fitofisionomia da Floresta Ombrófila Mista, em conformidade com o encontrado por Lingner et al. (2007) e Sawczuk et al. (2014).

5.2.1 Análise da Unidade de Estudo I

Por meio da análise da diversidade pelo índice de Shannon (H'), um valor igual a 3,25 foi atribuído a UE I (FIGURA 11). Conforme os limites de 1,50 a 3,50 relatados por Margalef (1972), o valor corresponde à alta diversidade, justificado em parte devido ao ambiente estar inserido em uma unidade de conservação, sem interferência direta da ação antrópica.

FIGURA 11 – LOCALIZAÇÃO, INTERIOR DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA E SOLO DA UNIDADE DE ESTUDO I, NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS



FONTE: O autor (2015).

O índice de Dominância de Simpson ($D = 0,95$) reitera a riqueza florística observada no índice de Shannon, pois, de acordo com sua interpretação, a probabilidade de dois indivíduos arbóreos tomados ao acaso na UE I pertencerem a mesma espécie é de apenas 5%.

O índice de Equabilidade de Pielou ($J' = 0,85$) ficou próximo a um, sugerindo boa distribuição dos indivíduos entre todas as espécies. Nesse caso, mesmo a região tendo o predomínio de *Araucaria angustifolia* e suas associações, a UE I apresenta considerável grau de uniformidade na abundância das espécies, indicando baixa dominância ecológica.

Os resultados da análise da estrutura horizontal são apresentados para a relação das vinte espécies com maior valor de importância (VI%) na UE I, listadas em ordem decrescente (TABELA 6). A relação completa das espécies e os respectivos parâmetros fitossociológicos encontram-se no Apêndice A.

TABELA 6 – PARÂMETROS FITOSSOCIOLÓGICOS DAS 20 ESPÉCIES DE MAIOR VI% REGISTRADAS NA UNIDADE DE ESTUDO I, EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA, LOCALIZADA NA FLORESTA NACIONAL DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS

Nome Científico	ID	GR	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC (%)	VI (%)
<i>Ilex brevicuspis</i>	36	1	39	5,73	30	5,79	8,058	17,37	11,55	9,63
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	9	1	46	6,75	37	7,14	5,749	12,39	9,57	8,76
<i>Sebastiania commersoniana</i>	78	1	67	9,84	33	6,37	4,142	8,93	9,38	8,38
<i>Eugenia uruguayensis</i>	33	3	55	8,08	38	7,34	1,466	3,16	5,62	6,19
<i>Nectandra megapotamica</i>	64	3	33	4,85	26	5,02	4,023	8,67	6,76	6,18
<i>Siphoneugena reitzii</i>	79	3	37	5,43	33	6,37	1,913	4,12	4,78	5,31
<i>Cinnamomum glaziovii</i>	18	3	36	5,29	26	5,02	2,314	4,99	5,14	5,10
<i>Casearia decandra</i>	13	3	50	7,34	33	6,37	0,699	1,51	4,42	5,07
<i>Cryptocarya aschersoniana</i>	22	3	27	3,96	19	3,67	3,229	6,96	5,46	4,86
<i>Ocotea pulchella</i>	68	3	20	2,94	14	2,70	3,056	6,59	4,76	4,08
<i>Eugenia psidiiflora</i>	31	2	35	5,14	24	4,63	0,680	1,47	3,30	3,75
<i>Lamanonia ternata</i>	41	3	13	1,91	12	2,32	2,274	4,90	3,40	3,04
<i>Myrciaria floribunda</i>	57	2	26	3,82	20	3,86	0,567	1,22	2,52	2,97
<i>Myrceugenia cucullata</i>	50	2	26	3,82	20	3,86	0,420	0,91	2,36	2,86
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	12	2	19	2,79	14	2,70	0,829	1,79	2,29	2,43
<i>Campomanesia rhombea</i>	11	2	17	2,50	16	3,09	0,706	1,52	2,01	2,37
<i>Ilex paraguariensis</i>	39	2	17	2,50	17	3,28	0,492	1,06	1,78	2,28
<i>Araucaria angustifolia</i>	6	2	13	1,91	12	2,32	1,099	2,37	2,14	2,20
<i>Sapium glandulosum</i>	75	2	9	1,32	8	1,54	0,888	1,91	1,62	1,59
<i>Calyptranthes concinna</i>	10	2	12	1,76	11	2,12	0,201	0,43	1,10	1,44
∴			∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
Subtotal			597	87,68	443	85,51	42,805	92,27	89,96	88,49
Total			676	100	515	100	46,356	100	100	100

ID: identificação da espécie no dendrograma; GR: grupo da espécie no dendrograma; DA: densidade absoluta ($\text{ind} \cdot \text{ha}^{-1}$); DR: densidade relativa (%); FA: frequência absoluta (%); FR: frequência relativa (%); DoA: dominância absoluta ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$); DoR: dominância relativa (%); VC: valor de cobertura (%) e VI: valor de importância (%).

FONTE: O autor (2017).

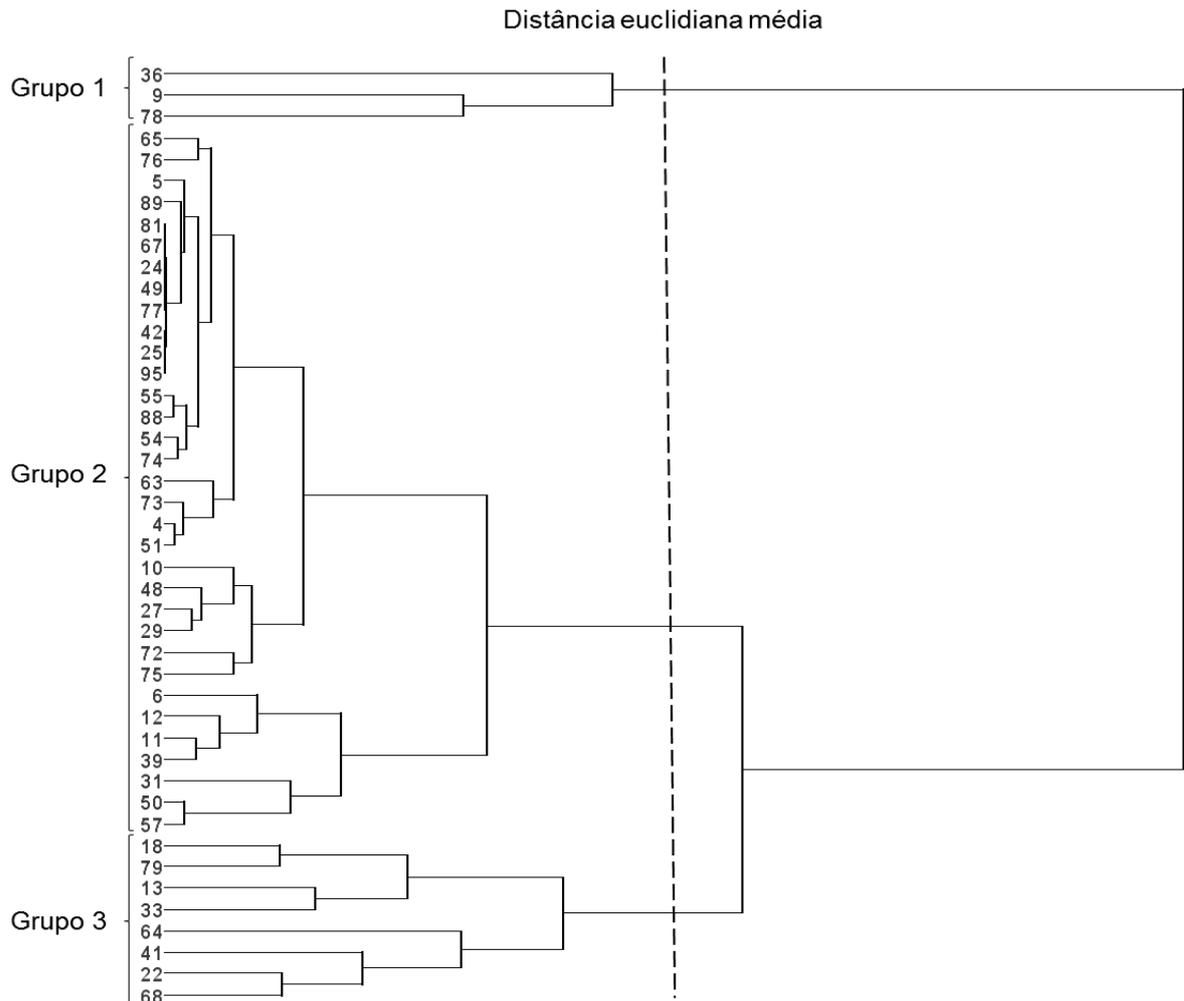
Os parâmetros fitossociológicos são usualmente utilizados como descritores da comunidade arbórea para caracterizar a estrutura horizontal e, assim, demonstrar a importância ecológica das espécies na floresta. Com base nisso, a análise da heterogeneidade dos parâmetros fitossociológicos, por meio da formação de grupos homogêneos, pode auxiliar na determinação das características comuns entre as espécies, bem como, na atuação de fatores bióticos e abióticos que estejam influenciando a qualidade do sítio. Diante do exposto, a aplicação da análise de agrupamentos separa um grande número de observações em grupos menores, para que as observações dentro de cada um deles sejam relativamente similares, com uma variação consideravelmente menor do que o total, considerando o conjunto completo de dados (LATTIN; CARROLL; GREEN, 2011).

Na análise de agrupamentos com o dendrograma de similaridade (FIGURA 12), as espécies encontradas na UE foram agrupadas conforme a distância euclidiana (metade da maior distância), utilizada como medida de similaridade entre as espécies, de acordo com as semelhanças nos parâmetros fitossociológicos, indicando a formação de três grupos distintos. Porém, quando analisado de modo geral o dendrograma, das cinco UEs, essa foi a que evidenciou a maior formação de grupos elencados por dissimilaridade. Caso fosse utilizada uma distância euclidiana mais restritiva, a linha traçada paralelamente ao eixo horizontal iria interceptar mais ramos de ligação, formando um número maior de grupos distintos.

Na UE I, foram encontrados 676 indivíduos, distribuídos em 44 espécies. Dentre as famílias com maior número de indivíduos, destacaram-se: Myrtaceae (342), Lauraceae (124), Euphorbiaceae (77) e Aquifoliaceae (56), que juntas representaram 87,96% do total registrado. Observou-se, ainda, que as espécies com maior número de indivíduos foram: *Sebastiania commersoniana* (67), *Eugenia uruguayensis* (55), *Casearia decandra* (50), *Blepharocalyx salicifolius* (46) e *Ilex brevicuspis* (39). Os maiores valores de densidade absoluta encontrados podem estar relacionados a uma característica ecológica comum entre essas espécies, como a seletividade higrófila, ou seja, a adaptação aos ambientes úmidos (LORENZI, 2008; 2009), favorecendo o desenvolvimento e a permanência das espécies no local. Em consonância com o exposto, nas outras quatro Unidades de Estudo avaliadas ocorreram espécies que se destacaram das demais em densidade de indivíduos (*Siphoneugena reitzii*, na UE II e *Araucaria angustifolia* nas UEs III, IV e V). Comportamento não evidenciado nessa

UE, considerando que as densidades foram muito uniformes, o que reforça a hipótese de que as espécies sejam tolerantes à locais úmidos (LONGHI et al., 2006).

FIGURA 12 – DENDROGRAMA DO AGRUPAMENTO DAS ESPÉCIES DA UNIDADE DE ESTUDO I PELO MÉTODO DE LIGAÇÃO MÉDIA



FONTE: O autor (2017).

Nesse sentido, a própria predominância de *Sebastiania commersoniana* sugere, em face das características da espécie, um ambiente de hidromorfismo, pois a mesma ocorre quase que exclusivamente em florestas aluviais e de galeria, ao longo dos rios e regatos, em solos temporariamente alagados com lençol freático superficial e em solos rasos com afloramento de rochas (CARVALHO, 2003; LORENZI, 2008). Corroborando com o exposto, a Floresta Ombrófila Mista pode apresentar diferentes graus de desenvolvimento, desde comunidades simplificadas pelo grau de hidromorfia dos solos (Neossolos Flúvicos e Gleissolos), onde *Sebastiania commersoniana*

aparece como uma espécie indicadora, até associações mais complexas, com a participação expressiva da espécie *Araucaria angustifolia* na fisionomia da floresta (RODERJAN et al., 2002).

Conforme mostra a Tabela 6, a espécie *Sebastiania commersoniana* foi a terceira mais importante na UE I, devido a sua elevada densidade e dominância (4,142 m²·ha⁻¹). A alta densidade de indivíduos com pequenas dimensões contribuiu para o aumento dos valores de área basal, refletindo em maior valor de importância, uma vez que a espécie apresentou baixa frequência na UE (6,37%). A distribuição ocorreu de forma agregada, concentrando os indivíduos nas condições de sítio favoráveis ao desenvolvimento da espécie, como reportado por Barddal et al. (2004) e Rodrigues et al. (2016). Entretanto, ainda que se destaque em relação a esses parâmetros, trata-se de uma espécie que pertence aos primeiros estágios sucessionais e retrata a imaturidade da floresta (LIMA; HOSOKAWA; MACHADO, 2012).

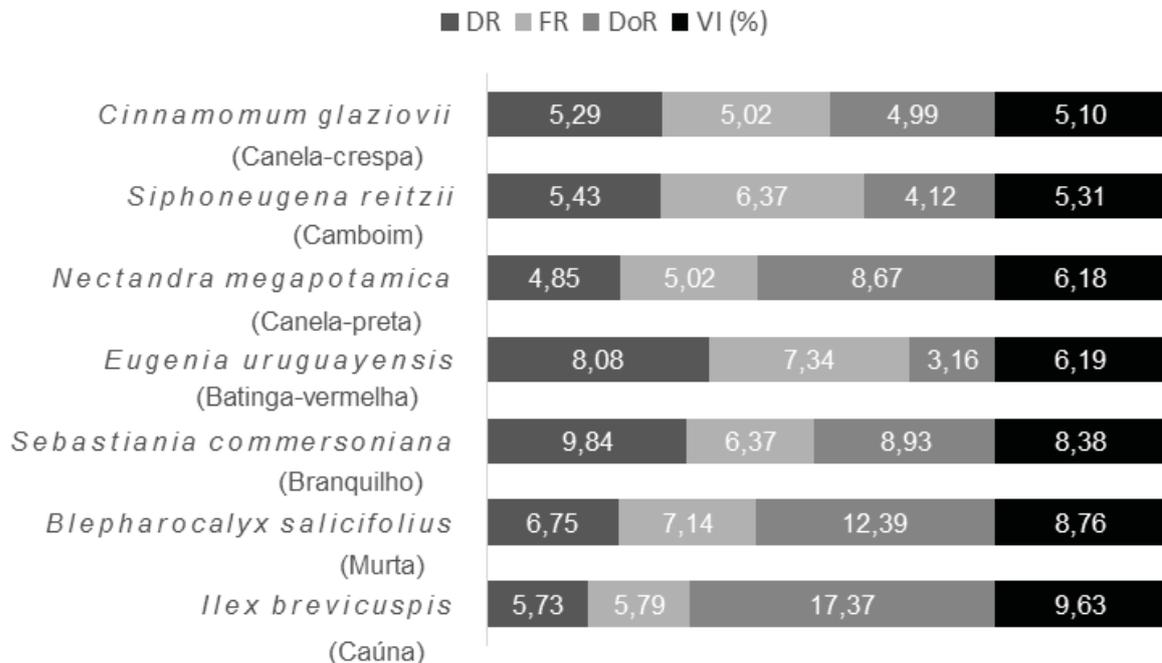
De modo geral, as espécies que apresentaram maior densidade foram acompanhadas de maior dominância absoluta, à exceção de *Casearia decandra* e *Eugenia uruguayensis*, permanecendo no grupo 3. Segundo Silva et al. (2013), a espécie *Casearia decandra* ocorre em abundância em florestas inundáveis e preferenciais de ambientes aluviais, indicando seu uso na recomposição de matas ciliares. Apesar de *Casearia decandra* ser uma espécie seletiva higrófila, tem o seu desenvolvimento fortemente associado a áreas abertas que sofreram distúrbios, conforme evidenciado por Longhi, Araújo e Brena (2008). Devido a sua característica pioneira, sugere-se que os indivíduos tenham se favorecido de aberturas no dossel da floresta, ocorrendo rápido ingresso e incremento, conforme observado por meio da elevada densidade e baixa dominância absoluta.

Embora pouco frequente na sua dispersão, a espécie *Eugenia uruguayensis* (LORENZI, 2008) parece ter encontrado o ambiente propício ao seu desenvolvimento, justificado em função da elevada densidade e melhor distribuição da espécie dentro da UE. Verificou-se baixos valores de dominância, visto que os indivíduos da espécie possuem a característica de produzir troncos de pequenas dimensões (MARCHIORI; SOBRAL, 1997).

Ilex brevicuspis foi a espécie dominante que também apresentou o maior valor de importância na UE (9,63%), seguida pelas espécies *Blepharocalyx salicifolius* (8,76%) e *Sebastiania commersoniana* (8,38%), as quais apresentaram valores semelhantes, o que justifica a similaridade entre as espécies do grupo 1. O maior valor

de importância observado ocorreu devido a área basal, de acordo com os resultados da dominância absoluta, considerando que os valores relacionados à frequência e densidade absolutas são atribuídos a outras espécies. Em termos de área basal, poucas são as espécies que dominam a tipologia florestal. À exemplo disso, *Ilex brevicuspis*, *Blepharocalyx salicifolius*, *Sebastiania commersoniana*, *Eugenia uruguayensis*, *Nectandra megapotamica*, *Siphoneugena reitzii* e *Cinnamomum glaziovii* representam as sete espécies mais importantes, responsáveis por aproximadamente 50% do valor de importância da área (FIGURA 13), com 59,62% da área basal total da UE ($27,67 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$).

FIGURA 13 – ESPÉCIES QUE REPRESENTAM A METADE DO VALOR DE IMPORTÂNCIA DA UNIDADE DE ESTUDO I



DR: densidade relativa (%); FR: frequência relativa (%); DoR = dominância relativa (%) e VI: valor de importância (%).

FONTE: O autor (2017).

Evidenciou-se elevado número de espécies no sub-bosque, com relativa quantidade de indivíduos tombados, possivelmente reflexo da suscetibilidade ao vento ocasionada pela baixa profundidade efetiva do solo, visto que o material de origem foi encontrado nos 20 cm abaixo da superfície, correspondendo ao Neossolo Litólico Hístico. Esse aspecto refletiu no sistema radicular de *Araucaria angustifolia*, em que as camadas restritivas impedem que as raízes de sustentação alcancem profundidade

e as raízes finas concentrem boa parte de sua biomassa nos primeiros centímetros de solo (FIGURA 14), demonstrando a plasticidade morfológica das raízes. Nesse sentido, mesmo que seja mais comum encontrar as raízes finas nas camadas superficiais, onde ocorrem os principais processos biológicos, como a absorção de água e nutrientes (GONÇALVES; MELLO, 2005); em sítios com restrições físicas, como a baixa profundidade efetiva, o desenvolvimento das raízes e o armazenamento de água no solo ficam limitados, estimulando o desenvolvimento de estratégias adaptativas ao estresse hídrico e nutricional das espécies.

FIGURA 14 - RAÍZES FINAS DE *Araucaria angustifolia* NOS PRIMEIROS 20 CM DE SOLO NA UNIDADE DE ESTUDO I, LOCALIZADA NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS.



FONTE: O autor (2015).

Dessa forma, das vinte espécies com maior valor de importância, quinze são classificadas como secundárias tardias ou clímax. Essa característica predominante pode estar associada ao hábito de enraizamento, pois as espécies secundárias tardias ou clímax apresentam sistema radicular do tipo ramificado, com maior concentração de raízes nas camadas superficiais do solo (GONÇALVES, 2002) e, assim, demonstram vantagens competitivas em relação a outras espécies, com melhor desenvolvimento e capacidade de suportar os efeitos restritivos do sítio.

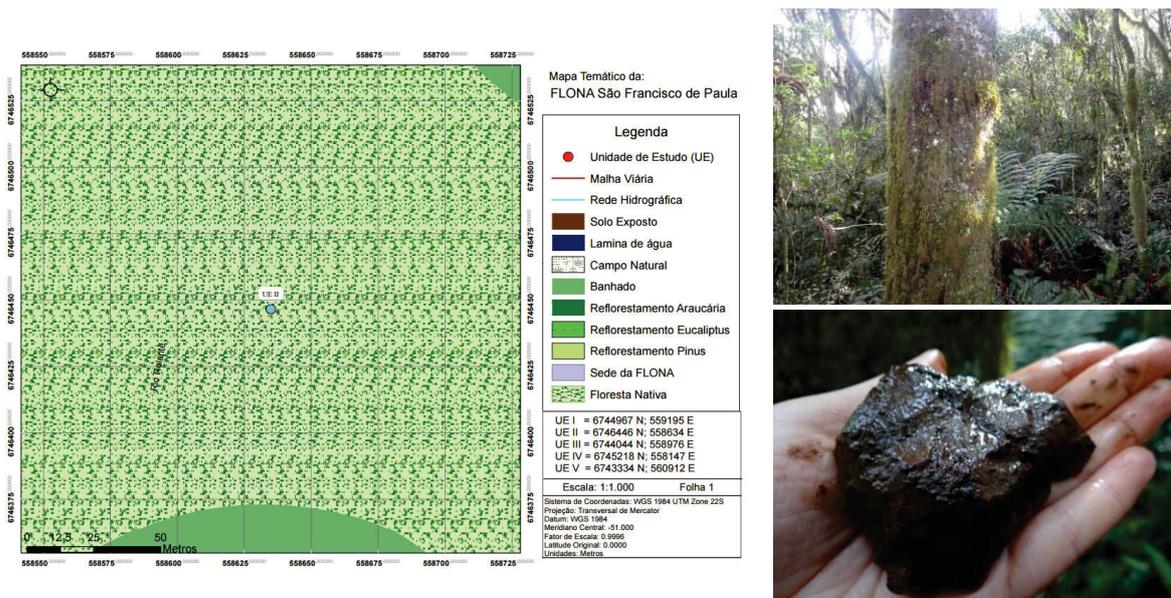
Logo, a ocorrência de espécies que possuem preferência por solos profundos como *Araucaria angustifolia* (CARVALHO, 2003; LONGHI et al., 2010), tornam-se

raras e diminutas, com $13 \text{ ind.} \cdot \text{ha}^{-1}$ e $1,099 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$, representando apenas 1,91% dos indivíduos encontrados, ficando no grupo 2, juntamente com outras espécies de menor VI. Portanto, mesmo que a área seja definida como Floresta Ombrófila Mista, cuja característica principal é a elevada densidade de *Araucaria angustifolia* (IBGE, 1992), na UE I, a representação dessa espécie indicou baixa importância na estrutura horizontal, resultando na décima oitava posição em valor de importância (VI = 2,20%). Esse resultado corrobora com De Hoogh (1981) e Zanon (2007), os quais afirmam que em Neossolos Litólicos e Gleissolos (hidromórficos) as restrições físicas e fisiológicas impostas para o desenvolvimento radicial produzem condições de crescimento limitado para *Araucaria angustifolia*.

5.2.2 Análise da Unidade de Estudo II

Com relação aos índices de diversidade encontrados na UE II (FIGURA 15), foi observado índice de Shannon ($H' = 3,26$) caracterizando alta diversidade florística, em conformidade com outros levantamentos realizados em Floresta Ombrófila Mista na região.

FIGURA 15 – LOCALIZAÇÃO, INTERIOR DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA E SOLO DA UNIDADE DE ESTUDO II, NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS



FONTE: O autor (2015).

O índice de Dominância de Simpson ($D= 0,93$) foi igualmente alto, ratificando a diversidade florística encontrada no índice de Shannon. O valor indicou baixa dominância de espécies na UE, apresentando apenas 7% de probabilidade de dois indivíduos arbóreos tomados ao acaso pertencerem à mesma espécie.

Em contrapartida, o índice de Equabilidade de Pielou foi moderado ($J'= 0,78$), sugerindo que a uniformidade da UE pode estar sendo influenciada pela abundância de *Siphoneugena reitzii*, que apresentou densidade relativa de 18,91%.

Os resultados da análise da estrutura horizontal são apresentados para a relação das vinte espécies com maior valor de importância (VI%) na UE II, listadas em ordem decrescente (Tabela 7). A relação completa das espécies e os respectivos parâmetros fitossociológicos encontram-se no Apêndice A.

TABELA 7 – PARÂMETROS FITOSSOCIOLÓGICOS DAS 20 ESPÉCIES DE MAIOR VI% REGISTRADAS NA UNIDADE DE ESTUDO II, EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA, LOCALIZADA NA FLORESTA NACIONAL DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS

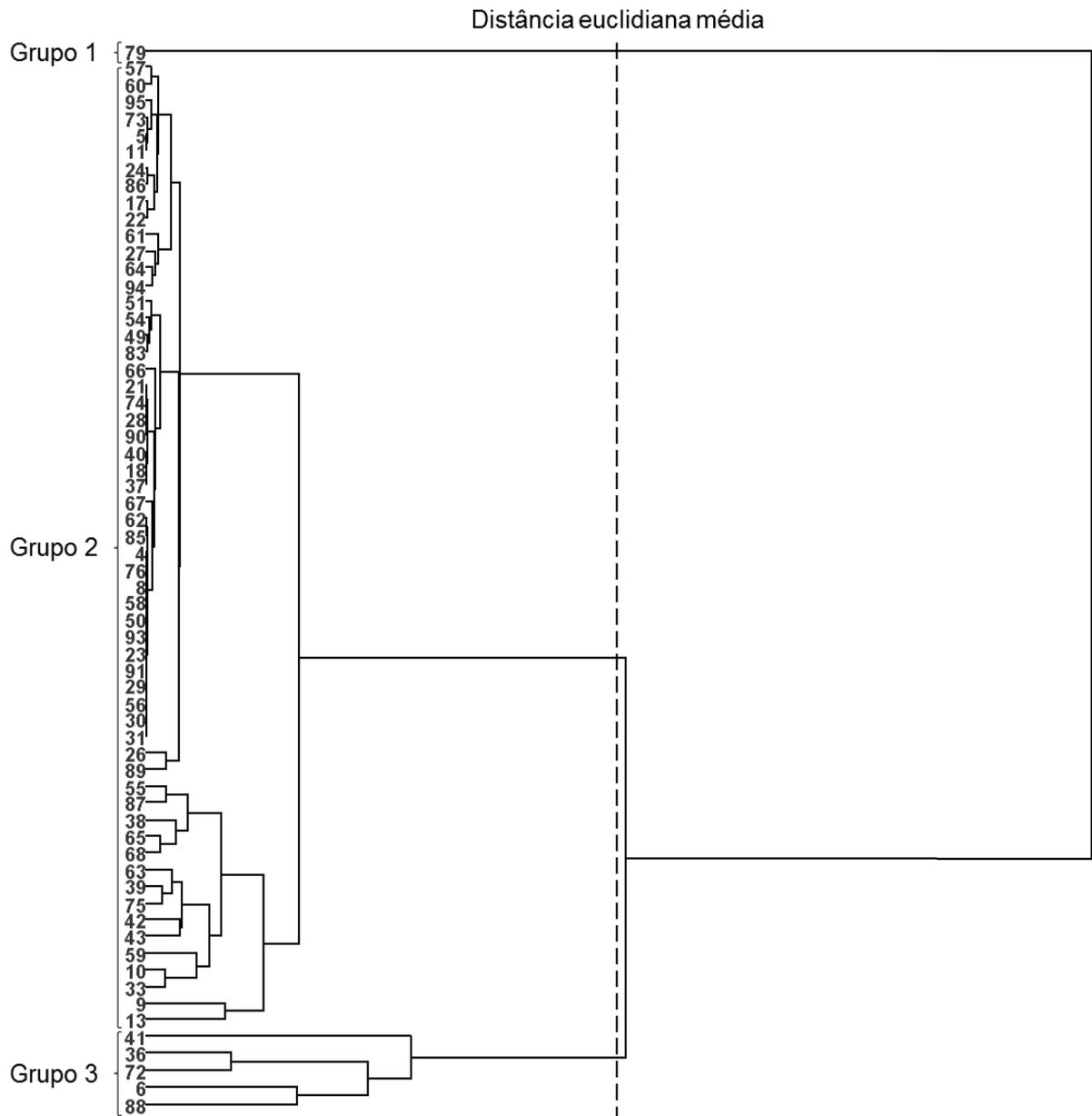
Nome Científico	ID	GR	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC (%)	VI (%)
<i>Siphoneugena reitzii</i>	79	1	184	18,91	72	10,67	5,517	12,18	15,54	13,92
<i>Podocarpus lambertii</i>	72	3	86	8,84	54	8,00	5,425	11,98	10,41	9,60
<i>Ilex brevicuspis</i>	36	3	78	8,02	47	6,96	4,668	10,31	9,16	8,43
<i>Araucaria angustifolia</i>	6	3	38	3,91	27	4,00	6,372	14,07	8,99	7,32
<i>Vernonanthura discolor</i>	88	3	45	4,62	33	4,89	4,427	9,77	7,20	6,43
<i>Lamanonia ternata</i>	41	3	40	4,11	33	4,89	2,504	5,53	4,82	4,84
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	9	2	38	3,91	30	4,44	1,473	3,25	3,58	3,87
<i>Casearia decandra</i>	13	2	36	3,70	31	4,59	0,469	1,04	2,37	3,11
<i>Myrsine umbellata</i>	63	2	30	3,08	21	3,11	0,920	2,03	2,56	2,74
<i>Eugenia uruguayensis</i>	33	2	31	3,19	24	3,56	0,584	1,29	2,24	2,68
<i>Lithraea brasiliensis</i>	43	2	21	2,16	19	2,81	1,317	2,91	2,53	2,63
<i>Ilex paraguariensis</i>	39	2	26	2,67	18	2,67	1,140	2,52	2,59	2,62
<i>Sapium glandulosum</i>	75	2	29	2,98	17	2,52	1,012	2,23	2,61	2,58
<i>Calypttranthes concinna</i>	10	2	32	3,29	22	3,26	0,398	0,88	2,08	2,48
<i>Laplacea acutifolia</i>	42	2	25	2,57	14	2,07	1,271	2,81	2,69	2,48
<i>Ilex microdonta</i>	38	2	17	1,75	15	2,22	1,074	2,37	2,06	2,11
<i>Myrrhinium atropurpureum</i>	59	2	22	2,26	19	2,81	0,320	0,71	1,48	1,93
<i>Ocotea pulchella</i>	68	2	16	1,64	15	2,22	0,792	1,75	1,70	1,87
<i>Ocotea indecora</i>	65	2	15	1,54	14	2,07	0,641	1,42	1,48	1,68
<i>Myrcianthes gigantea</i>	55	2	15	1,54	13	1,93	0,412	0,91	1,23	1,46
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Subtotal			824	84,69	538	79,69	40,736	89,96	87,32	84,78
Total			972	100	674	100	45,291	100	100	100

ID: identificação da espécie no dendrograma; GR: grupo da espécie no dendrograma; DA: densidade absoluta ($\text{ind} \cdot \text{ha}^{-1}$); DR: densidade relativa (%); FA: frequência absoluta (%); FR: frequência relativa (%); DoA: dominância absoluta ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$); DoR: dominância relativa (%); VC: valor de cobertura (%) e VI: valor de importância (%).

FONTE: O autor (2017).

O dendrograma de similaridade, no qual as espécies encontradas na UE foram agrupadas de acordo com as semelhanças nos parâmetros fitossociológicos, indicou a formação de três grupos distintos (FIGURA 16).

FIGURA 16 - DENDROGRAMA DO AGRUPAMENTO DAS ESPÉCIES DA UNIDADE DE ESTUDO II PELO MÉTODO DE LIGAÇÃO MÉDIA



FONTE: O autor (2017).

Na UE II, foram encontrados 972 indivíduos distribuídos em 64 espécies, sendo as mais abundantes: *Siphoneugena reitzii* (184), *Podocarpus lambertii* (86), *Ilex brevicuspis* (78), *Vernonanthura discolor* (45) e *Lamanonia ternata* (40). Dentre as

famílias que apresentaram maior número de indivíduos destacaram-se: Myrtaceae (347), Aquifoliaceae (123), Podocarpaceae (86), Asteraceae (47) e Primulaceae (47), que representaram 66,80% do número total de indivíduos registrados. *Siphoneugena reitzii* apresentou maior densidade absoluta e mostrou melhor distribuição no interior da UE, com frequência de 72% e a segunda maior dominância absoluta ($5,517 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$). Por esse conjunto de parâmetros, foi a espécie com maior valor de importância na UE (13,92%) e, assim, constituindo o grupo 1. Segundo Marchiori e Sobral (1997), essa espécie é um dos elementos mais característicos da Floresta Ombrófila Mista, na região nordeste do Rio Grande do Sul, preferindo terrenos planos ou encostas suaves, com abundante suprimento de água. Nesse caso, mesmo com a declividade de 24%, a predominância da espécie na UE pode estar relacionada à textura argilosa a muito argilosa do Cambissolo, o que justifica a maior retenção de água disponível para as espécies no solo, cerca de 51 mm, em 60 cm de profundidade de solo, a maior dentre as UEs. No entanto, ressalta-se que a partir dos 45 cm de profundidade de solo, foi observada a presença de fragmentos de rocha (basáltica), atestando o baixo grau de alteração do material de origem, o que sugere também, a possibilidade de menor profundidade do solo em comparação as UEs III, IV e V.

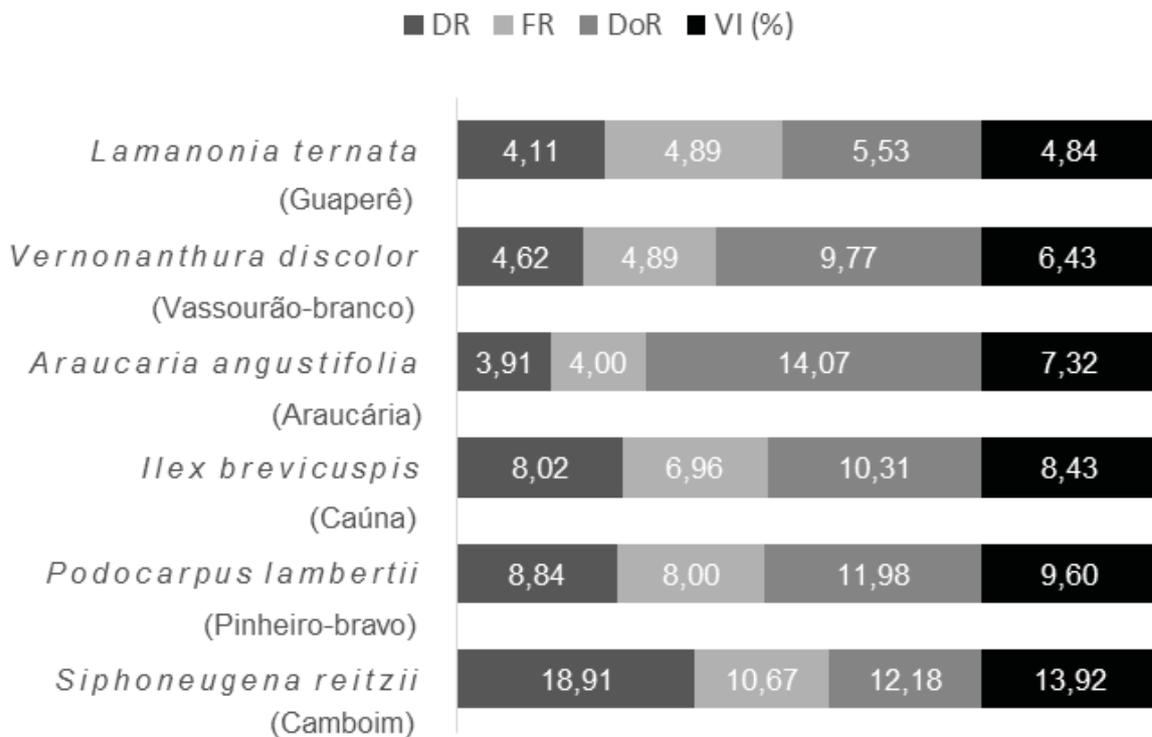
Podocarpus lambertii está classificada como espécie secundária tardia ou clímax tolerante à sombra, sendo encontrada com boa regeneração natural em vegetação secundária mais evoluída (CARVALHO, 2003). Em estudo realizado na Flona de São Francisco de Paula, observou-se que um dos fatores que influenciaram positivamente a presença da espécie foi a alta densidade do sub-bosque (LONGHI et al., 2010). Dentre as cinco UEs avaliadas, a UE II foi a que apresentou a maior densidade de indivíduos, ratificando o resultado encontrado pelos autores. Logo, juntamente com a presença das espécies *Lamanonia ternata* (secundária inicial), *Siphoneugena reitzii* e *Ilex brevicuspis* (secundárias tardias), observou-se que a área encontra-se em estágio secundário de sucessão. No entanto, ressalta-se que *Vernonanthura discolor* é uma espécie pioneira que apresenta vasta e expressiva dispersão, característica da submata de pinhais (CARVALHO, 2008; LORENZI, 2008).

Em termos de dominância, destacou-se *Araucaria angustifolia*, com área basal de $6,372 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$, seguida de *Siphoneugena reitzii* ($5,517 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$) e *Podocarpus lambertii* ($5,425 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$). Mesmo com troncos de elevados diâmetros, devido a menor densidade e frequência, *Araucaria angustifolia* ocupou a quarta posição em valor de importância (7,32%), constituindo o grupo 3, juntamente com *Lamanonia ternata*, *Ilex*

brevicuspis, *Podocarpus lambertii* e *Vernonanthura discolor*. As demais espécies tiveram menores representatividades, formando o grupo 2.

Conforme verificado nas UE I e II, poucas são as espécies da Floresta Ombrófila Mista que dominam em área basal, pois observou-se que apenas seis espécies (*Siphoneugena reitzii*, *Podocarpus lambertii*, *Ilex brevicuspis*, *Araucaria angustifolia*, *Vernonanthura discolor* e *Lamanonia ternata*) foram responsáveis por 63,84% da dominância relativa. Igualmente, essas espécies representaram metade do valor de importância da UE II (50,54%; FIGURA 17).

FIGURA 17 – ESPÉCIES QUE REPRESENTAM A METADE DO VALOR DE IMPORTÂNCIA DA UNIDADE DE ESTUDO II



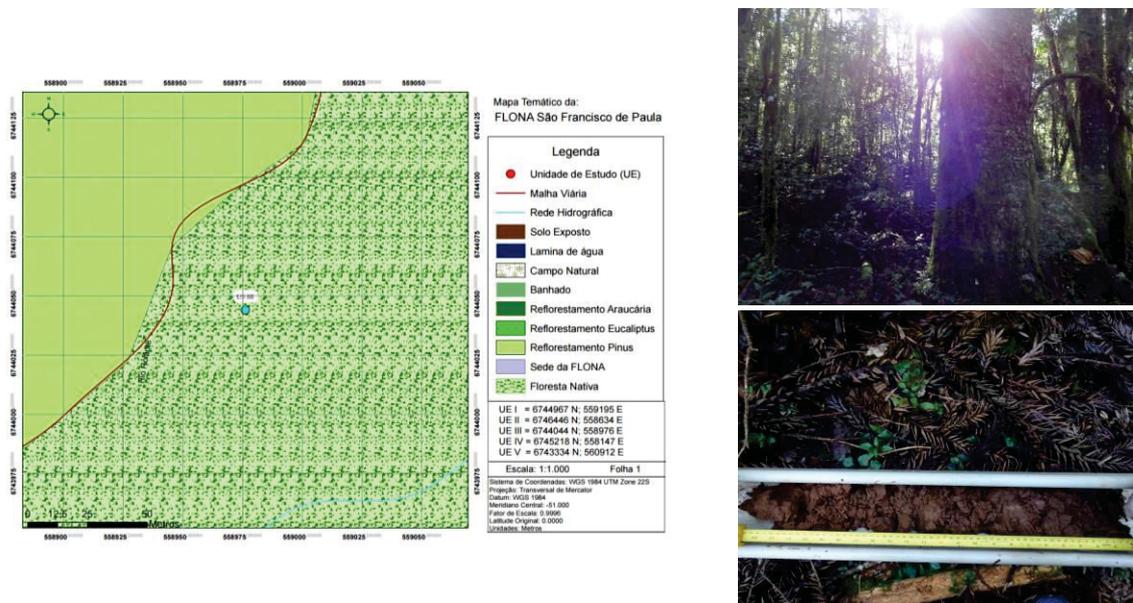
DR: densidade relativa (%); FR: frequência relativa (%); DoR = dominância relativa (%) e VI: valor de importância (%).

FONTE: O autor (2017).

5.2.3 Análise da Unidade de Estudo III

De acordo com os índices de diversidade observados na UE III (FIGURA 18), o índice de Shannon (H') resultou no valor de 3,18, considerado alto e dentro dos valores comumente encontrados para Floresta Ombrófila Mista.

FIGURA 18 – LOCALIZAÇÃO, INTERIOR DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA E SOLO DA UNIDADE DE ESTUDO III, NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS



FONTE: O autor (2015).

O índice de Dominância de Simpson ($D = 0,94$) reitera a riqueza florística observada no índice de diversidade, pois de acordo com sua interpretação, é baixa a probabilidade (6%) de dois indivíduos arbóreos tomados ao acaso pertencerem à mesma espécie.

O índice de Equabilidade de Pielou (J') foi igual a 0,78, expressando valor moderado em relação a distribuição equitativa dos indivíduos pelas espécies. Nesse caso, é possível que a uniformidade mediana ocorra em razão da abundância de *Araucaria angustifolia* e *Blepharocalyx salicifolius*, cujas densidades relativas são 13,01 e 11,52%, respectivamente.

Os resultados da análise da estrutura horizontal são apresentados para a relação das vinte espécies com maior valor de importância (VI%) na UE III, listadas em ordem decrescente (TABELA 8). A relação completa das espécies e os respectivos parâmetros fitossociológicos encontram-se no Apêndice A.

TABELA 8 – PARÂMETROS FITOSSOCIOLÓGICOS DAS 20 ESPÉCIES DE MAIOR VI% REGISTRADAS NA UNIDADE DE ESTUDO III, EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA, LOCALIZADA NA FLORESTA NACIONAL DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS

Nome Científico	ID	GR	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC (%)	VI (%)
<i>Araucaria angustifolia</i>	6	1	97	13,01	67	12,34	24,481	56,18	34,60	27,18
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	9	2	86	11,52	47	8,79	4,350	9,98	10,75	10,10
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	77	2	74	9,89	45	8,41	0,913	2,10	5,99	6,80
<i>Matayba elaeagnoides</i>	48	2	57	7,59	37	6,92	1,829	4,20	5,89	6,23
<i>Ilex paraguariensis</i>	39	2	44	5,96	33	6,17	1,135	2,61	4,28	4,91
<i>Cryptocarya aschersoniana</i>	22	2	44	5,96	32	5,98	1,125	2,58	4,27	4,84
<i>Nectandra megapotamica</i>	64	2	37	5,01	28	5,23	1,397	3,21	4,11	4,48
<i>Casearia decandra</i>	13	2	38	5,15	31	5,79	0,444	1,02	3,08	3,99
<i>Campomanesia rhombea</i>	11	2	31	4,20	16	2,99	0,667	1,53	2,87	2,91
<i>Dicksonia sellowiana</i>	27	2	16	2,17	13	2,43	1,082	2,48	2,33	2,36
<i>Ocotea pulchella</i>	68	2	17	2,30	14	2,62	0,824	1,89	2,10	2,27
<i>Cupania vernalis</i>	24	2	16	2,17	15	2,80	0,333	0,77	1,47	1,91
<i>Sebastiania commersoniana</i>	78	2	12	1,63	11	2,06	0,561	1,29	1,46	1,66
<i>Maytenus evonymoides</i>	49	2	16	2,17	10	1,87	0,249	0,57	1,37	1,54
<i>Ilex brevicuspis</i>	36	2	11	1,49	8	1,50	0,554	1,27	1,38	1,42
<i>Citronella gongonha</i>	20	2	10	1,36	9	1,68	0,498	1,14	1,25	1,39
<i>Myrceugenia cucullata</i>	50	2	12	1,63	9	1,68	0,246	0,56	1,10	1,29
<i>Lonchocarpus campestris</i>	44	2	12	1,63	7	1,31	0,230	0,53	1,08	1,15
<i>Myrrhinium atropurpureum</i>	59	2	9	1,22	8	1,50	0,148	0,34	0,78	1,02
<i>Xylosma pseudosalzmanii</i>	90	2	8	1,08	8	1,50	0,164	0,38	0,73	0,99
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
Subtotal			649	87,14	451	83,57	41,230	94,63	90,89	88,44
Total			740	100	536	100	43,490	100	100	100

ID: identificação da espécie no dendrograma; GR: grupo da espécie no dendrograma; DA: densidade absoluta ($\text{ind} \cdot \text{ha}^{-1}$); DR: densidade relativa (%); FA: frequência absoluta (%); FR: frequência relativa (%); DoA: dominância absoluta ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$); DoR: dominância relativa (%); VC: valor de cobertura (%) e VI: valor de importância (%).

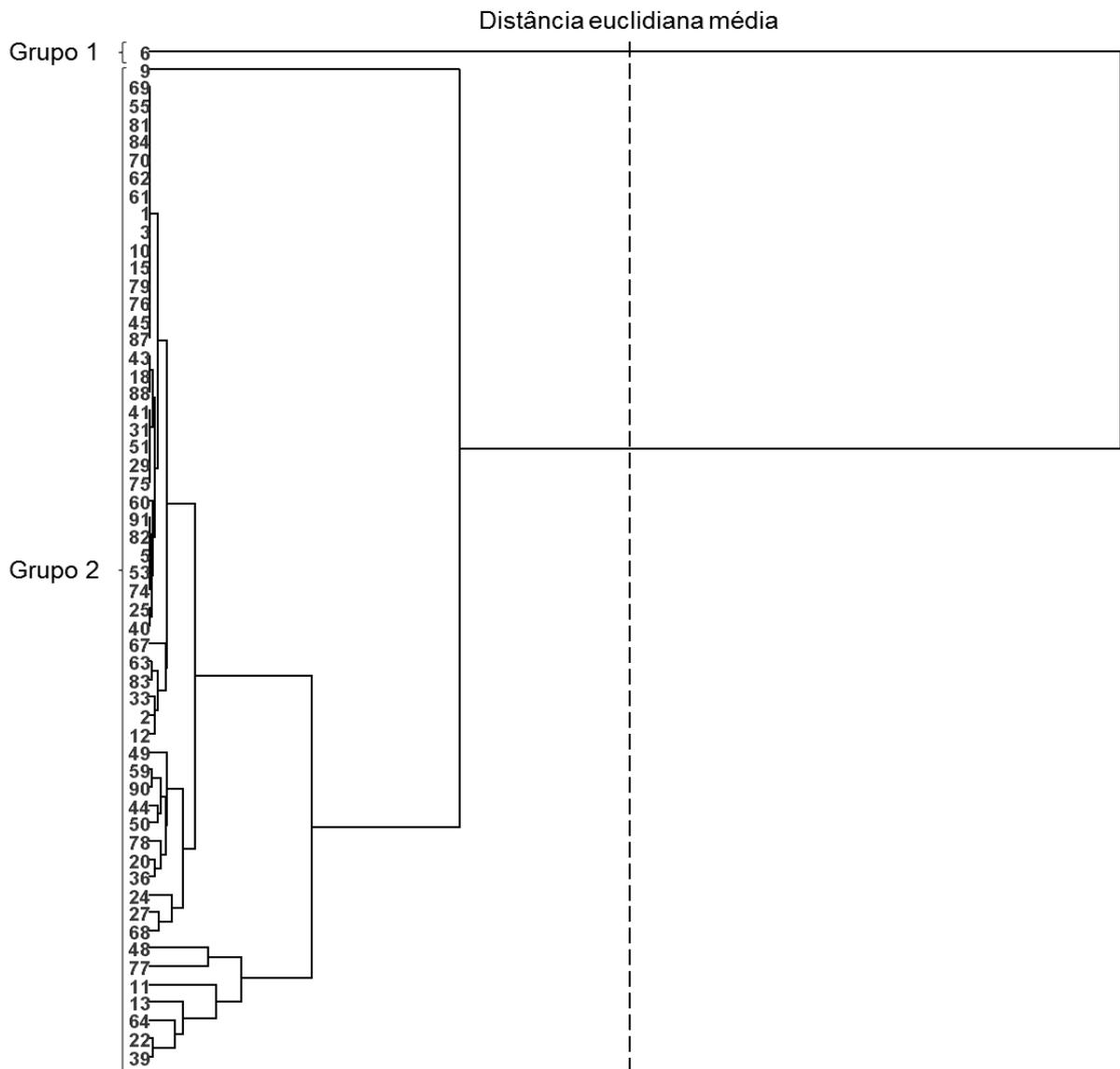
FONTE: O autor (2017).

O dendrograma de similaridade, no qual as espécies encontradas na UE foram agrupadas de acordo com as semelhanças nos parâmetros fitossociológicos, indicou a formação de dois grupos distintos (FIGURA 19).

Na UE III, as famílias que apresentaram o maior número de indivíduos foram: Myrtaceae (165), Lauraceae (105), Araucariaceae (97) e Sapindaceae (88), que representaram 61,49% do número total de indivíduos registrados. As maiores densidades de indivíduos observados pertenceram as espécies que representam as condições típicas da Floresta Ombrófila Mista, com presença marcante de *Araucaria angustifolia* (97) no estrato emergente, associada à *Blepharocalyx salicifolius* (86), *Sebastiania brasiliensis* (74), *Matayba elaeagnoides* (57), *Ilex paraguariensis* (44),

Cryptocarya aschersoniana (44) e *Nectandra megapotamica* (37), ocupando o sub-bosque (TABELA 8). O conjunto de espécies somam 439 indivíduos, o que representa 59,32% do total encontrado. A espécie mais importante foi *Araucaria angustifolia* (27,18%), pois, além da elevada densidade, apresentou maiores valores de frequência (67%) e dominância absoluta (24,481 m²·ha⁻¹), sendo discrepantes os resultados em relação às demais espécies da associação, corroborando com Schäffer e Prochnow (2002).

FIGURA 19 - DENDROGRAMA DO AGRUPAMENTO DAS ESPÉCIES DA UNIDADE DE ESTUDO III PELO MÉTODO DE LIGAÇÃO MÉDIA

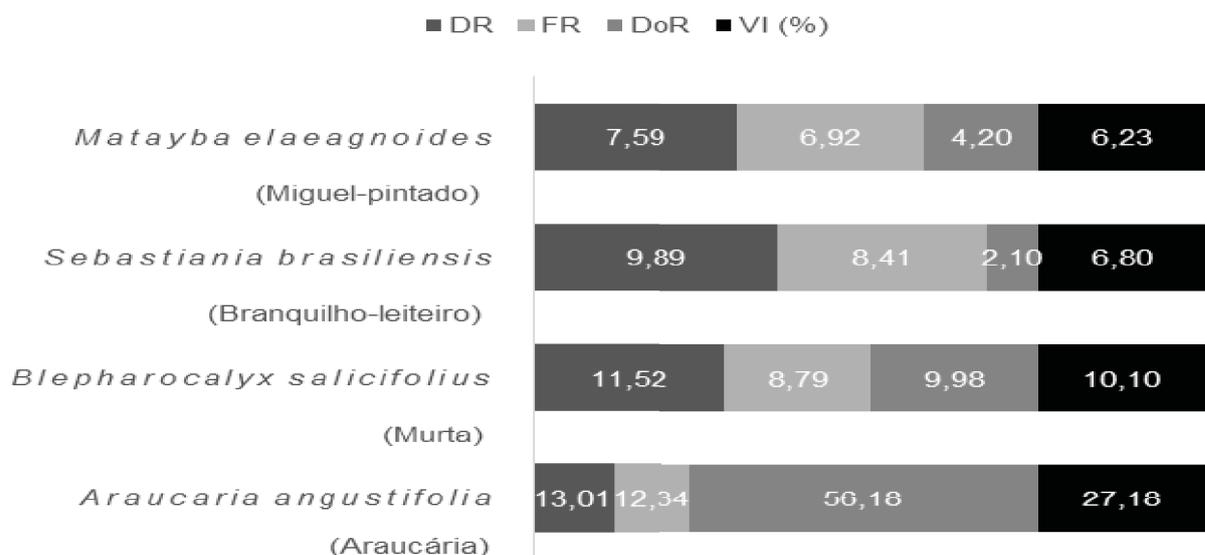


FONTE: O autor (2017).

De fato, apesar de algumas espécies do sub-bosque apresentarem densidade expressiva, a maior parte dos indivíduos possuem menor área basal e, por conseguinte, valores de importância pouco significativos. Nesse sentido, dos 740 indivíduos encontrados, 12,16% apresentaram densidade relativa inferiores a 1% e apenas duas espécies foram maiores em termos de valores de dominância relativa, *Araucaria angustifolia* (56,18%) e *Blepharocalyx salicifolius* (9,98%), nas demais espécies os valores foram inferiores a 5%. Segundo Ávila et al. (2016), *Araucaria angustifolia* e *Blepharocalyx salicifolius* são espécies-chaves e características da Floresta Ombrófila Mista, a primeira por ser emergente, com maior expressão fisionômica e dominância na tipologia, e a segunda, pela densidade e dispersão. Em razão disso, as espécies foram elencadas em grupos distintos: *Araucaria angustifolia* e *Blepharocalyx salicifolius*, nos grupos 1 e 2, respectivamente.

Portanto, a participação expressiva de *Araucaria angustifolia*, juntamente com outras três espécies de maior valor de importância (*Blepharocalyx salicifolius*, *Sebastiania brasiliensis* e *Matayba elaeagnoides*) foram suficientes para representar metade do valor de importância da UE (50,31%) e 72,46% da área basal total (31,573 m² ha⁻¹) e, por isso, foram as espécies mais características da associação (FIGURA 20). Apesar disso, *Sebastiania brasiliensis*, *Matayba elaeagnoides* e outras espécies que ocorrem em associação com *Araucaria angustifolia* permaneceram no grupo 2.

FIGURA 20 – ESPÉCIES QUE REPRESENTAM A METADE DO VALOR DE IMPORTÂNCIA DA UNIDADE DE ESTUDO III



DR: densidade relativa (%); FR: frequência relativa (%); DoR = dominância relativa (%) e VI: valor de importância (%).

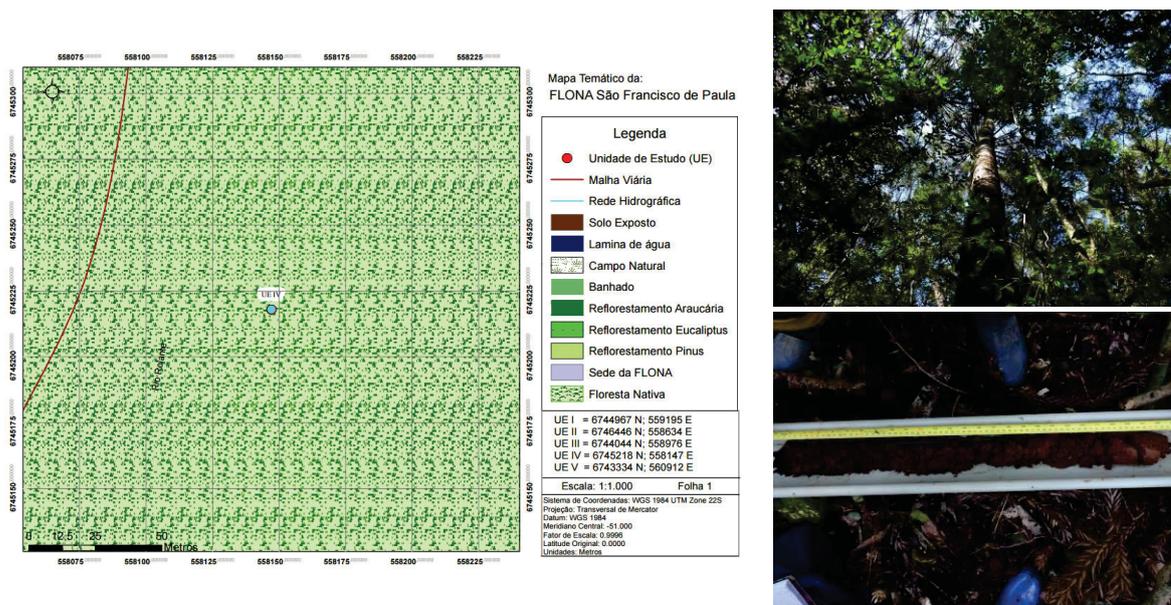
FONTE: O autor (2017).

Observou-se, ainda, um elevado número de espécies com baixo valor de importância, visto que 46 das 57 espécies registradas apresentaram valores de importância abaixo de 2%, sugerindo atenção pela fragilidade da tipologia.

5.2.4 Análise da Unidade de Estudo IV

Analisando os índices de diversidade na UE IV (FIGURA 21), foi observado um alto índice de Shannon ($H' = 3,36$), maior valor dentre as cinco UEs estudadas. Esse valor representa elevada diversidade florística, denotando uniformidade nos valores de importância entre as espécies.

FIGURA 21 – LOCALIZAÇÃO, INTERIOR DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA E SOLO DA UNIDADE DE ESTUDO IV, NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS



FONTE: O autor (2015).

Para o índice de Dominância de Simpson ($D = 0,95$) foi encontrado baixa probabilidade (5%) de dois indivíduos arbóreos tomados ao acaso na UE pertencerem a mesma espécie.

O índice de Equabilidade de Pielou ($J' = 0,82$) ficou próximo a um, expressando alta uniformidade da UE em relação ao número de indivíduos para cada espécie, à exceção de *Araucaria angustifolia*, que apresentou elevada abundância, com densidade relativa de 15,75%.

Os resultados da análise da estrutura horizontal são apresentados para a relação das vinte espécies com maior valor de importância (VI%) na UE IV, listadas em ordem decrescente (TABELA 9). A relação completa das espécies e os respectivos parâmetros fitossociológicos encontram-se no Apêndice A.

TABELA 9 – PARÂMETROS FITOSSOCIOLÓGICOS DAS 20 ESPÉCIES DE MAIOR VI% REGISTRADOS NA UNIDADE DE ESTUDO IV, EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA, LOCALIZADA NA FLORESTA NACIONAL DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS

Nome Científico	ID	GR	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC (%)	VI (%)
<i>Araucaria angustifolia</i>	6	1	132	15,75	52	9,34	29,867	54,99	35,37	26,69
<i>Ocotea puberula</i>	67	2	46	5,49	30	5,39	3,877	7,14	6,31	6,00
<i>Casearia decandra</i>	13	2	64	7,64	41	7,36	0,835	1,54	4,59	5,51
<i>Ilex paraguariensis</i>	39	2	54	6,44	41	7,36	1,088	2,00	4,22	5,27
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	9	2	43	5,13	26	4,67	2,535	4,67	4,90	4,82
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	77	2	44	5,25	31	5,57	0,511	0,94	3,10	3,92
<i>Nectandra megapotamica</i>	64	2	30	3,58	22	3,95	1,314	2,42	3,00	3,32
<i>Sapium glandulosum</i>	75	2	28	3,34	21	3,77	0,945	1,74	2,54	2,95
<i>Campomanesia rhombea</i>	11	2	29	3,46	18	3,23	0,679	1,25	2,36	2,65
<i>Cryptocarya aschersoniana</i>	22	2	27	3,22	15	2,69	1,091	2,01	2,62	2,64
<i>Inga vera</i>	40	2	26	3,10	19	3,41	0,566	1,04	2,07	2,52
<i>Luehea divaricata</i>	46	2	21	2,51	10	1,80	1,634	3,01	2,76	2,44
<i>Eugenia uruguayensis</i>	33	2	25	2,98	16	2,87	0,570	1,05	2,02	2,30
<i>Eugenia psidiiflora</i>	31	2	22	2,63	18	3,23	0,284	0,52	1,57	2,13
<i>Ocotea pulchella</i>	68	2	12	1,43	9	1,62	1,744	3,21	2,32	2,09
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	12	2	21	2,51	12	2,15	0,532	0,98	1,74	1,88
<i>Pilocarpus pennatifolius</i>	71	2	19	2,27	14	2,51	0,214	0,39	1,33	1,73
<i>Roupala montana</i>	74	2	14	1,67	12	2,15	0,573	1,06	1,36	1,63
<i>Prunus myrtifolia</i>	73	2	15	1,79	13	2,33	0,364	0,67	1,23	1,60
<i>Sebastiania commersoniana</i>	78	2	11	1,31	10	1,80	0,682	1,26	1,28	1,45
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
Subtotal			683	81,50	430	77,20	49,905	91,89	86,69	83,54
Total			824	100	544	100	54,066	100	100	100

ID: identificação da espécie no dendrograma; GR: grupo da espécie no dendrograma; DA: densidade absoluta ($\text{ind} \cdot \text{ha}^{-1}$); DR: densidade relativa (%); FA: frequência absoluta (%); FR: frequência relativa (%); DoA: dominância absoluta ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$); DoR: dominância relativa (%); VC: valor de cobertura (%) e VI: valor de importância (%).

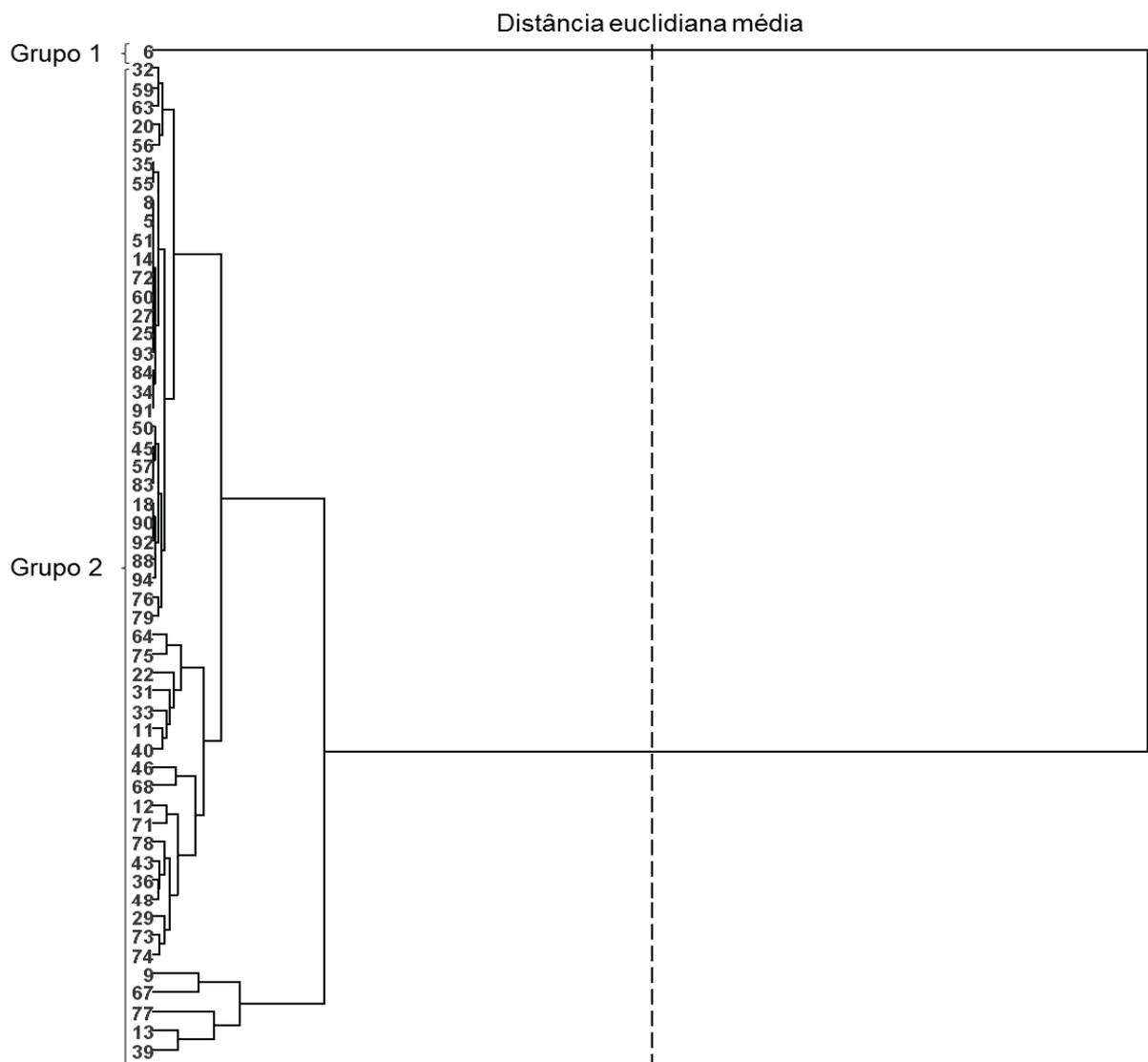
FONTE: O autor (2017).

O dendrograma de similaridade, no qual as espécies encontradas na UE foram agrupadas de acordo com as semelhanças nos parâmetros fitossociológicos, indicou a formação de dois grupos distintos (FIGURA 22).

Na UE IV, as famílias que apresentaram o maior número de indivíduos foram: Myrtaceae (191), Araucariaceae (132), Lauraceae (118) e Salicaceae (71), que

representaram 62,14% do número total de indivíduos registrados. A densidade total encontrada foi de 824 indivíduos, distribuídos em 54 espécies, sendo as mais abundantes: *Araucaria angustifolia* (132), *Casearia decandra* (64), *Ilex paraguariensis* (54), *Ocotea puberula* (46) e *Sebastiania brasiliensis* (44), representando 41,26% do total. Essas espécies também foram as mais frequentes, representando frequência de 35,02% em relação ao total.

FIGURA 22 – DENDROGRAMA DO AGRUPAMENTO DAS ESPÉCIES DA UNIDADE DE ESTUDO IV PELO MÉTODO DE LIGAÇÃO MÉDIA



FONTE: O autor (2017).

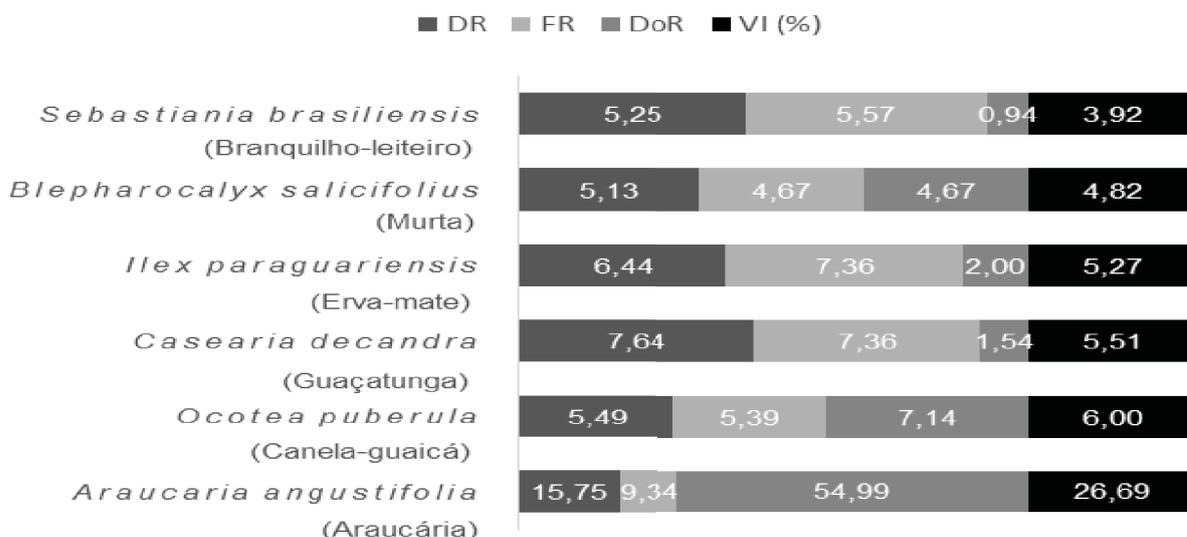
De acordo com a Figura 22, o grupo 1 apresentou somente a espécie *Araucaria angustifolia* e o grupo 2, as demais espécies da UE. Esse resultado é explicado baseando-se na análise da estrutura fitossociológica, onde novamente a espécie mais importante foi *Araucaria angustifolia* (26,69%), que além da elevada densidade, apresentou melhor distribuição no interior da UE, com frequência absoluta de 52%. Em relação à dominância, a espécie representou mais da metade da área basal (29,867 m²·ha⁻¹), que foi de 54,066 m²·ha⁻¹, a maior dentre as cinco avaliadas.

Portanto, nota-se que a maior representatividade de *Araucaria angustifolia* está relacionada à dominância, visto que mesmo a espécie apresentando maior densidade, a contribuição em termos de área basal foi de 54,99%, em relação à densidade com 15,75%. Esse resultado está acima do comumente encontrado, pois geralmente as coníferas são responsáveis por cerca de 40% da área basal da floresta, devido à combinação de elevado diâmetro e hábito emergente (ENRIGHT, 2001).

Schaaf et al. (2006) afirmam que a amplitude diamétrica de uma espécie é fruto da interação da idade dos indivíduos, tamanho potencial inerente e capacidade de competição dos indivíduos na floresta, ou seja, as características autoecológicas da espécie. Logo, esse comportamento ocorre quando *Araucaria angustifolia* encontra boas condições de sítio para se desenvolver, sobrepondo-se em relação às demais, permanecendo sozinha em um grupo específico.

Dessa forma, *Araucaria angustifolia*, somada a outras cinco espécies: *Ocotea puberula*, *Casearia decandra*, *Ilex paraguariensis*, *Blepharocalyx salicifolius* e *Sebastiania brasiliensis*, foram responsáveis por 52,21% do valor de importância da composição florística da UE (FIGURA 23), representando as condições naturais da Floresta Ombrófila Mista. Observou-se, ainda, grande número de espécies com baixo valor de importância, visto que 39 das 54 espécies registradas apresentaram valores de importância abaixo de 2%. Nesse sentido, a maioria das espécies do sub-bosque apresentaram dominância pouco expressiva, refletindo em valores de importância pouco significativos e uniformes entre as espécies, justificando a permanência no mesmo grupo.

FIGURA 23 – ESPÉCIES QUE REPRESENTAM A METADE DO VALOR DE IMPORTÂNCIA DA UNIDADE DE ESTUDO IV



DR: densidade relativa (%); FR: frequência relativa (%); DoR = dominância relativa (%) e VI: valor de importância (%).

FONTE: O autor (2017).

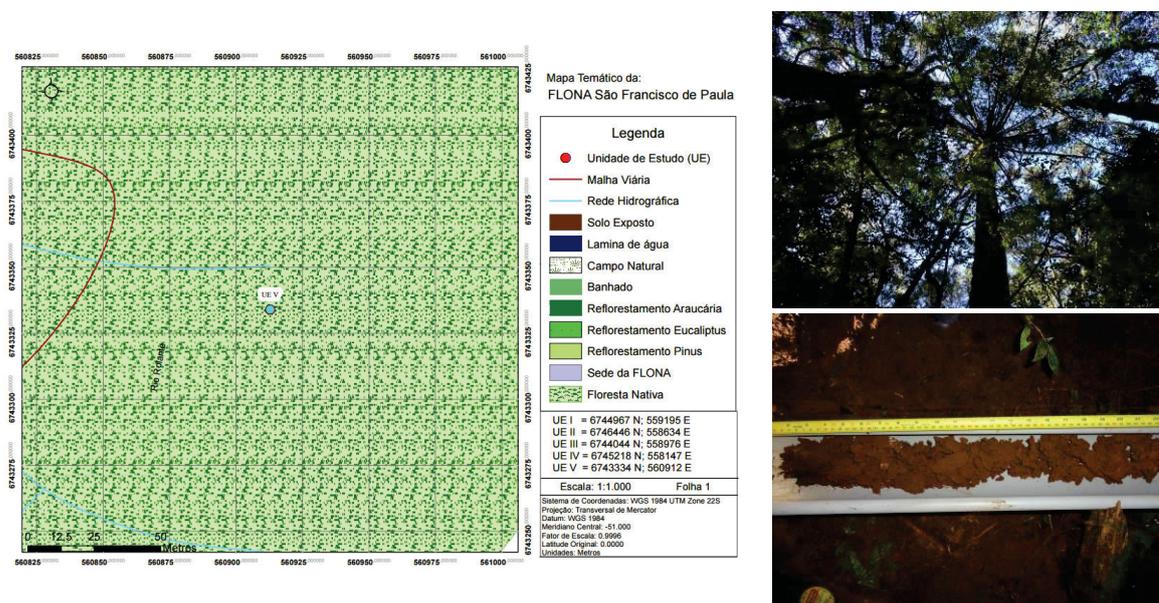
5.2.5 Análise da Unidade de Estudo V

Com relação aos índices de diversidade encontrados na UE V (FIGURA 24), foi observado alto índice de Shannon ($H' = 3,16$). Porém, mesmo caracterizando elevada diversidade florística, dentre as cinco UEs avaliadas, essa foi a que apresentou o menor valor. Esse comportamento já era esperado, tendo em vista que foi observado elevado número de indivíduos concentrados em uma única espécie (*Araucaria angustifolia*).

O índice de Dominância de Simpson ($D = 0,93$) foi igualmente alto, ratificando a diversidade florística encontrada no índice de Shannon. O valor indicou baixa dominância de espécies na UE, apresentando apenas 7% de probabilidade de dois indivíduos tomados ao acaso pertencerem a mesma espécie, igual valor encontrado na UE II, no entanto, a diversidade de Shannon nesta mesma UE indicou valor superior ao da UE V.

O índice de Equabilidade de Pielou ($J' = 0,78$) foi considerado moderado, sugerindo que a uniformidade da UE pode estar sendo influenciada pela abundância de *Araucaria angustifolia*, conforme observado no percentual da densidade relativa da espécie (20,21%).

FIGURA 24 – LOCALIZAÇÃO, INTERIOR DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA E SOLO DA UNIDADE DE ESTUDO V, NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS



FONTE: O autor (2015).

Os resultados da análise da estrutura horizontal são apresentados para a relação das vinte espécies com maior valor de importância (VI%) na UE V, listadas em ordem decrescente (TABELA 10). A relação completa das espécies e os respectivos parâmetros fitossociológicos encontram-se no Apêndice A.

TABELA 10 – PARÂMETROS FITOSSOCIOLÓGICOS DAS 20 ESPÉCIES DE MAIOR VI% REGISTRADAS NA UNIDADE DE ESTUDO V, EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA, LOCALIZADA NA FLORESTA NACIONAL DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS

(continua)

Nome Científico	ID	GR	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC (%)	VI (%)
<i>Araucaria angustifolia</i>	6	1	171	20,21	78	14,58	29,943	62,05	41,13	32,28
<i>Casearia decandra</i>	13	2	76	8,98	45	8,41	0,937	1,94	5,46	6,45
<i>Ilex paraguariensis</i>	39	2	56	6,62	36	6,73	1,238	2,57	4,59	5,30
<i>Lonchocarpus campestris</i>	44	2	57	6,74	13	2,43	1,658	3,44	5,09	4,20
<i>Nectandra megapotamica</i>	64	2	32	3,78	28	5,23	1,539	3,19	3,49	4,07
<i>Ocotea puberula</i>	67	2	24	2,84	20	3,74	2,192	4,54	3,69	3,71
<i>Cinnamomum glaziovii</i>	18	2	34	4,02	23	4,30	1,021	2,12	3,07	3,48
<i>Matayba elaeagnoides</i>	48	2	42	4,96	17	3,18	0,589	1,22	3,09	3,12
<i>Inga vera</i>	40	2	33	3,90	16	2,99	0,812	1,68	2,79	2,86
<i>Scutia buxifolia</i>	76	2	26	3,07	19	3,55	0,908	1,88	2,48	2,84
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	9	2	28	3,31	22	4,11	0,475	0,98	2,15	2,80
<i>Dasyphyllum spinescens</i>	25	2	25	2,96	19	3,55	0,657	1,36	2,16	2,62
<i>Ilex brevicuspis</i>	36	2	19	2,25	13	2,43	1,199	2,49	2,37	2,39
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	77	2	24	2,84	17	3,18	0,280	0,58	1,71	2,20
<i>Annona rugulosa</i>	5	2	15	1,77	15	2,80	0,164	0,34	1,06	1,64

(conclusão)										
Nome Científico	ID	GR	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC (%)	VI (%)
<i>Maytenus evonymoides</i>	49	2	15	1,77	13	2,43	0,244	0,50	1,14	1,57
<i>Myrceugenia cucullata</i>	50	2	17	2,01	10	1,87	0,248	0,51	1,26	1,46
<i>Campomanesia rhombea</i>	11	2	15	1,77	11	2,06	0,224	0,46	1,12	1,43
<i>Xylosma pseudosalzmanii</i>	90	2	13	1,54	12	2,24	0,183	0,38	0,96	1,39
<i>Lamanonia ternata</i>	41	2	12	1,42	9	1,68	0,272	0,56	0,99	1,22
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Subtotal			734	86,76	436	81,49	44,783	92,79	89,80	87,03
Total			844	100	533	100	48,238	100	100	100

ID: identificação da espécie no dendrograma; GR: grupo da espécie no dendrograma; DA: densidade absoluta ($\text{ind}\cdot\text{ha}^{-1}$); DR: densidade relativa (%); FA: frequência absoluta (%); FR: frequência relativa (%); DoA: dominância absoluta ($\text{m}^2\cdot\text{ha}^{-1}$); DoR: dominância relativa (%); VC: valor de cobertura (%) e VI: valor de importância (%).

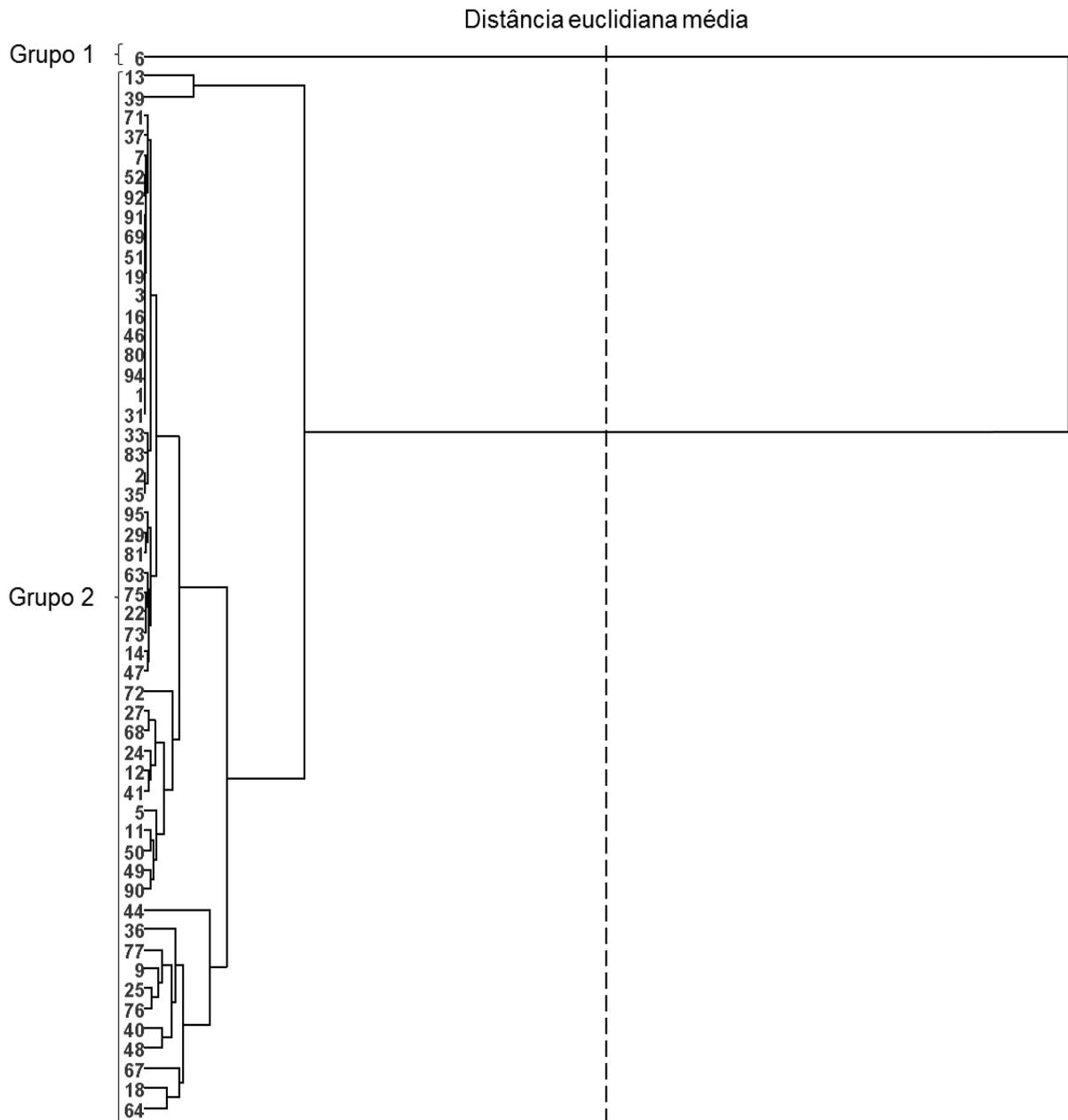
FONTE: O autor (2017).

O dendrograma de similaridade, no qual as espécies encontradas na UE V foram agrupadas de acordo com as semelhanças nos parâmetros fitossociológicos, também mostrou a formação de dois grupos distintos (FIGURA 25).

Os dados da UE V permitiram verificar a existência de 844 indivíduos distribuídos em 54 espécies (TABELA 10). O mesmo número de espécies foi observado na UE IV. Dentre as famílias com maior número de indivíduos, destacaram-se: *Araucariaceae* (171), *Lauraceae* (102), *Fabaceae* (96), *Salicaceae* (95) e *Myrtaceae* (84), que, juntas, representaram 64,93% do número total de indivíduos registrados. Como a família *Araucariaceae* foi representada somente pela *Araucaria angustifolia*, essa foi a espécie de maior densidade. Outras espécies, como *Casearia decandra* (76), *Lonchocarpus campestris* (57), *Ilex paraguariensis* (56) e *Matayba elaeagnoides* (42), também se destacaram em relação à densidade de indivíduos.

Como evidenciado em outras UEs, além da espécie *Araucaria angustifolia* se destacar em números de indivíduos, apresentou a maior distribuição na UE V, representada pela elevada frequência (78%). Dessa forma, associada à área basal ($29,943 \text{ m}^2\cdot\text{ha}^{-1}$), esta espécie apresentou elevada importância na estrutura horizontal (32,28%), resultando na primeira posição em valor de importância. Logo, apesar da maior declividade na área, cerca de 42,5%, as condições de sítio favoreceram para que a espécie apresentasse o maior valor de importância dentre as cinco UEs avaliadas e, por conseguinte, agrupada separadamente das demais (grupo 1), sendo visível a sua importância ecológica na estrutura da floresta.

FIGURA 25 - DENDROGRAMA DO AGRUPAMENTO DAS ESPÉCIES DA UNIDADE DE ESTUDO V PELO MÉTODO DE LIGAÇÃO MÉDIA

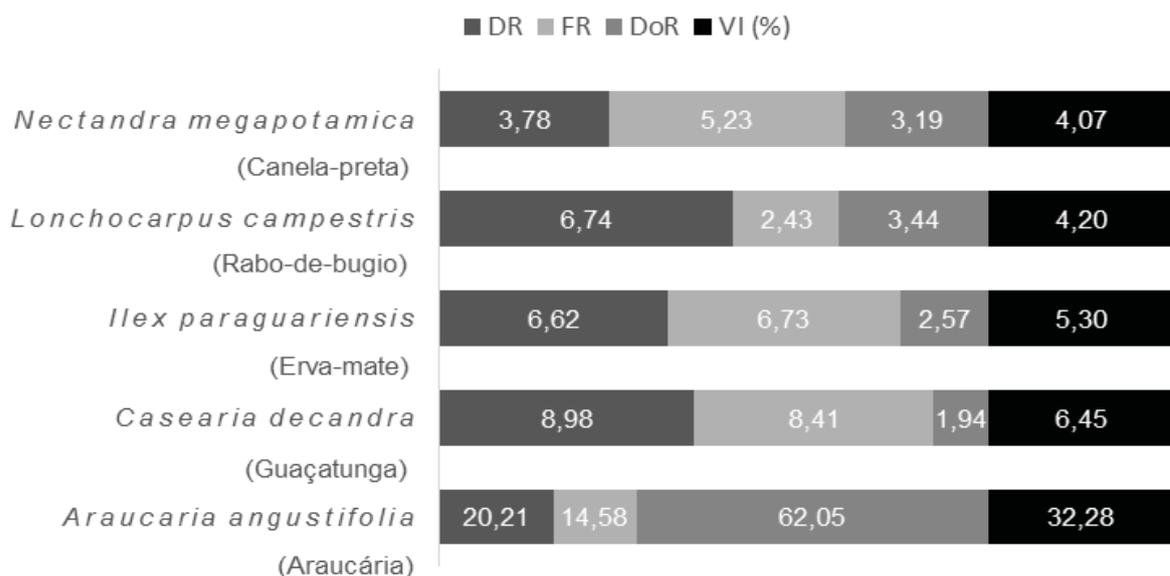


FONTE: O autor (2017).

Devido à baixa frequência e dominância das espécies *Casearia decandra*, *Lonchocarpus campestris*, *Ilex paraguariensis* e *Matayba elaeagnoides*, indicaram valores de importância pouco expressivos. O comportamento reiterou a dominância de *Araucaria angustifolia* em relação às espécies associadas, de modo que a similaridade nos parâmetros fitossociológicos fazem com que as espécies permaneçam em um mesmo grupo (grupo 2).

Portanto, a participação expressiva de *Araucaria angustifolia*, juntamente com outras quatro espécies (*Casearia decandra*, *Ilex paraguariensis*, *Lonchocarpus campestris*, *Nectandra megapotamica*), foram suficientes para representar mais da metade do valor de importância (52,30%) e 73,18% da área basal total (de 35,300 m²·ha⁻¹) (FIGURA 26). Observou-se, ainda, grande número de espécies com baixo valor de importância, visto que 40 das 54 espécies registradas apresentaram valores de importância abaixo de 2%. O resultado demonstrou que poucas espécies caracterizam a UE estudada, quando se considera sua estrutura horizontal. Além disso, esse aspecto pode ser interpretado como indicativo de vulnerabilidade da comunidade arbórea, considerando o processo de fragmentação e degradação dos remanescentes de Floresta Ombrófila Mista (VIBRANS et al., 2008).

FIGURA 26 – ESPÉCIES QUE REPRESENTAM A METADE DO VALOR DE IMPORTÂNCIA DA UNIDADE DE ESTUDO V



DR: densidade relativa (%); FR: frequência relativa (%); DoR = dominância relativa (%) e VI: valor de importância (%).

FONTE: O autor (2017).

5.3 ASPECTOS GERAIS DAS UNIDADES DE ESTUDO

Em suma, o índice de Shannon caracterizou alta diversidade florística nas UEs, atingindo valores entre 3,16 e 3,36 (TABELA 11). Desse modo, o menor valor registrado no presente estudo foi superior ao observado por Jarenkow e Batista (1987) ($H' = 2,93$), para o domínio Floresta Ombrófila Mista, em unidade de conservação na mesma região fitogeográfica. No entanto, ressalva-se que situações comparativas

entre os índices em diferentes trabalhos devem ser interpretadas com cautela, uma vez que podem ocorrer variações em função do método de amostragem, critério de inclusão dos indivíduos, entre outros fatores (DURIGAN, 1999), que alteram a realidade da proporção de espécies na composição florística. Mesmo assim, Melo (2008) afirma que bases comparativas dos índices de diversidade são importantes, pois sem elas tornam-se difíceis as interpretações dos resultados.

TABELA 11 – ÍNDICES DE DIVERSIDADE, DOMINÂNCIA E EQUABILIDADE DAS UNIDADES DE ESTUDO EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA, LOCALIZADA NA FLORESTA NACIONAL DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS

	UE I	UE II	UE III	UE IV	UE V
H'	3,25	3,26	3,18	3,36	3,16
D	0,95	0,93	0,94	0,95	0,93
J'	0,85	0,78	0,78	0,82	0,78

H': índice de Shannon; D: dominância de Simpson; J': Equabilidade de Pielou
 FONTE: O autor (2017).

Portanto, desconsiderando os critérios de amostragem, os valores supracitados foram similares e, por vezes, superiores aos encontrados por outros estudos em remanescentes com a mesma tipologia florestal (NASCIMENTO; LONGHI; BRENA, 2001; RONDON NETO et al., 2002; CORDEIRO; RODRIGUES, 2007; HIGUCHI et al., 2013); e, inclusive, no mesmo local de estudo (GOMES et al., 2008; ARAÚJO et al., 2010).

O índice de Dominância de Simpson variou de 0,93 a 0,95, valores muito próximos de 1, indicando diversidade relativamente alta e baixa dominância de uma ou mais espécies nas UEs analisadas (TABELA 11). Isso indicou que a variação foi de apenas 5 a 7% de probabilidade de que dois indivíduos escolhidos ao acaso pertençam à mesma espécie, ratificando a elevada heterogeneidade encontrada com o índice de Shannon. Em relação à diversidade, esse é um dos melhores índices para representá-la, uma vez que considera não só a quantidade de espécies como também a uniformidade da distribuição da densidade (SCHAAF et al., 2006). Os menores valores do índice de Dominância de Simpson foram encontrados nas UEs II e V, influenciados pelo elevado número de indivíduos de *Siphoneugena reitzii* (184) e *Araucaria angustifolia* (171), respectivamente.

O índice de Equabilidade de Pielou resultou em moderada a alta uniformidade dos indivíduos distribuídos entre as espécies nas UEs analisadas, com valores entre 0,78 a 0,85 (TABELA 11). O maior índice de equabilidade foi observado na UE I, na

qual as condições de sítio apresentaram restrições físico-hídricas, favorecendo a uniformidade de espécies adaptadas em função da saturação hídrica do solo (hidromorfismo) e, ao mesmo tempo, desfavorecendo a influência de *Araucaria angustifolia* na uniformidade da floresta.

Quando há condições ideais para o desenvolvimento de *Araucaria angustifolia*, a espécie domina às demais, especialmente em relação aos parâmetros fitossociológicos (densidade, frequência e dominância), reduzindo, em parte, a igualdade florística. Esse aspecto foi evidenciado nas UEs II, III e V, em que a abundância de *Araucaria angustifolia* e outras espécies típicas associadas, caracterizadoras da Floresta Ombrófila Mista, proporcionaram moderada uniformidade às áreas.

De modo geral, os resultados representaram as condições naturais da Floresta Ombrófila Mista, em que poucas espécies caracterizaram as UEs, seguindo padrão florístico de acordo com a qualidade do sítio. Em relação a estrutura horizontal, destacou-se a espécie *Araucaria angustifolia*, pois demonstrou superioridade nos parâmetros fitossociológicos em três das cinco UEs, refletindo nos valores de importância e contrastando com os valores das demais espécies. Esse comportamento foi observado nas UEs III, IV e V, em que as condições de sítio podem ter favorecido a espécie em relação a competição, admitindo-se a segunda hipótese deste trabalho. Diante do exposto, os valores de importância de *Araucaria angustifolia* ocorreram na seguinte ordem decrescente: V > III > IV > II > I.

Dentre as UEs avaliadas, os menores parâmetros fitossociológicos para *Araucaria angustifolia* foram observados na UE I, em que foram registrados somente 13 ind·ha⁻¹, com baixa frequência (12%) e dominância absoluta (1,099 m²·ha⁻¹). Em razão de *Araucaria angustifolia* preferir solos profundos, argilosos e bem drenados, a espécie ocupou a décima oitava posição em valor de importância nesta UE (2,20%). O resultado é inferior ao encontrado no inventário florestal contínuo (VI = 6,62%) executado na mesma região fitogeográfica (RIO GRANDE DO SUL, 2002).

A UE I também foi a que apresentou a menor riqueza de espécies e densidade, indicando que as condições ambientais incidentes na unidade limitam o desenvolvimento de algumas espécies. Como os indivíduos estão assentados em solo litólico, pode ocorrer à influência da baixa profundidade efetiva do solo no crescimento radicular, armazenamento de água e aeração do solo. Notou-se elevada presença de raízes finas na camada superficial, a qual antecede o material de origem, sendo muito

comum em sítios que apresentam restrições físicas do solo. Esse fato pode estar relacionado à forma com que as espécies compensam as limitações, principalmente na busca por água e nutrientes, pois despendem maior quantidade de fotoassimilados na formação de biomassa radicular, reduzindo os indivíduos em termos de produtividade, conforme comportamento descrito por Gonçalves e Mello (2005) para sítios com baixa qualidade.

No entanto, foi observado que a camada que precede o contato lítico é um horizonte hístico com $97,2 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ de carbono orgânico total, ou seja, correspondendo a um horizonte constituído quase que predominantemente por material orgânico (MO = $167,6 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$, obtida pela porcentagem de carbono multiplicada por uma constante de 1,724), resultante de acumulações da serapilheira depositada superficialmente e da incorporação pela renovação das raízes, de modo a proporcionar que o ecossistema se mantenha sustentável por meio da ciclagem de nutrientes. O acúmulo de MO está condicionado ao clima frio e úmido predominante na região, que associado a elevada precipitação e o baixo gradiente de declividade da UE (10%), promovem condições desfavoráveis para a decomposição, inibindo a ação de micro-organismos, permanecendo o carbono imobilizado no solo.

Como a MO apresenta menor massa por unidade de volume em relação às partículas minerais do solo, sendo composta por moléculas grandes e amorfas (KIEHL, 1979; BRADY, 1989; GONÇALVES, 2002), contribui para o incremento da porosidade total e, assim, aumenta a capacidade de retenção de água no solo até 10 vezes o seu tamanho (PRITCHETT; FICHER, 1987); em horizontes hísticos de solos altomontanos, o potencial de retenção encontrado foi em média 12 vezes o seu volume em água (SCHEER; CURCIO; RODERJAN, 2011). Em conformidade com o exposto, os resultados deste trabalho mostraram elevada porosidade total, com valores que variaram de 0,87 a $0,89 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$, e em cada camada a massa de solo absorveu em média o dobro de seu peso.

Diante do exposto, sugere-se que o sítio onde está inserida a UE I apresenta maior heterogeneidade ambiental, devido ao reflexo das características bióticas e abióticas supracitadas, resultando em condições específicas para determinadas espécies, em conformidade com Higuchi et al. (2014). A influência da baixa profundidade efetiva do solo, o elevado teor de carbono orgânico total acumulado na camada superficial, a baixa declividade do terreno e os altos índices pluviométricos, favorecem para que o solo permaneça encharcado temporariamente em boa parte do

ano, determinando a composição florística e estrutural do local, ratificando a primeira hipótese levantada neste trabalho. Esse aspecto também foi verificado por meio da alta dissimilaridade entre os grupos formados pelo dendrograma. Portanto, somente as espécies adaptadas a essas condições conseguiram se destacar em termos de valores de importância ecológica na UE, motivo pelo qual a ocorrência de espécies adaptadas a ambientes úmidos (higrófilas) foram as mais abundantes, ressaltando-se a predominância de espécies, como *Sebastiania commersoniana*.

Em contrapartida, mesmo sob a condição de forte declividade (42,5%), os maiores parâmetros fitossociológicos para *Araucaria angustifolia* foram observados na UE V, em que foram registrados 171 ind·ha⁻¹, com elevada frequência (78%) e, principalmente, dominância, registrando uma área basal de 29,943 m²·ha⁻¹. A contribuição, em relação a dominância, foi observada em todas as UEs avaliadas, à exceção da primeira. Nesse sentido, o dendrograma de similaridade demonstrou que a espécie se comportou como indicadora nas UEs III, IV e V, sugerindo que a floresta esteja em estágio avançado de sucessão e que o ingresso de novas espécies possivelmente esteja condicionado a tolerância a sombra; sendo comum ocorrer baixas taxas de recrutamento em florestas com padrão estrutural de monodominância (BECKERT; ROSOT; ROSOT, 2014).

Para Longhi et al. (2006), as preferências ecológicas das espécies indicadoras identificam as condições ambientais da floresta. Portanto, a condição de sítio encontrada na UE V possivelmente favorece o “ótimo ecológico” quando comparado às demais UEs, uma vez que *Araucaria angustifolia* ocupou a primeira posição em valor de importância (32,28%) e o maior dentre as UEs estudadas. Os resultados sugerem que a qualidade dos sítios nos diferentes ambientes, expressa pelos parâmetros fitossociológicos de *Araucaria angustifolia*, poderá futuramente auxiliar na elaboração de estratégias de conservação da espécie.

5.4 ANÁLISE DOS INCREMENTOS CORRENTES ANUAIS

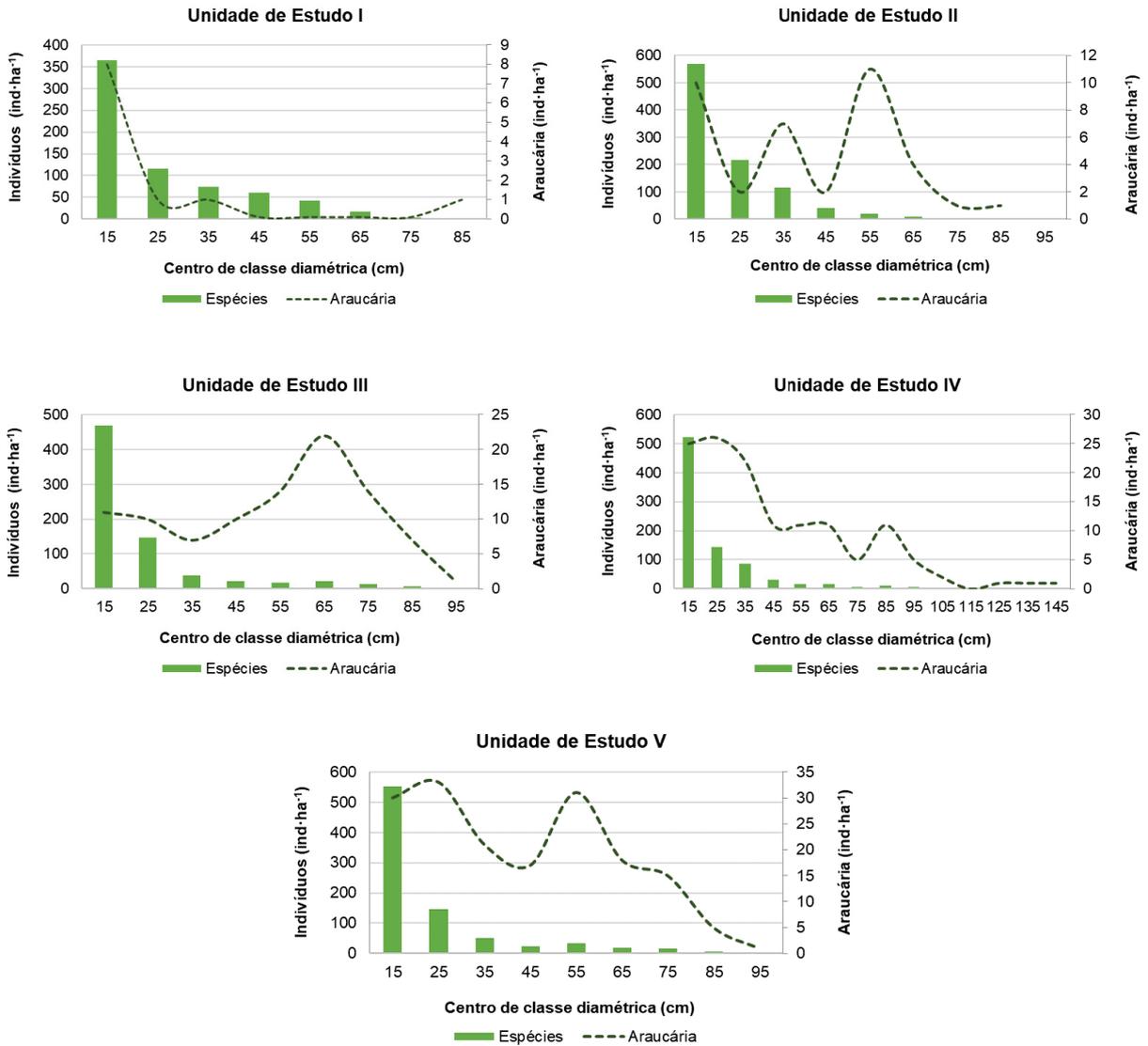
Por meio da distribuição diamétrica dos indivíduos das unidades estudadas na Floresta Ombrófila Mista foi observado o padrão exponencial negativo (“J” invertido), característico de florestas heterogêneas inequidâneas (FIGURA 27). Segundo Longhi (1980), este tipo de configuração garante a continuidade da floresta ao longo do tempo, devido a sua capacidade auto regenerativa, com muitos indivíduos

com pequenos diâmetros e poucos indivíduos de diâmetros maiores. Porém, ressalta-se que a permanência da espécie na estrutura da floresta não é apenas garantida pela quantidade de indivíduos nas classes de diâmetros menores, mas também, pela sua capacidade de competição (SCHAAF et al., 2006). Esses mesmos autores explicam que se determinada espécie tem poucos indivíduos nas classes diamétricas inferiores, mas pequena probabilidade de morrer devido à concorrência natural, é bem provável que a espécie se mantenha na estrutura da floresta. Caso contrário, a espécie precisaria de grande frequência nas classes inferiores para ter alguma chance de sobreviver na comunidade.

Em relação a distribuição diamétrica de *Araucaria angustifolia*, observou-se padrão de distribuição diferente do encontrado quando se avalia todas as espécies da UE, caracterizando padrão multimodal (FIGURA 27). A exceção das UEs I e III, em que na primeira, devido a menor densidade de indivíduos ($13 \text{ ind.} \cdot \text{ha}^{-1}$) não foi possível observar o padrão descrito anteriormente. Já na terceira UE, foi encontrado padrão semelhante à distribuição Normal (Gaussiano). Em estudo sobre a demografia da conífera *Agathis australis* (Araucariaceae), espécie endêmica e que domina o dossel das florestas ao norte da Nova Zelândia, foi identificado o mesmo padrão multimodal, justificando-o como característico de espécies longevas e que sofreram algum tipo de perturbação ao longo de seu ciclo de vida, formando grupos denominados de coortes (CLAESSENS et al., 2006).

Geralmente a formação das coortes está associada a dependência de eventos recorrentes, com grande potencial de causar alterações no ambiente, como, por exemplo, eventos climáticos e geológicos (raros). São eventos que impulsionam a regeneração das espécies e promovem o estabelecimento de um novo grupo favorecido pelas mesmas condições locais. Souza (2007) sugere a teoria de que as coortes de *Araucaria angustifolia* são seguidas de espécies de folhosas, que dominam o sub-bosque e suprimem o recrutamento de novas coníferas, tornando-as cada vez mais restritas. Mas que em razão da sua longevidade e tamanho, permanecem dominantes por longos períodos de tempo, embora não possuam uma regeneração constante significativa.

FIGURA 27 – DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA E DE *Araucaria angustifolia* NAS UNIDADES DE ESTUDO I, II, III, IV E V



FONTE: O autor (2017).

A partir da análise contínua dos valores de diâmetro foi possível determinar o incremento corrente anual diamétrico dos indivíduos (ICAd), o qual está intimamente relacionado as condições de sítio (TABELA 12). O aspecto reflete o fato da produtividade das florestas ser uma consequência direta das condições ecológicas do local e do potencial das espécies em utilizar os recursos naturais disponíveis para o seu crescimento (SHIMIZU; SEBBENN, 2008).

TABELA 12 – INCREMENTOS CORRENTES EM DIÂMETRO DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA E DE *Araucaria angustifolia* NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS

	ICAd (cm)									Média	CV %
	2000/01	2001/02	2002/03	2003/04	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09		
Unidade de Estudo I											
Araucária	0,0222	0,0022	0,1667	0,0617	0,0626	0,0598	0,0257	0,0455	0,0350	0,0535	3,09
Espécies	0,0654	0,0532	0,1150	0,0586	0,0322	0,0581	0,0429	0,0449	0,0421	0,0569	2,14
Unidade de Estudo II											
Araucária	0,3262	0,6383	0,3243	0,7266	0,2319	0,6057	0,3451	0,4116	0,5374	0,4608	3,59
Espécies	0,2154	0,2792	0,1839	0,3164	0,1251	0,3408	0,1510	0,1288	0,2347	0,2195	3,04
Unidade de Estudo III											
Araucária	0,3939	0,5489	0,3970	0,2477	0,4755	0,3648	0,2579	0,2368	0,4598	0,3758	1,62
Espécies	0,4325	0,5169	0,3101	0,3893	0,4537	0,2837	0,2600	0,2630	0,3366	0,3606	1,89
Unidade de Estudo IV											
Araucária	0,2855	0,5499	0,3276	1,0589	0,3512	0,5903	0,4743	0,3174	0,2342	0,4655	2,22
Espécies	0,2648	0,3977	0,2549	0,2884	0,3399	0,3461	0,2463	0,2969	0,2041	0,2932	3,04
Unidade de Estudo V											
Araucária	0,1853	0,5035	0,1333	0,1197	0,3189	0,3279	0,1660	0,1371	0,2435	0,2372	1,79
Espécies	0,1930	0,3792	0,1995	0,2553	0,2887	0,2577	0,1695	0,1568	0,2602	0,2400	3,67
Média1	0,2427	0,4486	0,2698	0,4430	0,2881	0,3897	0,2539	0,2297	0,3020		
Média2	0,2343	0,3253	0,2127	0,2616	0,2480	0,2573	0,1740	0,1782	0,2156		

Em que: Araucária – ICAd para a espécie *Araucaria angustifolia*; Espécies – ICAd para as 10 espécies de maior valor de importância, determinado pela estrutura horizontal; Média1 – média de ICAd para *Araucaria angustifolia*; Média 2 – média de ICAd para as 10 espécies de maior valor de importância; CV – coeficiente de variação (%).

FONTE: O autor (2017).

Os incrementos apresentaram grande variação, de 0,0022 cm na UE I, nos anos de 2001/02, até 1,0589 cm, na UE IV, entre os anos de 2003/04, em que ambos os valores foram registrados para *Araucaria angustifolia*. Assim, o maior incremento representou 8,7 vezes o menor valor médio encontrado. As médias das UEs I, III e V apresentaram valores semelhantes entre *Araucaria angustifolia* e Espécies. Nas UEs II e IV, os incrementos de *Araucaria angustifolia* foram superiores ao das Espécies.

O menor incremento observado ocorreu num período com temperatura média anual de 16,1°C, precipitação de 1.575 mm e 171,7 h de insolação (APÊNDICE C). Notou-se certa homogeneidade entre os dados climáticos durante todo o período avaliado. Portanto, o resultado pode ser atribuído as condições limitantes do sítio, uma vez que dentre as UEs, a UE I foi a que apresentou as menores médias de crescimento em diâmetro independente do período avaliado. Devido a baixa profundidade efetiva do solo, as espécies compensam alocando fotoassimilados para os meristemas vegetativos e para a formação de raízes finas, em detrimento do

meristema cambial (SETTE JR et al., 2010); o que reduz o incremento diamétrico dos indivíduos. Em um povoamento de *Araucaria angustifolia*, 41,6% da variação das variáveis dendrométricas foram explicadas por características morfológicas do solo, sendo a variável profundidade a principal delas (SANTOS; ROSOT; ROSOT, 2010).

Para Silva et al. (2001), a capacidade produtiva de um solo está na qualidade e quantidade do volume de solo disponível ao desenvolvimento radicular, incluindo fatores importantes como a textura, distribuição do espaço poroso e a capacidade de retenção de água no solo. No entanto, a presença de camadas impeditivas pode retardar o processo de drenagem e manter o solo com maior conteúdo de água (REICHERT et al., 2011); em que a camada orgânica que antecede o material de origem do solo retém elevado teor de umidade na UE I (AD = 31 mm, com cada camada de solo absorvendo em média o dobro do seu peso), que associada a elevada precipitação, consegue suprir e manter uma quantia expressiva de espécies higrófilas, mas ao mesmo tempo, permite que nessas condições ocorra menores incrementos. Nesse caso, a demanda por água nos processos de evapotranspiração pode ser considerável (770,38 mm), até mesmo porque a UE I apresenta baixa profundidade, em que as necessidades transpiratórias das plantas são supridas basicamente pelo movimento da água no solo em direção a superfície das raízes por fluxo de massa, através dos poros do solo preenchidos com água (TAIZ; ZEIGER, 2009); ratificando a importância da precipitação no crescimento das espécies nesse sítio.

Partindo do pressuposto de que as condições climáticas evidenciadas nos anos de 2001/02 são iguais para todas as UEs, e esse foi o período com maior incremento para *Araucaria angustifolia* (0,4486 cm) e Espécies (0,3253 cm), com incrementos 1,4 vezes maiores que os valores médios, corroboram para que os menores incrementos encontrados na UE I sejam justificados em função de fatores edáficos. Logo, a variação da produtividade das espécies entre os sítios está relacionada com atributos associados a capacidade de retenção de água disponível, como os teores de argila e MO, pois afetam diretamente o balanço hídrico do solo (GONÇALVES et al., 2012). Portanto, fatores limitantes, como o solo e o clima, representados no sítio da UE I, como, profundidade do solo e precipitação, são importantes na distribuição das espécies (ver caracterização das UEs) e no crescimento diamétrico das mesmas. Os resultados reafirmam que *Araucaria angustifolia* é muito exigente em relação a profundidade do solo (van GOOR, 1965;

BLUM, 1977; DE HOOGH; DIETRICH, 1979; DE HOOGH, 1981), preferindo solos mais profundos e melhor drenados.

O maior incremento de *Araucaria angustifolia* ocorreu no período com temperatura média anual de 15,9°C, precipitação de 1.631 mm e 180,92 h de insolação (APÊNDICE C). Dessa forma, a precipitação novamente mostrou-se maior que a mínima sugerida por Kershaw e Wagstaff (2001), estando de acordo com o requerido pela espécie.

Como o solo não possui restrições físicas na UE IV, permite que o sistema radicular se desenvolva em profundidade. Nesse sentido, até a profundidade de 40 cm, foi encontrada uma estrutura mais solta (granular), que contribuiu para manter elevada a diversidade de poros e frequência de poros maiores, com a distribuição de poros tornando-se mais homogênea a partir dos 40 cm. Ao passo que a textura argilosa, encontrada nas camadas de 5 a 60 cm, garantiu a retenção de água em potenciais menores, uma vez que a natureza das partículas apresenta maior área superficial específica para adsorção de água, bem como o arranjo faz com que a estrutura seja composta por microporos, com a função de reter água no solo. Isso representou 60% da quantidade total de água armazenada no perfil de solo de 60 cm de profundidade, o maior percentual evidenciado. Portanto, é possível que a distribuição do tamanho dos poros seja mais importante que a porosidade total do solo em termos de retenção de água no solo. Nessas condições de pluviosidade e temperatura, a evapotranspiração apresentou-se mais baixa (764,27 mm), além disso, à medida que o solo seca, aumenta-se a força de retenção e diminui a disponibilidade hídrica no solo, dificultando a evapotranspiração.

Para exemplificar a diferença entre os sítios, analisou-se os anos de 2001 e 2003, em que os meses de janeiro apresentaram maior evapotranspiração potencial (ETP= 100,98 mm e 101,84 mm, respectivamente). Na UE I, onde foi registrado o menor incremento, observou-se retenção de água disponível no solo de aproximadamente 31 mm, até a camada de 20 cm, referente a sua profundidade. Na UE IV, onde foi registrado o maior incremento, a capacidade de retenção de água disponível no solo encontrada até 60 cm foi cerca de 45 mm. No entanto, se considerar o desenvolvimento do sistema radicular de *Araucaria angustifolia* alcançando 2 m de profundidade, estima-se uma retenção de 108 mm. Dessa forma, supondo um período de estiagem e uma evapotranspiração diária de $3 \text{ mm} \cdot \text{dia}^{-1}$, a água disponível no solo na UE I supriria 11 dias da demanda evapotranspirativa, isso, desconsiderando as

adaptações que as espécies adotam em situações de estresse hídrico. Na UE IV, o consumo da água disponível ocorreria em 36 dias. Isso demonstra a vulnerabilidade da UE I a períodos de seca e a importância da precipitação na manutenção da tipologia nessas condições de sítio.

Os dados de ICAd de *Araucaria angustifolia* e das espécies com maiores valores de importância na Floresta Ombrófila Mista apresentaram distribuição normal e variâncias homogêneas, sendo aplicada a análise de variância (TABELA 13). A ANOVA permitiu observar diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,01$) entre os valores de incrementos de *Araucaria angustifolia* e demais Espécies e também entre as UEs avaliadas.

TABELA 13 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA APLICADA AOS INCREMENTOS DE *Araucaria angustifolia* E DEMAIS ESPÉCIES E ENTRE AS UNIDADES DE ESTUDO

Fator de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F calculado
Tratamentos	1	0,16068	0,16068	10,8703**
Blocos	4	1,32203	0,33051	22,3594**
Tratamentos x Blocos	4	0,23599	0,05900	3,9912**
Resíduos	80	1,18253	0,01478	
Total	89	2,90123		

** significativo ao nível de 1%; Fcrit. (Trats.; Trats. x Blocos): 6,964; Fcrit. (Blocos): 3,5643

FONTE: O autor (2017).

As médias dos incrementos de Araucária e das demais Espécies diferiram significativamente pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade (TABELA 14), resultando em valor superior para *Araucaria angustifolia*, e semelhante ao incremento periódico em diâmetro ($0,33 \text{ cm}\cdot\text{ano}^{-1}$) encontrado por Beckert, Rosot e Rosot (2014), em Caçador, SC. A diferença pode estar relacionada ao fato de *Araucaria angustifolia* encontrar-se em condições que favoreçam o seu crescimento durante o período avaliado, uma vez que quando a espécie se estabelece e alcança a maturidade, apresenta crescimento superior as espécies de folhosas, mas isso não garante a sua perpetuidade na floresta. Inúmeros estudos já relataram a dificuldade de regeneração de *Araucaria angustifolia* devido a pouca luminosidade no sub-bosque, a curta viabilidade das suas sementes e a predação das mesmas, além dos elevados níveis de competição com as demais espécies da Floresta Ombrófila Mista.

TABELA 14 – TESTE DE MÉDIAS APLICADO PARA *Araucaria angustifolia* E ESPÉCIES COM MAIOR VALOR DE IMPORTANCIA NA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

Tratamento	Média (cm)	
Araucária	0,31856	a
Espécies	0,23406	b

FONTE: O autor (2017).

Houveram diferenças estatísticas entre as UEs, sendo identificadas três médias, em que a média da UE I diferiu das demais devido ao seu baixo valor, refletindo a qualidade do sítio em questão (TABELA 15). Não diferiram estatisticamente as médias das UEs II, III e IV, compreendendo os maiores valores médios, e as UEs II e V, cujas médias não diferiram.

TABELA 15 - TESTE DE MÉDIAS APLICADO ENTRE OS INCREMENTOS DE *Araucaria angustifolia* E ESPÉCIES PARA AS UNIDADES DE ESTUDO

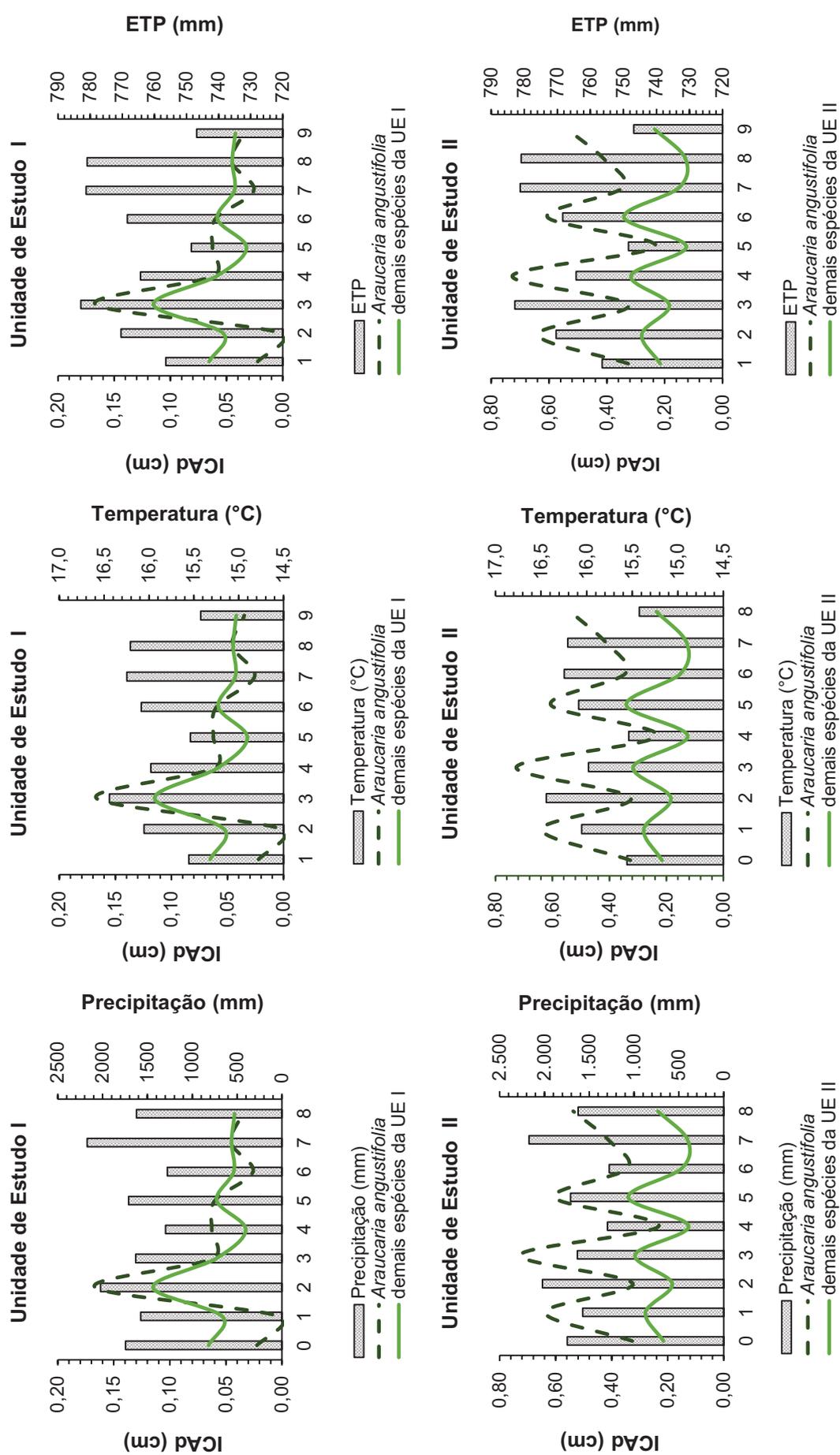
Unidades de Estudo	Média (cm)	
I	0,0521	c
II	0,3401	a b
III	0,3682	a
IV	0,3793	a
V	0,2386	b

FONTE: O autor (2017).

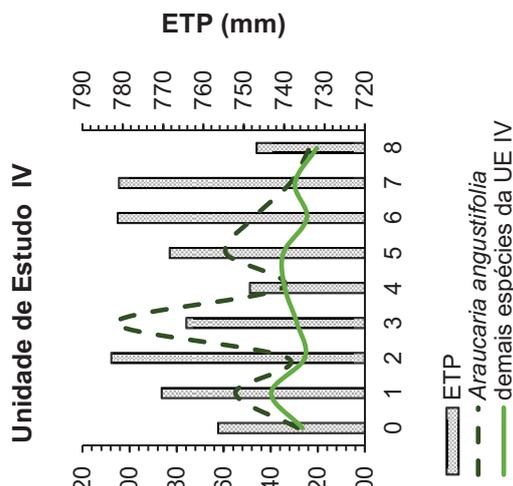
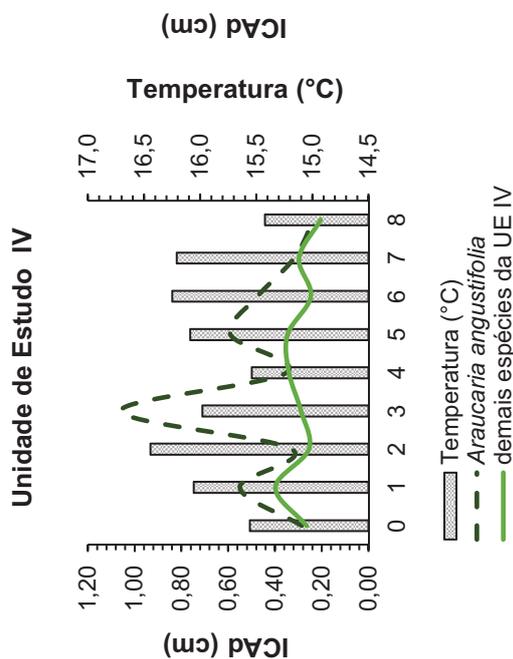
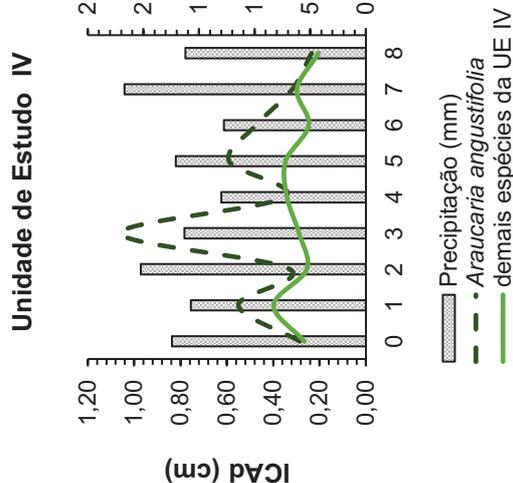
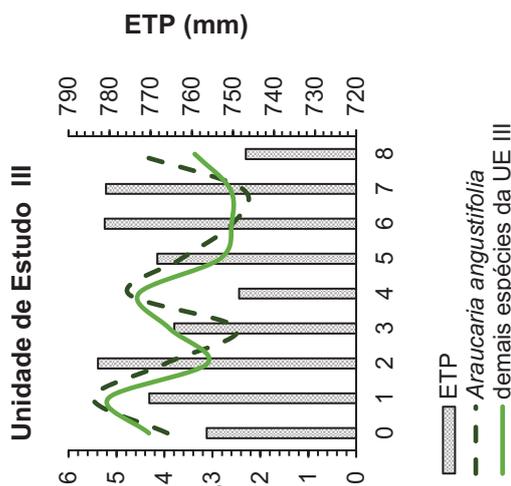
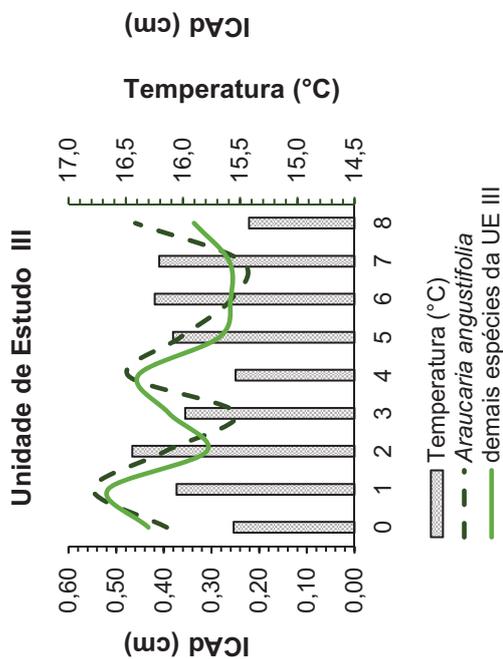
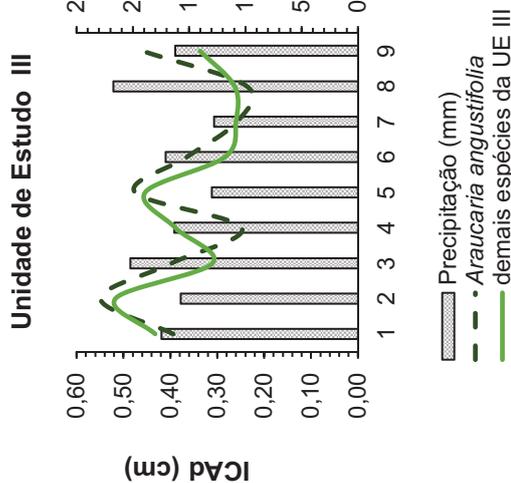
A fim de determinar o grau de relação linear entre os ICA_d de *Araucaria angustifolia* e das demais espécies da Floresta Ombrófila Mista, observou-se comportamento semelhante da comunidade arbórea em cada UE, com correlações que foram de moderada a forte (UE II, $\rho = 0,80$; UE III, $\rho = 0,72$; UE IV, $\rho = 0,55$; UE V, $\rho = 0,68$). Tanto *Araucaria angustifolia* quanto as demais espécies apresentam tendências semelhantes de resposta do crescimento diamétrico frente aos fatores climáticos ou edáficos (FIGURA 28). À exceção da UE I, na qual a correlação foi fraca ($\rho = 0,12$), possivelmente em decorrência do número reduzido de *Araucaria angustifolia* (13 ind. \cdot ha⁻¹) em relação às espécies mais importantes da Floresta Ombrófila Mista (410 ind. \cdot ha⁻¹).

FIGURA 28 - INTERAÇÃO ENTRE OS VALORES DE CRESCIMENTO E VARIÁVEIS CLIMÁTICAS

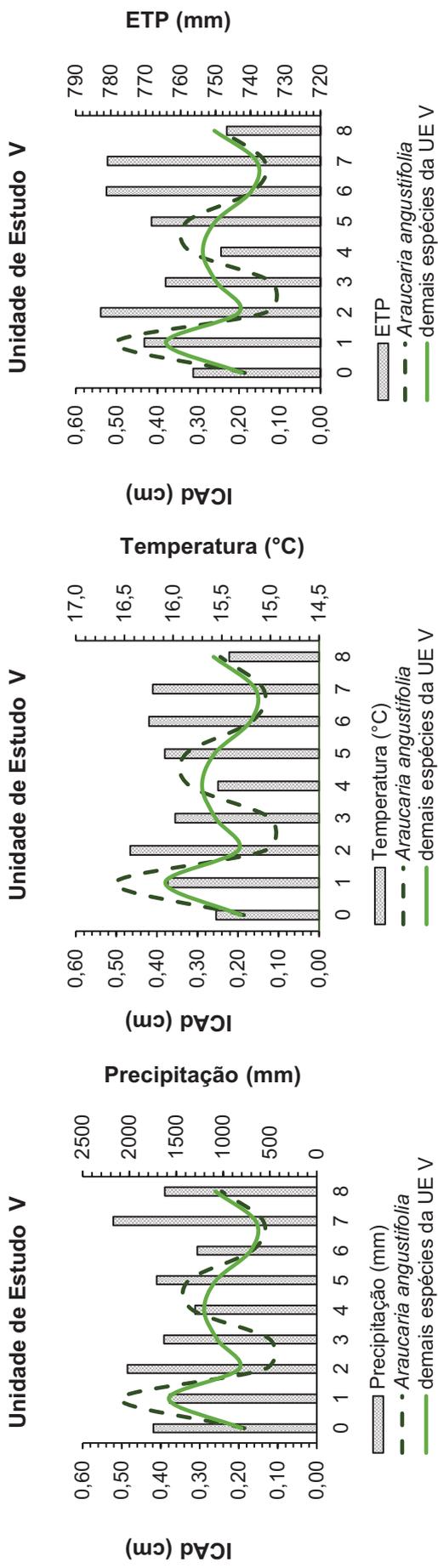
(continua)



(continuação)



(conclusão)



FONTE: O autor (2017).

De modo geral, as correlações entre o ICA_d com as variáveis climáticas (temperatura, precipitação, insolação e evapotranspiração) resultaram inversas ou diretas (TABELA 16). Como as variáveis climáticas utilizadas assumem o mesmo valor para as UEs, o resultado das correlações, assim como o sentido (inversas ou diretas) correspondem à expressividade dos valores de incrementos, que conforme observado na Tabela 12, foram bastante heterogêneos.

TABELA 16 – COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN ENTRE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS E INCREMENTOS DIAMÉTRICOS DE *Araucaria angustifolia* E ESPÉCIES DA FLORESTA OMBROFILA MISTA

	Temperatura (°C)	Precipitação (mm)	Insolação (h/mês)	Evapotranspiração (mm)
Unidade de Estudo I				
Araucária	0,167	0,250	0,100	0,083
Espécies	0,417	0,633*	-0,733*	0,400
Unidade de Estudo II				
Araucária	-0,083	-0,033	0,083	-0,067
Espécies	-0,117	0,067	-0,117	-0,150
Unidade de Estudo III				
Araucária	-0,417	-0,417	0,033	-0,333
Espécies	-0,633*	-0,233	0,033	-0,533
Unidade de Estudo IV				
Araucária	0,267	-0,300	0,367	0,250
Espécies	0,000	0,017	0,000	0,017
Unidade de Estudo V				
Araucária	-0,367	-0,417	0,167	-0,350
Espécies	-0,550	-0,483	0,317	-0,500

* Significativo a 95% de probabilidade de confiança.

FONTE: O autor (2017).

Embora os valores das correlações tenham variado bastante entre as UEs e variáveis climáticas, e os efeitos não tenham sido significativos em sua maioria, pode-se fazer algumas inferências. Outras pesquisas também encontraram pouca ou nenhuma influência da precipitação no desenvolvimento de *Araucaria angustifolia*. Estudos como o de Machado et al. (2014) atribuíram à grossa casca que envolve o câmbio a independência do crescimento diamétrico da espécie (fase juvenil) em relação às variáveis climáticas, em razão da camada reduzir os efeitos do clima sobre a atividade de divisão celular. Outro estudo concluiu que a precipitação não foi um descritor climático importante para explicar os contrastes e semelhanças entre as populações da espécie (PUCHALSKI; MANTOVANI; REIS, 2006).

Mesmo que o local apresente elevada precipitação média anual, distribuída de forma regular durante todos os meses do ano, a forte influência direta e significativa da variável no incremento diamétrico das espécies com maior valor de importância da Floresta Ombrófila Mista foi observada na UE I, considerando que as condições limitantes favorecem a maior expressividade das variáveis ambientais (TABELA 16), ratificando em parte a terceira hipótese levantada neste trabalho. De fato, a baixa profundidade do solo reduz a capacidade de retenção de água disponível para as espécies, em que a atuação dos fatores climáticos, como a precipitação, mostrou-se mais evidente, uma vez que os altos índices pluviométricos ajudam a suprir e compensar a suscetibilidade das espécies à deficiência hídrica, já que a maioria delas são higrófilas. Caso não houvesse uma pluviosidade significativa no local, possivelmente inviabilizaria a ocorrência dessas espécies.

Em razão disso, a UE I foi a única onde o ICAd de *Araucaria angustifolia* apresentou correlação com a precipitação, pois apesar de raras e diminutas, foi observado que esse fator exerceu influência positiva, mesmo que fraca, no crescimento secundário da espécie (TABELA 16). Nessas condições de sítio, a baixa profundidade efetiva do solo concentra as raízes nas camadas superficiais e a absorção de água e nutrientes permanecem num espaço limitado e dependente da precipitação que permeia o solo. Isso é muito importante do ponto vista nutricional, pois as camadas mais superficiais, com seu conteúdo relativamente alto de MO e atividade biológica, determinam a quantidade de nutrientes disponíveis para essa espécie, sendo mais acentuado onde o complexo de absorção depende em grande parte da MO (DE HOOGH; DIETRICH, 1979). Além disso, a maior demanda de água da transpiração é suprida pela umidade extraída das camadas superficiais do solo pelas raízes finas e à medida que o conteúdo de umidade diminui, ocorre diminuição proporcional da transpiração (LIMA, 1996). O mesmo ocorreu para a evaporação, conforme pode ser observado na Figura 28.

Inicialmente, o processo de evaporação no solo é governado pelas condições climáticas, mas conforme o conteúdo de umidade diminui, os atributos físicos do solo passam a assumir maior importância no movimento de água, principalmente em relação à condutividade não saturada do solo, uma vez que o movimento ascendente (capilaridade) de água no perfil do solo depende dessa característica (REICHERT et al., 2011). Isso dificulta a extração de água pela planta, bem como a própria evaporação de água no solo, pois quanto mais o solo perde umidade, mais retida a

água fica na matriz do solo. No entanto, na UE I, além da baixa profundidade, o perfil do solo apresentou camadas com textura média, o que dificulta a adsorção de água e a retenção de nutrientes no solo devido a natureza das partículas, mas é compensado por se tratar de camada quase que predominantemente composta por MO.

Por meio da correlação canônica, observou-se que a relação existente entre o incremento periódico de *Araucaria angustifolia* e os atributos físico-hídricos do solo foi elevada (0,999), onde a granulometria indicou que altos teores de areia tem influência limitante na produtividade da espécie (total=-0,604; grossa=-0,643; fina=-0,325), justificando em parte a correlação moderada e direta da evapotranspiração e da precipitação no crescimento da floresta (TABELA 16). Zanon e Finger (2010) corroboram esclarecendo que à medida que o solo seca, durante os períodos de menor precipitação e da estação de crescimento, todos os processos fisiológicos vão se restringindo, razão pela qual existem períodos de menor crescimento vegetativo correlacionados com menores volumes de precipitação.

O fato da variável precipitação não se mostrar estatisticamente significativa na variação dos ICAd pode estar relacionado à falta de sazonalidade nas diferentes estações do ano, visto que na região de estudo, a precipitação média anual é elevada e distribuída de forma regular, não havendo estação seca expressiva para contrastar com o clima frio e úmido predominante na região. Resultado semelhante foi reportado por Oliveira et al. (2007). Nesse sentido, a sazonalidade da precipitação tem sido descrita como o principal fator influenciando a atividade cambial nas regiões tropicais e subtropicais, em que o número de camadas de células e os aspectos morfológicos e funcionais das células que formam a zona cambial podem variar de acordo com as condições ambientais locais e sazonais (CALLADO et al., 2013); em conformidade com De Hoogh e Dietrich (1979). Diante do exposto, infere-se que quando ocorrem características restritivas no sítio ou períodos de estiagem, a atuação da precipitação no crescimento diâmetro torna-se mais evidente.

Nas demais UEs, a precipitação apresentou resposta inversa, moderada (UEs III e V) e fraca (UE IV) com os ICAd de *Araucaria angustifolia* (TABELA 16). O resultado pode estar relacionado aos fatores edáficos, como a profundidade efetiva, granulometria, e sobretudo, aos fatores que descrevem a condição estrutural do solo (p. ex. a porosidade). À exceção da UE I, os solos encontrados nos sítios possuem profundidade mínima de 60 cm, com textura argilosa a muito argilosa, estrutura granular, principalmente na superfície, em blocos angulares a subangulares e cores

brunadas. Sabe-se que a precipitação é um fator importante devido a sua influência na produtividade das florestas, principalmente porque está associada à disponibilidade de água e nutrientes para as plantas. Mas o excesso de água disponível no solo causa decréscimo na taxa fotossintética refletindo na diminuição do crescimento das plantas (ZANON; FINGER, 2010). Devido a presença de camadas argilosas a muito argilosas, o solo retém grande quantidade de água nos microporos. Esse aspecto é muito importante em locais com baixa precipitação, mas em locais com elevada precipitação, pode influenciar negativamente na produtividade das espécies. Nesse sentido, locais com balanço hídrico positivo, ou seja, com precipitação maior que a evapotranspiração, podem ocorrer períodos com elevado teor de água no solo e, por conseguinte, problemas de deficiência de aeração.

De modo geral, observou-se que as UEs III e V apresentaram estrutura em blocos angulares e subangulares, com distribuição de tamanho de poros mais homogênea, razão pela qual a correlação com a precipitação foi inversa e moderada, uma vez que solos de textura fina possuem arranjo estrutural mais acomodado, predominando poros intra-agregados que auxiliam no armazenamento de água no solo. Por outro lado, a UE IV apresentou estrutura mais solta até 40 cm, favorecendo a predominância de poros interagregados e o fluxo de água e ar no solo e, portanto, com menor oportunidade de sofrer com o excesso de água no solo. O resultado ratifica a importância da porosidade e permeabilidade do solo na produtividade do sítio, visto que a UE IV apresentou maior incremento ao considerar todas as espécies em seu interior.

Por meio da correlação canônica, verificou-se ainda que os solos com altos teores de silte (0,404) e argila (0,289) não foram limitantes para o incremento periódico de *Araucaria angustifolia*, diferentemente do COS (-0,770), que obteve elevado peso canônico, sendo fator limitante no crescimento da espécie. Em povoamentos de *Eucalyptus grandis*, as variáveis que melhor explicaram as diferenças de produtividade foram os teores de argila e de MO (GOLÇALVES et al., 2012), pois influenciam os atributos físico-hídricos do solo, como a capacidade de reter água e nutrientes disponíveis, e a capacidade de aeração (GONÇALVES, 2002). Desse modo, tem-se relacionado o crescimento de *Araucaria angustifolia* com camadas argilosas e com a profundidade do solo (DE HOOGH, 1981).

O crescimento diamétrico de *Eucalyptus grandis* foi relacionado com os altos níveis de precipitação, temperatura e baixo déficit de pressão de vapor ao estádio

fenológico das árvores (copa formada, folhas maduras com limbo expandido), à disponibilidade de água no solo e de horas de luz/dia, com o aumento da taxa de fotossíntese (SETTE JR. et al., 2010). Nesse período, os hormônios e carboidratos, ao deslocarem-se no sentido descendente do tronco pelo floema, induziram maior taxa de divisão das células cambiais, com o consequente aumento do crescimento do tronco. Os autores verificaram ainda, que mesmo com baixa precipitação e redução da temperatura o crescimento da espécie no mês seguinte à estação chuvosa manteve-se alto devido ao armazenamento de água nas camadas mais profundas do solo. Machado et al. (2014) também encontraram relação direta do incremento corrente mensal de *Araucaria angustifolia* com o fotoperíodo e a temperatura, e relação inversa com a pressão atmosférica, crescendo menos no inverno do que no verão, considerando as temperaturas mais baixas e os dias mais curtos.

Na UE I evidenciou-se correlação forte entre o valor de incremento vs. insolação, sugerindo que o número de horas de luminosidade pode ter contribuído no menor incremento encontrado, uma vez que afeta a respiração, translocação de nutrientes e a atividade fotossintética. Em se tratando de sítio com menor densidade de indivíduos e com todas as restrições supracitadas, é possível que a influência da insolação se torne mais evidente.

Das UEs III e V onde a espécie *Araucaria angustifolia* mostrou maior valor de importância, apresentaram correlação inversa e moderada em relação a temperatura vs. ICAAd. Nesse sentido, Cunningham e Read (2002) afirmam que as espécies temperadas apresentam temperaturas de crescimento mais baixas do que as tropicais, mas possuem capacidade de mantê-las por um período maior. Esse fato corrobora com as variações sazonais das estações e diurna, encontrada nas regiões de ocorrência da espécie. A temperatura média anual do período avaliado foi de 16 °C, temperatura limite para o crescimento de espécies temperadas, de acordo com a faixa de temperatura reportada por Cunningham e Read (2002).

Em contrapartida, estudando o crescimento de espécies lenhosas em clima úmido da Mata Atlântica no sul do país, Shimamoto et al. (2016) perceberam que mesmo não ocorrendo déficit hídrico durante a estação menos chuvosa, as espécies podem apresentar sazonalidade acentuada da atividade cambial em dias mais quentes e longos, nos meses de verão. Portanto, para verificar a existência de associação entre os incrementos periódicos de *Araucaria angustifolia* e as variáveis climáticas, utilizou-se a correlação canônica. Foi encontrada associação significativa

entre os dois grupos de variáveis (0,594), indicando que aumentos na temperatura e evapotranspiração não favorecem o crescimento diamétrico da espécie, com pesos canônicos de -0,212 e -0,206, respectivamente. Como a temperatura ótima para o crescimento é igual ou abaixo da média apresentada pelos anos avaliados e, considerando ainda, que o cálculo da evapotranspiração potencial baseia-se na temperatura, é natural que aumentos das variáveis possam limitar o crescimento da espécie. Por outro lado, a precipitação não mostrou-se como fator limitante (0,238), uma vez que na região as chuvas são bem distribuídas durante todo o ano.

5.5 ANÁLISE DO BALANÇO HÍDRICO SIMPLIFICADO

A água armazenada no solo é dinâmica e varia espacialmente, devido ao clima, topografia e atributos do solo, e temporariamente como resultado de diferenças entre a utilização e a redistribuição através do fluxo subterrâneo (WESTERN et al., 1999 apud O'GEEN, 2013). De modo que as mudanças no armazenamento do conteúdo de água no solo podem ser generalizadas aplicando-se um balanço de massas, como resultado da diferença entre a quantidade de água adicionada e a utilizada (HILLEL, 1998).

Os balanços hídricos climatológicos (BHC) analisados referem-se aos anos com menor (0,0022 cm) e maior (1,0589 cm) incremento corrente anual diamétrico de *Araucaria angustifolia* (TABELA 12), observados nas UEs I e IV, respectivamente (TABELAS 17 e 18).

De acordo com o BHC realizado para o ano de 2001, a UE I não apresentou períodos de seca (TABELA 17). Em todos os meses, a precipitação foi superior a evapotranspiração climatológica e, portanto, a demanda atmosférica foi suprida pelo regime regular de chuvas que a região apresenta. Isso contribuiu para a elevada recarga de água no solo, com excedente de 804 mm, pois a evapotranspiração não representou nem a metade do que foi precipitado (48,9%). Por conseguinte, considerou-se a ETP = ETR (770 mm), uma vez que não foi observado restrições hídricas (FIGURA 29). Da mesma forma, não ocorreu perda potencial acumulada e o armazenamento máximo de água no solo permaneceu com o conteúdo de água determinado para a capacidade de campo (CC). Ressalva-se que a CC de 54 mm refere-se apenas a 20 cm de profundidade de solo.

TABELA 17 – BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO DO ANO DE 2001 EM FUNÇÃO DA CAPACIDADE DE CAMPO ENCONTRADA NA UNIDADE DE ESTUDO I, NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS, BRASIL

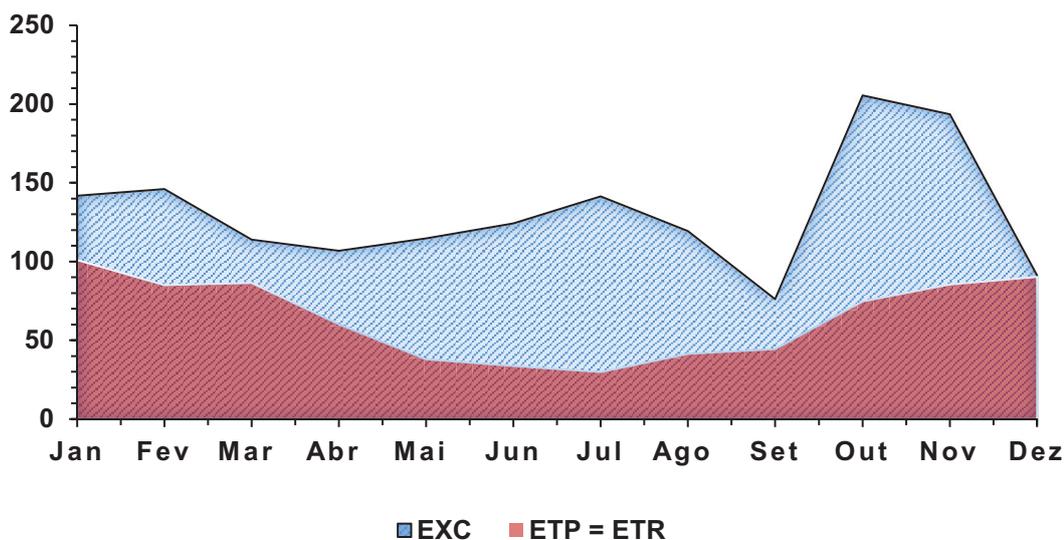
Meses	Pp	ETP	Pp - ETP	PPA	ARM	ΔS	ETR	DEF	EXC
	mm								
Janeiro	142	101	41	0	54	0	101	0	41
Fevereiro	146	85	61	0	54	0	85	0	61
Março	114	86	27	0	54	0	86	0	27
Abril	107	60	47	0	54	0	60	0	47
Maio	115	38	77	0	54	0	38	0	77
Junho	124	34	91	0	54	0	34	0	91
Julho	141	30	112	0	54	0	30	0	112
Agosto	119	41	78	0	54	0	41	0	78
Setembro	76	44	32	0	54	0	44	0	32
Outubro	206	75	131	0	54	0	75	0	131
Novembro	194	86	108	0	54	0	86	0	108
Dezembro	91	90	1	0	54	0	90	0	1
Média ou Total	1574	770	804	0	-	0	770	0	804

Pp: precipitação média mensal (mm); ETP: evapotranspiração potencial (mm); PPA: perda potencial acumulada; ARM: armazenamento de água no solo na capacidade de campo (mm); ΔS : variação da reserva de água no solo (mm); ETR: evapotranspiração real (mm); DEF: déficit de água (mm); EXC: excesso de água (mm).

FONTE: O autor (2017).

FIGURA 29 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO NO ANO DE 2001, NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS, BRASIL

Água (mm)



ETP: evapotranspiração potencial; ETR: evapotranspiração real; EXC: excesso de água (mm).

FONTE: O autor (2017).

Para fins climatológicos, foi um ano cíclico com BH caracterizado pelo regime regular de chuvas na região (à exceção de setembro), com boa disponibilidade hídrica para o crescimento da Floresta Ombrófila Mista. Observou-se excente hídrico em todos os meses, principalmente nos meses de inverno, em que o sistema solo-planta geralmente tem o seu processo de evapotranspiração reduzido. Dentre os anos avaliados, o ano de 2001 foi o que apresentou o maior incremento para *Araucaria angustifolia* (TABELA 12), o que corrobora para que resultados divergentes estejam associados aos aspectos característicos de cada UE.

Portanto, como a região não apresentou déficits hídricos, a capacidade de retenção de água no solo torna-se importante na análise do crescimento das espécies, especialmente nas camadas mais superficiais onde predominam as raízes finas e a água disponível apresentou variação (5 a 20 cm) (TABELA 4). Na UE I, a baixa profundidade efetiva do solo limitou o espaço para o crescimento das raízes, bem como, a água disponível para as plantas (AD = 31 mm). Em termos de espécies florestais, esse valor de AD é muito baixo quando considera-se a profundidade que o sistema radicular de *Araucaria angustifolia* pode alcançar.

De acordo com o BHC realizado para o ano de 2003, a UE IV não apresentou períodos de seca, à exceção do mês de março (TABELA 18 e FIGURA 30). De modo geral, a precipitação foi superior a evapotranspiração climatológica, embora ocorreram meses em que a precipitação foi baixa, como maio, agosto e setembro. Mesmo assim, compensada por meses mais chuvosos (fevereiro e dezembro) a precipitação média anual foi elevada, em que a evapotranspiração representou 46,8% da precipitação. Para o armazenamento máximo de água no solo foi adotado a CC (73 mm) referente ao conteúdo de água obtido ao longo do perfil de solo de 60 cm. Ressalta-se que este valor é maior em razão da continuidade da profundidade do solo. Nesse ano, foi observado na UE IV o maior incremento de *Araucaria angustifolia* dentre as UEs, onde a água disponível possivelmente teve uma participação representativa no crescimento da espécie, uma vez que correspondeu a 60% da quantidade total de água armazenada no perfil de solo.

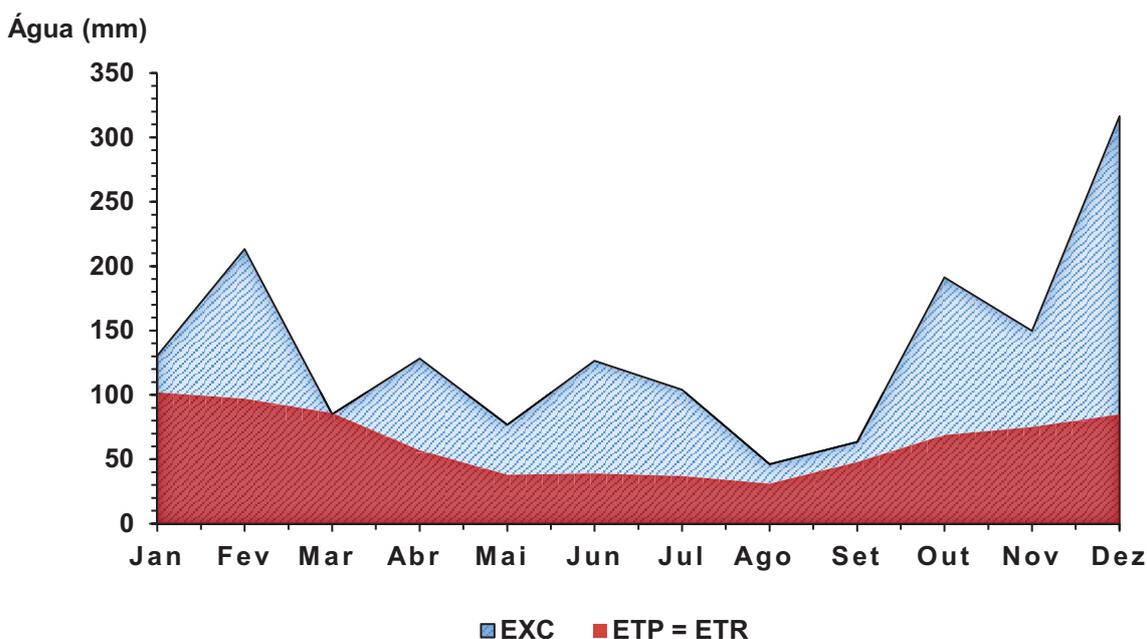
TABELA 18 – BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO DO ANO DE 2003 EM FUNÇÃO DA CC ENCONTRADA NA UNIDADE DE ESTUDO IV, NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS, BRASIL

Meses	Pp	ETP	Pp - ETP	PPA	ARM	ΔS	ETR	DEF	EXC
	----- mm -----								
Janeiro	131	102	29	0	73	0	102	0	29
Fevereiro	213	97	116	0	73	0	97	0	116
Março	85	86	-1	-1	72	-1	85	1	0
Abril	128	57	71	0	73	1	57	0	70
Maio	77	38	39	0	73	0	38	0	39
Junho	127	39	87	0	73	0	39	0	87
Julho	104	37	67	0	73	0	37	0	67
Agosto	46	31	15	0	73	0	31	0	15
Setembro	64	48	15	0	73	0	48	0	15
Outubro	191	69	123	0	73	0	69	0	123
Novembro	150	75	75	0	73	0	75	0	75
Dezembro	316	85	232	0	73	0	85	0	232
Média ou Total	1631	764	868	-1	-	0	763	1	868

Pp: precipitação média mensal (mm); ETP: evapotranspiração potencial (mm); PPA: perda potencial acumulada; ARM: armazenamento de água no solo na capacidade de campo (mm); ΔS : variação da reserva de água no solo (mm); ETR: evapotranspiração real (mm); DEF: déficit de água (mm); EXC: excesso de água (mm).

FONTE: O autor (2017).

FIGURA 30 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO NO ANO DE 2003, NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS, BRASIL



ETP: evapotranspiração potencial; ETR: evapotranspiração real; EXC: excesso de água (mm).

FONTE: O autor (2017).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do estudo pode-se concluir que:

- ✓ As diferenças ambientais de cada UE justificam a formação de grupos florísticos diferenciados, formados pela dissimilaridade dos parâmetros fitossociológicos, pois influenciam na composição florística e estrutural da floresta;
- ✓ Embora hajam diferenças ambientais nas UEs, os valores de diversidade de Shannon, dominância de Simpson e equabilidade de Pielou mostraram-se altos, indicando que independente das condições ambientais, que favorecem a composição florística e parâmetros fitossociológicos diferenciados entre as UEs, a capacidade de resiliência da vegetação arbórea permite a adaptação das mesmas no ambiente;
- ✓ A distribuição diamétrica de *Araucaria angustifolia* não apresenta um padrão característico de florestas heterogêneas multiâneas, indicando que, embora indivíduos de grande porte dessa espécie tenham uma dominância sobre as demais espécies, a regeneração natural não garante sua continuidade na floresta;
- ✓ O crescimento diâmetro de *Araucaria angustifolia* foi superior ao das espécies mais representativas. Na avaliação do crescimento diâmetro da floresta, foram identificadas diferenças estatísticas entre as UEs;
- ✓ A influência das variáveis climáticas sobre o crescimento da floresta foi evidente somente em situações restritivas. Como no período de 10 anos não foram identificados déficits hídricos expressivos, as respostas do crescimento da floresta foram atribuídos em maior peso para os componentes relacionados aos atributos físico-hídricos do solo. Evidenciado, sobretudo, na UE I, a qual apresenta limitação de sítio imposta pela profundidade do solo, aumentando sua dependência de fatores externos, como a precipitação.
- ✓ Os atributos físico-hídricos do solo das UEs como: elevados teores de areia, porosidades, capacidade de campo, ponto de murcha permanente e água disponível atuam como fatores que podem limitar o crescimento de *Araucaria angustifolia*. Igualmente, com o carbono orgânico total, apesar de não ser considerado um atributo físico-hídrico do solo.

- ✓ Da quantidade total de água armazenada no perfil de solo, a UE IV apresentou o maior percentual (60%) na condição de água disponível para as plantas. Essa UE manteve elevada porosidade, mas a distribuição do tamanho de poros pode ter influenciado mais em termos de crescimento da espécie.

7 RECOMENÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Cabe ressaltar que os dados de inventário pertencem a uma floresta madura, em que as respostas ao crescimento podem não ser tão perceptíveis. Por conta disso, recomenda-se a realização de estudos que comparem as condições ambientais em diferentes estágios de sucessão ecológica.

Recomenda-se ainda, a utilização de estações meteorológicas no local, para precisar as condições climáticas incidentes, bem como possibilitar a aplicação de metodologias mais detalhadas em relação a evapotranspiração da floresta. Trabalhos que contemplem o uso de sensores automatizados para monitorar o conteúdo de água no solo durante o ano hidrológico podem determinar a dinâmica do armazenamento e da disponibilidade de água no solo e, assim, auxiliar na resposta do crescimento diamétrico das espécies em virtude destes.

Preferências ecológicas da espécie *Araucaria angustifolia*, observada por meio dos parâmetros fitossociológicos, indicaram características importantes das condições ambientais dos sítios, que poderão ser utilizadas para fins de restauração florestal, como solos profundos, estruturados e bem drenados, argilosos e com distribuição do diâmetro dos poros mais uniforme ao longo do perfil.

REFERÊNCIAS

- ABRÃO, S. F. et al. Impacto do florestamento com *Pinus taeda* L. na porosidade e permeabilidade de um Cambissolo Húmico. **Revista Árvore**, v. 39, n. 6, p. 1073-1082, 2015.
- APG III. Angiosperm Phylogeny Group III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 161, n. 2, p. 105-121. 2009.
- ARAÚJO, M. M. et al. Análise de agrupamento em remanescente de Floresta Ombrófila Mista. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 1, p. 1-18, 2010.
- ÁVILA, A. L. et al. Estrutura populacional e regeneração de espécies arbóreas na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 3, p. 825-838, 2016.
- BACKES, A.; PRATES, F. L.; VIOLA, M. G. Produção de serapilheira em Floresta Ombrófila Mista, em São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 1, p. 155-160, 2005.
- BACKES, P.; IRGANG, B. **Mata Atlântica: as árvores e a paisagem**. Porto Alegre: Paisagem do Sul, 2004. 396p.
- BACKES, A. Condicionamento climático e distribuição geográfica de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no Brasil - II. **Pesquisas, Botânica**, n. 49, p. 31-51, 1999.
- BARDDAL, M. L.; RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; CURCIO, G. R. Fitossociologia do sub-bosque de uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial, no município de Araucária, PR. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 1, p. 35-45, 2004.
- BAVER, L. D.; GARDNER, W. H.; GARDNER, W. R. Soil structure: classification and genesis. In: BAVAR, L. D.; GARDNER, W. H.; GARDNER, W. R. (Ed.). **Soil Physics**. New York: John Wiley, p.130-177, 1972.
- BECKERT, S. M.; ROSOT, M. A. D.; ROSOT, N. C. Crescimento e dinâmica de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. em fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Scientia Forestalis**, v. 42, n. 102, p. 209-218, 2014.
- BEHLING, H.; JESKE-PIERUSCHKA, V.; SCHÜLER, L.; PILLAR, V. D. Dinâmica dos campos no sul do Brasil durante o Quaternário Tardio. In: PILLAR, V. P.; MÜLLER, S. C.; CASTILHOS, Z. M. S.; JACQUES, A. V. A. (Org.). **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: MMA, 2009. p. 13-25.
- BEHLING, H.; PILLAR, V. D. Late Quaternary vegetation, biodiversity and fire dynamics on the southern Brazilian highland and their implication for conservation and management of modern Araucaria forest and grassland ecosystems. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 362, n. 1478, p. 243–251, 2007.

BEHLING, H.; PILLAR, V. D.; BAUERMANN, S. G. Late Quaternary grassland (Campos), gallery forest, fire and climate dynamics, studied by pollen, charcoal and multivariate analysis of the São Francisco de Assis core in western Rio Grande do Sul (southern Brazil), **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 133, n. 3-4, p. 235-248, 2005.

BEHLING, H.; PILLAR, V. D.; ORLÓCI, L.; BAUERMANN, S. G. Late Quaternary Araucaria forest, grassland (Campos), fire and climate dynamics, studied by high resolution pollen, charcoal and multivariate analysis of the Cambará do Sul core in southern Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 203, n. 3, p. 277-297, 2004.

BEHLING, H. South and southeast Brazilian grassland during Late Quaternary times: a synthesis. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 177, n. 1, p. 19-27, 2002.

BEHLING, H.; LICHTER, M. Evidence of dry and cold climatic conditions at glacial times in tropical southeastern Brazil. **Quaternary Research**, v. 48, n. 3, p. 348-358, 1997.

BELLOTE, A. F. J.; DEDECEK, R. A. Atributos físicos e químicos do solo e suas relações com o crescimento e a produtividade do *Pinus taeda*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 53, p. 21-38, 2006.

BITENCOURT, A. L. V.; KRAUSPENHAR, P. M. Possible prehistoric anthropogenic effect on *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze expansion during the late holocene. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 9, n. 1, p. 109-116, 2006.

BLUM, H. E. H. Araucária: O seu futuro não está perdido. **Brasil Madeira**, v. 1, n. 7, p. 10-12, 1977.

BOLDRINI, I. I. et al. Flora. In: BOLDRINI, I. I. et al. **Biodiversidade dos campos do planalto das araucárias**. Brasília: MMA, 2009. p. 39-94.

BOLDRINI, I. I. Campos sulinos: caracterização e biodiversidade. In: ARAÚJO, E. L. et al. (Ed.). **Biodiversidade, conservação e uso sustentável da flora do Brasil**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2002. p. 95-97.

BRAIDA, J. A.; REICHERT, J. M.; VEIGA, M. da.; REINERT, D. J. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio proctor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 4, p. 605-614, 2006.

BRANDÃO, V. S. et al. **Infiltração da água no solo**. 3. ed. atual. e ampl. Viçosa: UFV, 2006. 120 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Portaria nº 443, de 17 de dezembro de 2014. Reconhece a Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 245, 18 dez. 2014. Seção 1, p. 110.

BRASIL. Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 246, 26 dez. 2006. Seção 1, p. 1.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente. **Floresta Nacional de São Francisco de Paula-RS**. Brasília: IBAMA, 2000. 6 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão pedológica. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973. (DNPEA. Boletim técnico, 30).

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7.ed. Rio de Janeiro: F. Bastos, 1989. 898 p.

CALLADO, C. H.; ROIG, F. A.; TOMAZELLO-FILHO, M.; BARROS, C. F. Cambial growth periodicity studies of South American woody species – a review. **IAWA Journal**, v. 34, n. 3, p. 213-230, 2013.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Porto Alegre: Artmed, 2003. 255 p.

CAMARGO, A. P. de.; CAMARGO, M. B. P. de. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. **Bragantia**, v. 59, n. 2, p. 125-137, 2000.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal**. 4 ed. Viçosa: Ed. UFV, 2013. 605 p.

CARLUCCI, M. B.; JARENKOW, J. A.; DUARTE, L. S.; PILLAR, V. D. Conservação da Floresta com Araucária no Extremo Sul do Brasil. **Natureza & Conservação**, v. 9, n. 1, p. 111-114, 2011.

CARMO, M. R. B.; ASSIS, M. A. Caracterização florística e estrutural das florestas naturalmente fragmentadas no Parque Estadual do Guartelá, município de Tibagi, estado do Paraná. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 1, p. 133-145, 2012.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. v. 3. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. 593 p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. v. 1. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 1039 p.

CAVENAGE, A. et al. Alterações nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-escuro sob diferentes culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 4, p. 997-1003, 1999.

CLAESSENS, L.; VERBURG, P. H.; SCHOORL, J. M.; VELDKAMP, A. Contribution of topographically based landslide hazard modelling to the analysis of the spatial distribution and ecology of kauri (*Agathis australis*). **Landscape Ecology**, v. 21, n. 1, p. 63-76, 2006.

COOMES, D. A. et al. The hare, the tortoise and the crocodile: the ecology of angiosperm dominance, conifer persistence and fern filtering. **Journal of Ecology**, v. 93, n. 5, p. 918–935, 2005.

COOPER, M. et al. Soil functioning in a toposequence under rainforest in São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 2, p. 392-399, 2013.

CORDEIRO, J.; RODRIGUES, W. A. Caracterização fitossociológica de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista em Guarapuava, PR. **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p. 545-554, 2007.

CUBAS, R.; WATZLAWICK, L. F.; FIGUEIREDO FILHO, A. F. Incremento, ingresso, mortalidade em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista em Três Barras – SC. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 3, p. 889-900, 2016.

CUNNINGHAM, S.; READ, J. Comparison of temperate and tropical rainforest tree species: photosynthetic responses to growth temperature. **Oecologia**, v.133, n. 2, p. 112-119, 2002.

DEDECEK, R. A. Meio físico para o crescimento de Pinus: limitações e manejo. In: SHIMIZU, J. Y. **Pinus na silvicultura brasileira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. p. 75-109.

DE HOOGH, R. J. de. **Site-nutrition-growth relationships of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. in southern Brazil**. 161 p. Thesis (Doctorate in Forestry) - Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Freiburg in Breisgau, 1981.

DE HOOGH, R. J. de.; DIETRICH, A. B. Avaliação de sítio para *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze em povoamentos artificiais. **Brasil Florestal**, v. 10, n. 37, p. 19-71, 1979.

DEXTER, A. R. Soil physical quality Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. **Geoderma**, v. 120, n. 3-4, p. 201-214, 2004.

DOBROVOLSKI, R. et al. Levantamento de áreas prioritárias para a conservação da Floresta Nacional de São Francisco de Paula (RS, Brasil) e seu entorno. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 4, n. 1-2, p. 7-14, 2006.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W. et al. (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: American Society of Agronomy & Soil Science Society of America, 1994. p. 03-21.

DOURADO-NETO, D. et al. **Soil water retention curve**. version 3. Piracicaba, 2001.

DUARTE, L. S.; SANTOS, M. M. G.; HARTZ, S. M.; PILLAR, V. D. A dinâmica de nucleação dos pinhais sobre os campos no planalto sul-riograndense. In: FONSECA, C. R. et al. (Ed.). **Floresta com Araucária: ecologia, conservação e desenvolvimento sustentável**. Ribeirão Preto: Editora Holos, 2009. p. 75-84.

DUARTE, L. S.; DILLENBURG, L. R.; ROSA, L. M. G. Assessing of the role of light availability in the regeneration of *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae). **Australian Journal of Botany**, v. 50, p.741-751, 2002.

DURIGAN, M. E. **Florística, dinâmica e análise protéica de uma Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo, PR**. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

DUTRA, T. L.; STRANZ, A. História das Araucariaceae: a contribuição dos fósseis para o entendimento das adaptações modernas da família no Hemisfério Sul, com vistas a seu manejo e conservação. In: RONCHI, L. H.; COELHO, O. G. W. (Org.). **Tecnologia diagnóstico e planejamento ambiental**. São Leopoldo: UNISINOS, 2003. p. 293-351.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.

ENRIGHT, N. J. Nutrient accessions in a mixed conifer–angiosperm forest in northern New Zealand. **Austral Ecology**, v. 26, n. 6, p. 618-629, 2001.

FELFILI, J. M.; REZENDE, R. P. **Conceitos e Métodos em Fitossociologia**. Brasília: UNB, Departamento de Engenharia Florestal, 2003. 68 p.

FIGUEIREDO FILHO, A. et al. Avaliação do incremento em diâmetro com o uso de cintas dendrométricas em algumas espécies de uma Floresta Ombrófila Mista localizada no Sul do Estado do Paraná. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 5, n. 1, p. 69-84, 2003.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica, período 2015-2016**. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica & INPE, 2017. 69 p.

GALVÃO, F.; AUGUSTIN, C. A gênese dos campos sulinos. **Floresta**, v. 41, n. 1, p. 191-200, 2011.

GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; RODERJAN, C. V. Levantamento fitossociológico das principais associações arbóreas da Floresta Nacional de Irati – PR. **Revista Floresta**, v.19, p. 30-49, 1989.

GEE, G. W.; BAUDER, J. W. Particle size analysis. In: DANE, J. H.; TOPP, G.C. (Ed.). **Methods of soil analysis. Part 4**. Madison: Soil Science Society of America, 2002. p. 278–284.

GOMES, J. F.; LONGHI, S. J.; ARAÚJO, M. M. BRENA, D. A. Classificação e crescimento de unidades de vegetação em Floresta Ombrófila Mista, São Francisco de Paula, RS. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 1, p. 93-107, 2008.

GONÇALVES, J. L. M. et al. Mapeamento de solos e da produtividade de plantações de *Eucalyptus grandis*, com uso de sistema de informação geográfica. **Scientia Florestalis**, v. 40, n. 94, p. 187-201, 2012.

GONÇALVES, J. L. M.; MELLO, S. L. M. The root system of trees. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrition and forest fertilization**. Piracicaba: IPEF, 2005. p. 219-268.

GONÇALVES, J. L. M. Principais solos usados para plantações florestais. In: GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. (Ed.). **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. p.1-46.

HERINGER, I; JACQUES, A. V. A. Adaptação das plantas ao fogo: enfoque na transição floresta – campo. **Ciência Rural**, v. 31, n. 6, p. 1085-1090, 2001.

HIGUCHI, P. et al. Partição espacial de espécies arbóreas em função da drenagem do solo em um fragmento de Floresta com Araucária no Sul do Brasil. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 2, p. 421-429, 2014.

HIGUCHI, P. et al. Florística e estrutura do componente arbóreo e análise ambiental de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana no município de Painel, SC. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 1, p. 153-164, 2013.

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**, v. 22, n. 1, p. 79-90, 2012.

HILLEL, D. **Environmental soil physics**. San Diego: Academic Press, 1998. 771 p.

HUECK, K. **As florestas da América do Sul**. São Paulo: Polígono, 1972. 466 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 271 p. (Série Manuais Técnicos em Geociências, n. 1).

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento de recursos naturais**, vol. 33, Folha SH 22, Porto Alegre e parte das folhas SH 21 e SI 22 lagoa Mirim. Capítulo 2, Rio de Janeiro, 1986.

ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Roteiro Metodológico para Elaboração de Plano de Manejo para Florestas Nacionais**. Brasília: 2009. 57 p.

IRIARTE, J.; BEHLING, H. The expansion of Araucaria forest in the southern Brazilian highlands during the last 4000 years and its implications for the development of the Taquara/Itararé Tradition. **Environmental Archaeology**, v. 12, n. 2, p. 115-127, 2007.

IUCN. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. **The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2016-2.** Disponível em: <www.iucnredlist.org>. Acesso em: 13 out. 2016.

JARENKOW, J. A.; BATISTA, L. R. M. Composição florística e estrutura da Mata com Araucária na Estação Ecológica de Aracuri, Esmeralda, Rio Grande do Sul. **Napaea**, n. 3, p. 9-18, 1987.

KERSHAW, P.; WAGSTAFF, B. The southern conifer family Araucariaceae: History, Status, and Value for Paleoenvironmental Reconstruction. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 32, p. 397–414, 2001.

KERSHAW, A. P.; MCGLONE, M. S. The Quaternary History of the Southern Conifers. In: ENRIGHT, N. J.; HILL, R. S. (Ed.). **Ecology of the Southern Conifers**. Carlton: Melbourne University Press, 1995. p. 30-63.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262 p.

KLAUBERG, C.; PALUDO, G. F.; BORTOLUZZI, R. L. C.; MANTOVANI, A. Florística e estrutura de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no Planalto Catarinense. **Biotemas**, v. 23, n. 1, p. 35-47, 2010.

KLEIN, R. M. Aspectos dinâmicos da vegetação do sul do Brasil. **Sellowia**, n. 36, p. 5-54, 1984.

KLEIN, R. M. O aspecto dinâmico do pinheiro brasileiro. **Sellowia**, n. 12, p. 17-44, 1960.

KLEIN, V. A. et al. Porosidade de aeração de um Latossolo Vermelho e rendimento de trigo em plantio direto escarificado. **Ciência Rural**, v. 38, n. 2, p. 365-371, 2008.

KLEIN, V. A. Propriedades físico-hídrico-mecânicas de um Latossolo Roxo, sob diferentes sistemas de uso e manejo. 150 f. (Tese de Doutorado) - Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1998.

KLEIN, V. A.; LIBARDI, P. L. Condutividade hidráulica de um Latossolo Roxo, não saturado, sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Ciência Rural**, v. 32, n. 6, p. 945-953, 2002.

KLUTE, A. Water retention: laboratory methods. In: BLACK, C. A. (ed.). **Methods of Soil Analysis. I. Physical and mineralogical methods**. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 635-662.

KOCH, Z.; CORRÊA, M. C. **Araucária: a floresta do Brasil Meridional**. 2.ed. Curitiba: Olhar Brasileiro, 2010. 168 p.

KOZERA, C.; DITTRICH, V. A. O.; SILVA, S. M. Composição florística da Floresta Ombrófila Mista Montana do Parque Municipal do Barigüi, Curitiba, PR. **Floresta**, v. 36, n. 1, p. 45-58, 2006.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas – possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado.** Instituto de Silvicultura da Universidade Gottingen. Eschborn. Rep. Federal da Alemanha. 1990. 343p.

LATTIN, J. M.; CARROLL, J. D.; GREEN, P. E. Análise de dados multivariados. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 455 p.

LAVELLE, P. et al. Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, Supplement 1, p. S3-S15, 2006.

LEDRU, M. P.; STEVENSON, J. The rise and fall of the genus *Araucaria*: a Southern Hemisphere climatic connection. In: HABERLE, S. G.; DAVID, B. (Ed.). **Peopled landscapes: archaeological and biogeographic approaches to landscapes.** (Terra Australis 34). Canberra: ANU, 2012. p. 241-253.

LEITE, P. F. **As diferentes unidades fitoecológicas da região Sul do Brasil – proposta de classificação.** 160 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

LEITE, P. F.; KLEIN, R. M. Vegetação. In: IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Ed.). **Geografia do Brasil: Região Sul.** Rio de Janeiro: IBGE, 1990. p. 113-150.

LIMA, T. E. O.; HOSOKAWA, R. T.; MACHADO, S. A. Fitossociologia do componente arbóreo de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial no município de Guarapuava, Paraná. **Floresta**, v. 42, n. 3, p. 553-564, 2012.

LIMA, W. P. **Impacto ambiental do eucalipto.** 2 ed. São Paulo: EDUSP, 1996. 302 p.

LIMA, W. P.; FREIRE, O. Evapotranspiração em plantações de eucalipto e de pinheiro, e em vegetação herbácea natural. **IPEF**, n.12, p.103-117, 1976.

LINGNER, D. V.; OLIVEIRA, Y. M. M.; ROSOT, N. C.; DLUGOSZ, F. L. Caracterização da estrutura e da dinâmica de um remanescente de Floresta com Araucária no Planalto Catarinense. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 55, p. 55-66, 2007.

LONGHI, S. J. et al. Fatores ecológicos determinantes na ocorrência de *Araucaria angustifolia* e *Podocarpus lambertii*, na Floresta Ombrófila Mista da FLONA de São Francisco de Paula, RS, Brasil. **Ciência Rural**, v. 40, n. 1, p. 57-63, 2010.

LONGHI, S. J.; ARAÚJO, M. M.; BRENA, D. A. Estudo de Dinâmica de Floresta Ombrófila Mista Realizados em Parcelas Permanentes pela UFSM. In: SANQUETA, C. R. (Ed.). **Experiências de monitoramento no Bioma Mata Atlântica com uso de parcelas permanentes.** Curitiba: C. R. Sanqueta, 2008. p. 281-319.

LONGHI, S. J. et al. Classificação e caracterização de estágios sucessionais em remanescentes de Floresta Ombrófila Mista na Flona de São Francisco de Paula, RS, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 2, p. 113-125, 2006.

LONGHI, S. J. **A estrutura de uma floresta natural de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, no sul do Brasil**. 198 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1980.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. v. 2, 3.ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2009. 384 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. v. 1, 5.ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2008. 384 p.

LÜTTGE, U.; HERTEL, B. Diurnal and annual rhythms in trees. **Trees**, v. 23, p. 683-700, 2009.

MACHADO, S. A. et al. Efeito de variáveis climáticas no crescimento mensal de *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia* em fase juvenil. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 2, p. 170-181, 2014.

MALUF, J. R. T. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 8, n. 1, p. 141-150, 2000.

MARCHIORI, J. N. C.; SOBRAL, M. **Dendrologia das angiospermas: myrtales**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 1997. 304 p.

MARGALEF, R. Homage to Evelyn Hutchinson, or why is there an upper limit to diversity? Connecticut: The Connecticut Academy of Arts and Sciences, v. 44, 211-235, 1972.

MARQUES, C. M. M.; ROPER, J. J.; SALVALAGGIO, A. P. B. Phenological patterns among plant life-forms in a subtropical forest in southern Brazil. **Plant Ecology**, v. 173, p. 203–213, 2004.

MAUHS, J.; BACKES, A. Estrutura fitossociológica e regeneração natural de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista exposto a perturbações antrópicas. **Pesquisas, Botânica**, n. 52, p. 89-109, 2002.

MEDEIROS, J. D.; SAVI, M.; BRITO, B. F. A. Seleção de áreas para criação de Unidades de Conservação na Floresta Ombrófila Mista. **Biotemas**, v. 18, n. 2, p. 33-50, 2005.

MELO, A. S. O que ganhamos “confundindo” riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade? **Biota Neotropica**, v. 8, n. 3, p. 21-27, 2008.

MESQUITA, M. G. B. F.; MORAES, S. O. A dependência entre a condutividade hidráulica saturada e atributos físicos do solo. **Ciência Rural**, v. 34, n. 3, p. 963-969, 2004.

MORAES, M. T. de. et al. Soil physical quality on tillage and cropping systems after two decades in the subtropical region of Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 155, p. 351-362, 2016.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42 p.

MOSCOVICH, F. A. **Dinâmica de crescimento de uma Floresta Ombrófila Mista em Nova Prata, RS**. 135 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

MOTA, F. S.; BEIRSDORF, M. I. C.; GARCEZ, J. R. B. **Zoneamento agroclimático do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Normais agroclimáticas. Pelotas: IPEAS. 1971, v. 1 (Circular, 50).

MUALEM, Y. Hydraulic conductivity of unsaturated soils: prediction and formulas. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis: Part 1. Physical and mineralogical methods**. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, 1976. p. 799-823. (Monograph, 9).

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley & Sons; 1974. 547 p.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.

NASCIMENTO, A. R. T.; LONGHI, S. J.; BRENA, D. A. Estrutura e padrões de distribuição espacial de espécies arbóreas em uma amostra de Floresta Ombrófila Mista em Nova Prata, RS. **Ciência Florestal**, v.11, n.1, p. 105-119, 2001.

NARVAES, I. S.; LONGHI, S. J.; BRENA, D. A. Florística e classificação da regeneração natural em Floresta Ombrófila Mista na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 2, p. 233-245, 2008.

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**, v. 15, n. 4, p. 331-342, 2005.

NEGRELLE, R. A. B.; SILVA, F. C. Fitossociologia de um trecho de floresta com *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. no município de Caçador - SC. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 24-25, p. 37-54, 1992.

NIMER, E. Clima. In: IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Ed.). **Geografia do Brasil: Região Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 1990. p. 151-187.

O'GEEEN, A. T. Soil Water Dynamics. **Nature Education Knowledge**, v. 4, n. 5, 2013. Disponível em: <<https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/soil-water-dynamics-103089121>>. Acesso em: 24 maio 2017.

OLIVEIRA, J. M.; ROIG, F. A.; PILLAR, V. D. Climatic signals in tree-rings of *Araucaria angustifolia* in the southern Brazilian highlands. **Austral Ecology**, v. 35, p. 134–147, 2010.

OLIVEIRA, J. M.; SANTAROSA, E.; PILLAR, V. D.; ROIG, F. A. Seasonal cambium activity in the subtropical rain forest tree *Araucaria angustifolia*. **Trees**, v. 23, p. 107-115, 2009.

OLIVEIRA, J. M.; SANTAROSA, E.; ROIG, F. A.; PILLAR, V. D. Amostragem temporal de anéis de crescimento: uma alternativa para determinar ritmo de atividade cambial. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 1, p. 615-617, 2007.

OLIVEIRA JR., J. C.; DIAS, H. C. T. Precipitação efetiva em fragmento secundário da mata atlântica. **Revista Árvore**, v. 29, n. 1, p. 9-15, 2005.

OLIVEIRA, J. M.; PILLAR, V. D. Vegetation dynamics on mosaics of Campos and *Araucaria* forest between 1974 and 1999 in Southern Brazil. **Community Ecology**, v. 5, n. 2, p. 197-202, 2004.

OLIVEIRA, Y. M. M.; ROTTA, E. Levantamento da estrutura horizontal de uma mata de araucária do primeiro planalto paranaense. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n.4, p.1-46, 1982.

OLIVEIRA, B. de. As regiões de ocorrência normal da araucária. **Anuário Brasileiro de Economia Florestal**, v. 1, n. 1, p. 185-199, 1948.

PEREIRA, A. R. Simplificando o balanço hídrico de Thornthwaite-Mather. **Bragantia**, v. 64, n. 2, p. 311-313, 2005.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.

PIELOU, E. C. **Ecological Diversity**. New York: John Wiley, 1975. 165 p

PILLAR, V. D.; VÉLEZ, E. Extinção dos Campos Sulinos em Unidades de Conservação: um Fenômeno Natural ou um Problema Ético? **Natureza & Conservação**, v. 8, n. 1, p. 84-86, 2010.

PILLAR, V. D. Dinâmica da expansão florestal em mosaicos de floresta e campos no sul do Brasil. In: CLAUDINO-SALES, V. (Org.). **Ecossistemas Brasileiros: manejo e conservação**. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2003. p. 209-216.

POLLOCK, M. M. Biodiversity. In: BILBY, R. E.; NAIMAN, R. J. **Ecology and Management of streams and rivers in the Pacific Northwest Coastal Ecoregion**. New York: SpringerVerlag, 1998. p. 430-452.

POTT, C. A.; DE MARIA, I. C. Comparação de métodos de campo para determinação da velocidade de infiltração básica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 1, p. 19-27, 2003.

PREVEDELLO, C. L. **Física do solo com problemas resolvidos**. Curitiba: UFPR, 1996. 446 p.

PRITCHETT, W. L.; FISHER, R. F. **Properties and management of forest soils**. 2.ed. New York: John Wiley e Sons, 1987. 494 p.

PUCHALSKI, Â.; MANTOVANI, M.; REIS, M. S. Variação em populações naturais de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze associada a condições edafo-climáticas. **Scientia Forestalis**, n. 70, p. 137-148, 2006.

PUCHALSKI, Â. **Variações edafo-climáticas e ocorrência natural da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze no Estado de Santa Catarina**. 85 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. van. Comparação de métodos rápidos para a determinação da matéria orgânica em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 3, p. 184-187, 1979.

RAMBO, B. **A fisionomia do Rio Grande do Sul: ensaio de monografia natural**. 3.ed. São Leopoldo: UNISINOS, 2005. 473 p.

RAMBO, B. O elemento andino no pinhal riograndense. **Anais Botânicos do Herbário Barbosa Rodrigues**, n. 3, p. 7-39, 1951.

RAWLS, W. J. et al. Effect of soil organic carbon on soil water retention. **Geoderma**, v. 116, n. 1-2, p. 61-76, 2003.

REGINATO, M.; GOLDENBERG, R. Análise florística, estrutural e fitogeográfica da vegetação em região de transição entre as Florestas Ombrófilas Mista e Densa Montana, Piraquara, Paraná, Brasil. **Hoehnea**, v. 34, n. 3, p. 349-364, 2007.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. 188p.

REICHARDT, K.; TIMM, L.C. **Solo, planta e atmosfera. Conceitos, processos e aplicações**. Barueri: Manole, 2004. 478 p.

REICHERT, J. M. et al. Hidrologia do solo, disponibilidade de água às plantas e zoneamento agroclimático. In: FILHO, O. K.; MAFRA, A. L.; GATIBONI, L. C. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: SBCS, 2011. v. 7. p. 1-54.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L, E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. In: CERETTA, C. A.; SILVA, L. S.; REICHERT, J. M. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: SBCS, 2007. v. 5. p. 49-134.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência & Ambiente**, v. 26, p. 26-48, 2003.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. Projeto Madeira do Rio Grande do Sul. **Sellowia**, n. 34-35, p. 1-525, 1983.

REYNOLDS, W. D. et al. Indicators of good soil physical quality: density and storage parameters. **Geoderma**, v. 110, n. 1-2, p. 131-146, 2002.

RIBEIRO, K. D.; MENEZES, S. M.; MESQUITA, M. G. B. F.; SAMPAIO, F. M. T. Propriedades físicas do solo, influenciadas pela distribuição de poros, de seis classes de solos da região de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 4, p. 1167-1175, 2007.

RICHARDS, L. A. Physical conditions of water in soil. In: BLACK, C. A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: American Society for Testing and Materials, 1965. p. 128-152.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. **Relatório Final do Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: SEMA/UFSC, 2002. 706 p.

RIZZI, N. E. **Balanco Hídrico**: conceito, cálculo e classificação do clima. Curitiba, 2013a. Disponível em:
<http://www.hidrologia.ufpr.br/joomla/apostila/cap13/niva/balanco_hidrico_conceitos_exemplo_cap_13_NIVA.pdf> Acesso: 17 jun. 2017.

RIZZI, N. E. **Evapotranspiração**: cálculo de ETP por Thornthwaite e Penman. Curitiba, 2013b. Disponível em:
<http://www.hidrologia.ufpr.br/joomla/apostila/cap8/niva/evapotranspiracao_ETP_Thornthwaite_Penman_NIVA.pdf> Acesso: 17 jun. 2017.

RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil**: manual de dendrologia brasileira. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1987. 296 p.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná. **Ciência & Ambiente**, n. 24, p. 75-92, 2002.

RODRIGUES, A. L. et al. Atributos de um solo florestal em uma topossequência e relações com a comunidade arbórea. **Floresta**, v. 46, n. 2, p. 145-154, 2016.

RONDON NETO, R. M.; WATZLAWICK, L. F.; CALDEIRA, M. V. W.; SCHOENINGER, E. R. Análise florística e estrutural de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana, situado em Criúva, RS - Brasil. **Ciência Florestal**, v. 12, n. 1, p. 29-37, 2002.

SAWCZUK, A. R. et al. Alterações na estrutura horizontal, no período de 2002-2008, em Floresta Ombrófila Mista no Centro-Sul do estado do Paraná. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 1, p. 149-160, 2014.

SANQUETA, C. R. et al. Estrutura vertical de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no Centro-Sul do Paraná. **Revista Floresta**, v. 32, n. 2, p. 267-276, 2002.

SANTAELLA, T. História Revelada: origens de um povo catarinense. **Diário Catarinense**. Disponível em: <<https://goo.gl/ptBnlo>>. Acesso em: 13 fev. 2016.

SANTOS, W. C.; ROSOT, N. C.; ROSOT, M. A. D. Características edáficas relacionadas à produção de um povoamento de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. **Floresta**, v. 40, n. 1, p. 37-48, 2010.

SCHAAF, L. B.; FIGUEIREDO FILHO, A.; GALVÃO, F.; SANQUETA, C. R. Alteração na estrutura diamétrica de uma Floresta Ombrófila Mista no período entre 1979 e 2000. **Revista Árvore**, v. 30, n. 2, p. 283-295, 2006.

SCHÄFFER, W. B.; PROCHNOW, M. Mata Atlântica. In: SCHÄFFER, W. B.; PROCHNOW, M. (Org.). **A Mata Atlântica e você: como preservar, recuperar e se beneficiar da mais ameaçada floresta brasileira**. Brasília: APREMAVI, 2002. p. 12-44.

SCHEER, M. B.; CURCIO, G. R.; RODERJAN, C. V. Funcionalidades ambientais de solos altomontanos na Serra da Igreja, Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 4, p. 1113-1126, 2011.

SCHEEREN, L. W. et al. Agrupamento de unidades amostrais de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. em função de variáveis do solo, da serapilheira e das acículas, na região de Canela, RS. **Ciência Florestal**, v. 10, n. 2, p. 39-57, 2000.

SETTE JR. et al. Crescimento em diâmetro do tronco das árvores de *Eucalyptus grandis* W. Hill. ex. Maiden e relação com as variáveis climáticas e fertilização mineral. **Revista Árvore**, v.34, n.6, p. 979-990, 2010.

SHIMAMOTO, C. Y.; BOTOSSO, P. C.; AMANO, E.; MARQUES, M. C. M. Stem growth rhythms in trees of a tropical rainforest in Southern Brazil. **Trees**, v. 30, p. 99-111, 2016.

SHIMIZU, J. Y.; SEBBENN, A. M. Espécies de Pinus na silvicultura brasileira. In: SHIMIZU, J. Y. **Pinus na silvicultura brasileira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. p. 49-73.

SILVA, A. C. da. et al. Caracterização fitossociológica e fitogeográfica de um trecho de floresta ciliar em Alfredo Wagner, SC, como subsídio para restauração ecológica. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 4, p. 579-593, 2013.

SILVA, H. D.; BELLOTE, A. F. J.; FERREIRA, C. A.; BOGNOLA, I. A. Recomendação de solos para *Araucaria angustifolia* com base nas suas propriedades físicas e químicas. **Boletim Pesquisa Florestal**, n. 43, p. 61-74, 2001.

SOARES, R. V. Considerações sobre a regeneração natural da *Araucaria angustifolia*. **Revista Floresta**, v. 10, n. 2, p. 12-18, 1979.

SONEGO, R. C.; BACKES, A.; SOUZA, A. F. Descrição da estrutura de uma Floresta Ombrófila Mista, RS, Brasil, utilizando estimadores não-paramétricos de riqueza e rarefação de amostras. **Acta Botanica Brasilica**, v. 21, n. 4, p. 943-955, 2007.

SOUZA, A. F. Ecological interpretation of multiple population size structures in trees: The case of *Araucaria angustifolia* in South America. **Austral Ecology**, v. 32, n. 5, p. 524-533, 2007.

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**, v.27, n.2, p.185-206, 2003.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2.ed. Porto Alegre: EMATER/ASCAR-RS, 2008. 222 p.

STÜRMER, S. L. K. et al. Relação da granulometria do solo e morfologia do saprólito com a infiltração de água em Neossolos Regolíticos do rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 39, n. 7, p. 2057-2064, 2009.

SUZUKI, L. E. A. S. et al. Estrutura e armazenamento de água em um argissolo sob pastagem cultivada, floresta nativa e povoamento de eucalipto no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 1, p. 94-106, 2014.

TAIZ; L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104 p. (Publications in Climatology, vol. VIII, n.1)

van GENUCHTEN, M. T. A closed-form equation for predicting hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 44, n. 5, p. 892-898. 1980.

van GOOR, C. P. **Reflorestamento com coníferas no Brasil**: aspectos ecológicos das plantações na região Sul, particularmente com *Pinus elliottii* e *Araucaria angustifolia*. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Setor de Inventários Florestais, 1965. 58 p. (Boletim, n. 9).

van LIER, Q. J. Oxigenação do sistema radicular: uma abordagem física. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 1, p. 233-238, 2001.

VEBLEN, T. T. et al. The Ecology of the Conifers of Southern South America. In: ENRIGHT, N. J.; HILL, R. S. (Ed.). **Ecology of the Southern Conifers**. Carlton: Melbourne University Press, 1995. p. 120-155.

VIBRANS, A. C. et al. Ordenação dos dados de estrutura da Floresta Ombrófila Mista partindo de informações do inventário florístico-florestal de Santa Catarina: Resultados de estudo-piloto. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 4, p. 511-523, 2008.

VIBRANS, A. C. et al. **Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina: Resultados Resumidos**. Blumenau: FURB, 2013. 37 p.

ZAMIN, N. T.; MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; KOEHLER, H. S. Effect of Climate Variables on Monthly Growth in Modeling Biological Yield of *Araucaria angustifolia* and *Pinus taeda* in the Juvenile Phase. **International Journal of Forestry Research**, v. 2013, p. 1-8, 2013.

ZANON, M. L. B.; FINGER, C. A. G. Relação de variáveis meteorológicas com o crescimento das árvores de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em povoamentos implantados. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 3, p. 467-476, 2010.

ZANON, M. L. B. **Crescimento da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze diferenciado por dioicia**. 110 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

**APÊNDICE A – PARÂMETROS FITOSSOCIOLÓGICOS DAS ESPÉCIES
REGISTRADAS NAS CINCO UNIDADES DE ESTUDO, EM FLORESTA
OMBRÓFILA MISTA, LOCALIZADA NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE
PAULA, RS.**

PARÂMETROS FITOSSOCIOLÓGICOS DAS ESPÉCIES REGISTRADAS NA UNIDADE DE ESTUDO I, EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA, LOCALIZADA NA FLORESTA NACIONAL DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS (lista completa)

(continua)

Nome Científico	ID	GR	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC (%)	VI (%)
<i>Ilex brevicuspis</i>	36	1	39	5,73	30	5,79	8,058	17,37	11,55	9,63
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	9	1	46	6,75	37	7,14	5,749	12,39	9,57	8,76
<i>Sebastiania commersoniana</i>	78	1	67	9,84	33	6,37	4,142	8,93	9,38	8,38
<i>Eugenia uruguayensis</i>	33	3	55	8,08	38	7,34	1,466	3,16	5,62	6,19
<i>Nectandra megapotamica</i>	64	3	33	4,85	26	5,02	4,023	8,67	6,76	6,18
<i>Siphoneugena reitzii</i>	79	3	37	5,43	33	6,37	1,913	4,12	4,78	5,31
<i>Cinnamomum glaziovii</i>	18	3	36	5,29	26	5,02	2,314	4,99	5,14	5,10
<i>Casearia decandra</i>	13	3	50	7,34	33	6,37	0,699	1,51	4,42	5,07
<i>Cryptocarya aschersoniana</i>	22	3	27	3,96	19	3,67	3,229	6,96	5,46	4,86
<i>Ocotea pulchella</i>	68	3	20	2,94	14	2,70	3,056	6,59	4,76	4,08
<i>Eugenia psidiiflora</i>	31	2	35	5,14	24	4,63	0,680	1,47	3,30	3,75
<i>Lamanonia ternata</i>	41	3	13	1,91	12	2,32	2,274	4,90	3,40	3,04
<i>Myrciaria floribunda</i>	57	2	26	3,82	20	3,86	0,567	1,22	2,52	2,97
<i>Myrceugenia cucullata</i>	50	2	26	3,82	20	3,86	0,420	0,91	2,36	2,86
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	12	2	19	2,79	14	2,70	0,829	1,79	2,29	2,43
<i>Campomanesia rhombea</i>	11	2	17	2,50	16	3,09	0,706	1,52	2,01	2,37
<i>Ilex paraguariensis</i>	39	2	17	2,50	17	3,28	0,492	1,06	1,78	2,28
<i>Araucaria angustifolia</i>	6	2	13	1,91	12	2,32	1,099	2,37	2,14	2,20
<i>Sapium glandulosum</i>	75	2	9	1,32	8	1,54	0,888	1,91	1,62	1,59
<i>Calyptanthes concinna</i>	10	2	12	1,76	11	2,12	0,201	0,43	1,10	1,44
<i>Dicksonia sellowiana</i>	27	2	10	1,47	8	1,54	0,414	0,89	1,18	1,30
<i>Podocarpus lambertii</i>	72	2	5	0,73	5	0,97	0,785	1,69	1,21	1,13
<i>Eugenia involucrata</i>	29	2	10	1,47	7	1,35	0,251	0,54	1,00	1,12
<i>Matayba elaeagnoides</i>	48	2	7	1,03	7	1,35	0,420	0,91	0,97	1,10
<i>Myrsine umbellata</i>	63	2	7	1,03	7	1,35	0,089	0,19	0,61	0,86
<i>Prunus myrtifolia</i>	73	2	5	0,73	5	0,97	0,084	0,18	0,46	0,63
<i>Ocotea indecora</i>	65	2	3	0,44	3	0,58	0,329	0,71	0,57	0,58
<i>Alsophila sp.</i>	4	2	5	0,73	4	0,77	0,057	0,12	0,43	0,54
<i>Myrceugenia miersiana</i>	51	2	4	0,59	4	0,77	0,071	0,15	0,37	0,50
<i>Roupala montana</i>	74	2	3	0,44	3	0,58	0,120	0,26	0,35	0,43
<i>Scutia buxifolia</i>	76	2	2	0,29	1	0,19	0,318	0,69	0,49	0,39
<i>Myrcia oligantha</i>	54	2	3	0,44	3	0,58	0,025	0,05	0,25	0,36
<i>Vernonanthura discolor</i>	88	2	2	0,29	2	0,39	0,192	0,41	0,35	0,36

(conclusão)

Nome Científico	ID	GR	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC (%)	VI (%)
<i>Myrcianthes gigantea</i>	55	2	2	0,29	2	0,39	0,136	0,29	0,29	0,32
<i>Annona rugulosa</i>	5	2	2	0,29	2	0,39	0,016	0,03	0,16	0,24
<i>Weinmannia paulliniifolia</i>	89	2	1	0,15	1	0,19	0,138	0,30	0,22	0,21
<i>Dasyphyllum spinescens</i>	25	2	1	0,15	1	0,19	0,018	0,04	0,09	0,13
<i>Laplacea acutifolia</i>	42	2	1	0,15	1	0,19	0,023	0,05	0,10	0,13
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	95	2	1	0,15	1	0,19	0,018	0,04	0,09	0,13
<i>Cupania vernalis</i>	24	2	1	0,15	1	0,19	0,009	0,02	0,08	0,12
<i>Solanum pabstii</i>	81	2	1	0,15	1	0,19	0,011	0,02	0,08	0,12
<i>Maytenus evonymoides</i>	49	2	1	0,15	1	0,19	0,008	0,02	0,08	0,12
<i>Ocotea puberula</i>	67	2	1	0,15	1	0,19	0,011	0,02	0,08	0,12
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	77	2	1	0,15	1	0,19	0,008	0,02	0,08	0,12
Total			676	100	515	100	46,356	100	100	100

ID: identificação da espécie no dendrograma; GR: grupo da espécie no dendrograma; FA: frequência absoluta (%); DoA: dominância absoluta ($m^2 ha^{-1}$); DA: densidade absoluta ($ind. ha^{-1}$); FR: frequência relativa (%); DoR = dominância relativa (%); DR: densidade relativa (%); VC: valor de cobertura (%) e VI: valor de importância (%).

FONTE: O autor (2017).

PARÂMETROS FITOSSOCIOLÓGICOS DAS ESPÉCIES REGISTRADAS NA UNIDADE DE ESTUDO II, EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA, LOCALIZADA NA FLORESTA NACIONAL DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS (lista completa) (continua)

Nome Científico	ID	GR	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC (%)	VI (%)
<i>Siphoneugena reitzii</i>	79	1	184	18,91	72	10,67	5,517	12,18	15,54	13,92
<i>Podocarpus lambertii</i>	72	3	86	8,84	54	8,00	5,425	11,98	10,41	9,60
<i>Ilex brevicuspis</i>	36	3	78	8,02	47	6,96	4,668	10,31	9,16	8,43
<i>Araucaria angustifolia</i>	6	3	38	3,91	27	4,00	6,372	14,07	8,99	7,32
<i>Vernonanthura discolor</i>	88	3	45	4,62	33	4,89	4,427	9,77	7,20	6,43
<i>Lamanonia ternata</i>	41	3	40	4,11	33	4,89	2,504	5,53	4,82	4,84
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	9	2	38	3,91	30	4,44	1,473	3,25	3,58	3,87
<i>Casearia decandra</i>	13	2	36	3,70	31	4,59	0,469	1,04	2,37	3,11
<i>Myrsine umbellata</i>	63	2	30	3,08	21	3,11	0,920	2,03	2,56	2,74
<i>Eugenia uruguayensis</i>	33	2	31	3,19	24	3,56	0,584	1,29	2,24	2,68
<i>Lithraea brasiliensis</i>	43	2	21	2,16	19	2,81	1,317	2,91	2,53	2,63
<i>Ilex paraguariensis</i>	39	2	26	2,67	18	2,67	1,140	2,52	2,59	2,62
<i>Sapium glandulosum</i>	75	2	29	2,98	17	2,52	1,012	2,23	2,61	2,58
<i>Calyptanthes concinna</i>	10	2	32	3,29	22	3,26	0,398	0,88	2,08	2,48
<i>Laplacea acutifolia</i>	42	2	25	2,57	14	2,07	1,271	2,81	2,69	2,48
<i>Ilex microdonta</i>	38	2	17	1,75	15	2,22	1,074	2,37	2,06	2,11
<i>Myrrhinium atropurpureum</i>	59	2	22	2,26	19	2,81	0,320	0,71	1,48	1,93
<i>Ocotea pulchella</i>	68	2	16	1,64	15	2,22	0,792	1,75	1,70	1,87
<i>Ocotea indecora</i>	65	2	15	1,54	14	2,07	0,641	1,42	1,48	1,68
<i>Myrcianthes gigantea</i>	55	2	15	1,54	13	1,93	0,412	0,91	1,23	1,46
<i>Symplocos uniflora</i>	87	2	11	1,13	11	1,63	0,389	0,86	0,99	1,21
<i>Dicksonia sellowiana</i>	27	2	9	0,92	7	1,04	0,290	0,64	0,78	0,87
<i>Nectandra megapotamica</i>	64	2	9	0,92	8	1,19	0,230	0,51	0,72	0,87
<i>Zanthoxylum petiolare</i>	94	2	9	0,92	8	1,19	0,137	0,30	0,61	0,80

(conclusão)

Nome Científico	ID	GR	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC (%)	VI (%)
<i>Myrsine laetevirens</i>	61	2	10	1,03	6	0,89	0,147	0,32	0,68	0,75
<i>Myrciaria floribunda</i>	57	2	7	0,72	6	0,89	0,138	0,31	0,51	0,64
<i>Myrsine coriacea</i>	60	2	6	0,62	6	0,89	0,179	0,39	0,51	0,63
<i>Cryptocarya aschersoniana</i>	22	2	5	0,51	5	0,74	0,241	0,53	0,52	0,60
<i>Dasyphyllum tomentosum</i>	26	2	2	0,21	2	0,30	0,575	1,27	0,74	0,59
<i>Cinnamomum amoenum</i>	17	2	5	0,51	5	0,74	0,208	0,46	0,49	0,57
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	95	2	5	0,51	5	0,74	0,128	0,28	0,40	0,51
<i>Prunus myrtifolia</i>	73	2	5	0,51	5	0,74	0,085	0,19	0,35	0,48
<i>Symplocos tetrandra</i>	86	2	4	0,41	4	0,59	0,204	0,45	0,43	0,48
<i>Annona rugulosa</i>	5	2	5	0,51	5	0,74	0,058	0,13	0,32	0,46
<i>Campomanesia rhombea</i>	11	2	5	0,51	5	0,74	0,061	0,13	0,32	0,46
<i>Cupania vernalis</i>	24	2	4	0,41	4	0,59	0,173	0,38	0,40	0,46
<i>Weinmannia paulliniifolia</i>	89	2	2	0,21	2	0,30	0,316	0,70	0,45	0,40
<i>Myrceugenia miersiana</i>	51	2	4	0,41	3	0,44	0,045	0,10	0,26	0,32
<i>Solanum sanctae-catharinae</i>	83	2	3	0,31	3	0,44	0,098	0,22	0,26	0,32
<i>Maytenus evonymoides</i>	49	2	3	0,31	3	0,44	0,078	0,17	0,24	0,31
<i>Myrcia oligantha</i>	54	2	3	0,31	3	0,44	0,031	0,07	0,19	0,27
<i>Cinnamomum glaziovii</i>	18	2	2	0,21	2	0,30	0,057	0,13	0,17	0,21
<i>Ilex dumosa</i>	37	2	2	0,21	2	0,30	0,056	0,12	0,16	0,21
<i>Ocotea porosa</i>	66	2	3	0,31	1	0,15	0,084	0,18	0,25	0,21
<i>Inga vera</i>	40	2	2	0,21	2	0,30	0,047	0,10	0,16	0,20
<i>Clethra uleana</i>	21	2	2	0,21	2	0,30	0,025	0,06	0,13	0,19
<i>Duranta vestita</i>	28	2	2	0,21	2	0,30	0,016	0,04	0,12	0,18
<i>Roupala montana</i>	74	2	2	0,21	2	0,30	0,015	0,03	0,12	0,18
<i>Xylosma pseudosalzmanii</i>	90	2	2	0,21	2	0,30	0,019	0,04	0,12	0,18
<i>Ocotea puberula</i>	67	2	1	0,10	1	0,15	0,112	0,25	0,17	0,17
<i>Myrsine lorentziana</i>	62	2	1	0,10	1	0,15	0,046	0,10	0,10	0,12
<i>Styrax leprosus</i>	85	2	1	0,10	1	0,15	0,053	0,12	0,11	0,12
<i>Eugenia pluriflora</i>	30	2	1	0,10	1	0,15	0,031	0,07	0,09	0,11
<i>Eugenia psidiiflora</i>	31	2	1	0,10	1	0,15	0,031	0,07	0,09	0,11
<i>Cryptocarya moschata</i>	23	2	1	0,10	1	0,15	0,017	0,04	0,07	0,10
<i>Eugenia involucrata</i>	29	2	1	0,10	1	0,15	0,022	0,05	0,08	0,10
<i>Myrcianthes pungens</i>	56	2	1	0,10	1	0,15	0,022	0,05	0,08	0,10
<i>Xylosma tweediana</i>	91	2	1	0,10	1	0,15	0,016	0,03	0,07	0,10
<i>Alsophila sp.</i>	4	2	1	0,10	1	0,15	0,011	0,03	0,06	0,09
<i>Banara tomentosa</i>	8	2	1	0,10	1	0,15	0,015	0,03	0,07	0,09
<i>Myrceugenia cucullata</i>	50	2	1	0,10	1	0,15	0,013	0,03	0,07	0,09
<i>Myrciaria tenella</i>	58	2	1	0,10	1	0,15	0,015	0,03	0,07	0,09
<i>Scutia buxifolia</i>	76	2	1	0,10	1	0,15	0,009	0,02	0,06	0,09
<i>Zanthoxylum kleinii</i>	93	2	1	0,10	1	0,15	0,012	0,03	0,07	0,09
Total			972	100	674	100	45,291	100	100	100

ID: identificação da espécie no dendrograma; GR: grupo da espécie no dendrograma; FA: frequência absoluta (%); DoA: dominância absoluta ($m^2 ha^{-1}$); DA: densidade absoluta ($ind. ha^{-1}$); FR: frequência relativa (%); DoR = dominância relativa (%); DR: densidade relativa (%); VC: valor de cobertura (%) e VI: valor de importância (%).

PARÂMETROS FITOSSOCIOLÓGICOS DAS ESPÉCIES REGISTRADAS NA UNIDADE DE ESTUDO III, EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA, LOCALIZADA NA FLORESTA NACIONAL DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS (lista completa) (continua)

Nome Científico	ID	GR	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC (%)	VI (%)
<i>Araucaria angustifolia</i>	6	1	97	13,01	67	12,34	24,481	56,18	34,60	27,18
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	9	2	86	11,52	47	8,79	4,350	9,98	10,75	10,10
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	77	2	74	9,89	45	8,41	0,913	2,10	5,99	6,80
<i>Matayba elaeagnoides</i>	48	2	57	7,59	37	6,92	1,829	4,20	5,89	6,23
<i>Ilex paraguariensis</i>	39	2	44	5,96	33	6,17	1,135	2,61	4,28	4,91
<i>Cryptocarya aschersoniana</i>	22	2	44	5,96	32	5,98	1,125	2,58	4,27	4,84
<i>Nectandra megapotamica</i>	64	2	37	5,01	28	5,23	1,397	3,21	4,11	4,48
<i>Casearia decandra</i>	13	2	38	5,15	31	5,79	0,444	1,02	3,08	3,99
<i>Campomanesia rhombea</i>	11	2	31	4,20	16	2,99	0,667	1,53	2,87	2,91
<i>Dicksonia sellowiana</i>	27	2	16	2,17	13	2,43	1,082	2,48	2,33	2,36
<i>Ocotea pulchella</i>	68	2	17	2,30	14	2,62	0,824	1,89	2,10	2,27
<i>Cupania vernalis</i>	24	2	16	2,17	15	2,80	0,333	0,77	1,47	1,91
<i>Sebastiania commersoniana</i>	78	2	12	1,63	11	2,06	0,561	1,29	1,46	1,66
<i>Maytenus evonymoides</i>	49	2	16	2,17	10	1,87	0,249	0,57	1,37	1,54
<i>Ilex brevicuspis</i>	36	2	11	1,49	8	1,50	0,554	1,27	1,38	1,42
<i>Citronella gongonha</i>	20	2	10	1,36	9	1,68	0,498	1,14	1,25	1,39
<i>Myrceugenia cucullata</i>	50	2	12	1,63	9	1,68	0,246	0,56	1,10	1,29
<i>Lonchocarpus campestris</i>	44	2	12	1,63	7	1,31	0,230	0,53	1,08	1,15
<i>Myrrhinium atropurpureum</i>	59	2	9	1,22	8	1,50	0,148	0,34	0,78	1,02
<i>Xylosma pseudosalzmanii</i>	90	2	8	1,08	8	1,50	0,164	0,38	0,73	0,99
<i>Ocotea puberula</i>	67	2	5	0,68	4	0,75	0,536	1,23	0,95	0,89
<i>Solanum sanctae-catharinae</i>	83	2	7	0,95	6	1,12	0,155	0,35	0,65	0,81
<i>Myrsine umbellata</i>	63	2	7	0,95	6	1,12	0,117	0,27	0,61	0,78
<i>Eugenia uruguayensis</i>	33	2	6	0,81	4	0,75	0,157	0,36	0,59	0,64
<i>Acca sellowiana</i>	2	2	5	0,68	5	0,93	0,070	0,16	0,42	0,59
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	12	2	4	0,54	4	0,75	0,113	0,26	0,40	0,52
<i>Myrsine coriacea</i>	60	2	4	0,54	3	0,56	0,081	0,19	0,36	0,43
<i>Dasyphyllum spinescens</i>	25	2	3	0,41	3	0,56	0,075	0,17	0,29	0,38
<i>Inga vera</i>	40	2	3	0,41	3	0,56	0,056	0,13	0,27	0,37
<i>Annona rugulosa</i>	5	2	3	0,41	3	0,56	0,031	0,07	0,24	0,35
<i>Myrceugenia oxysepala</i>	53	2	3	0,41	3	0,56	0,030	0,07	0,24	0,35
<i>Roupala montana</i>	74	2	3	0,41	3	0,56	0,030	0,07	0,24	0,35
<i>Solanum pseudoquina</i>	82	2	3	0,41	3	0,56	0,036	0,08	0,24	0,35
<i>Xylosma tweediana</i>	91	2	3	0,41	3	0,56	0,039	0,09	0,25	0,35
<i>Lithraea brasiliensis</i>	43	2	2	0,27	2	0,37	0,120	0,28	0,27	0,31
<i>Cinnamomum glaziovii</i>	18	2	2	0,27	2	0,37	0,106	0,24	0,26	0,30
<i>Vernonanthura discolor</i>	88	2	2	0,27	2	0,37	0,096	0,22	0,25	0,29
<i>Lamanonia ternata</i>	41	2	2	0,27	2	0,37	0,047	0,11	0,19	0,25
<i>Eugenia psidiiflora</i>	31	2	2	0,27	2	0,37	0,032	0,07	0,17	0,24
<i>Eugenia involucrata</i>	29	2	2	0,27	2	0,37	0,021	0,05	0,16	0,23
<i>Myrceugenia miersiana</i>	51	2	2	0,27	2	0,37	0,025	0,06	0,16	0,23

(conclusão)

Nome Científico	ID	GR	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC (%)	VI (%)
<i>Sapium glandulosum</i>	75	2	2	0,27	2	0,37	0,020	0,05	0,16	0,23
<i>Lonchocarpus nitidus</i>	45	2	2	0,14	1	0,19	0,039	0,09	0,11	0,14
<i>Scutia buxifolia</i>	76	2	2	0,14	1	0,19	0,037	0,09	0,11	0,14
<i>Symplocos uniflora</i>	87	2	2	0,14	1	0,19	0,038	0,09	0,11	0,14
<i>Cedrela fissilis</i>	15	2	1	0,14	1	0,19	0,025	0,06	0,10	0,13
<i>Siphoneugena reitzii</i>	79	2	1	0,14	1	0,19	0,025	0,06	0,10	0,13
<i>Acacia bonariensis</i>	1	2	1	0,14	1	0,19	0,011	0,03	0,08	0,12
<i>Allophylus edulis</i>	3	2	1	0,14	1	0,19	0,013	0,03	0,08	0,12
<i>Calyptranthes concinna</i>	10	2	1	0,14	1	0,19	0,013	0,03	0,08	0,12
<i>Oreopanax fulvum</i>	69	2	1	0,14	1	0,19	0,018	0,04	0,09	0,12
<i>Myrcianthes gigantea</i>	55	2	1	0,14	1	0,19	0,009	0,02	0,08	0,11
<i>Myrsine lorentziana</i>	62	2	1	0,14	1	0,19	0,008	0,02	0,08	0,11
<i>Myrsine laetevirens</i>	61	2	1	0,14	1	0,19	0,008	0,02	0,08	0,11
<i>Picramnia parvifolia</i>	70	2	1	0,14	1	0,19	0,008	0,02	0,08	0,11
<i>Solanum pabstii</i>	81	2	1	0,14	1	0,19	0,007	0,02	0,08	0,11
<i>Strychnos brasiliensis</i>	84	2	1	0,14	1	0,19	0,008	0,02	0,08	0,11
Total			740	100	536	100	43,490	100	100	100

ID: identificação da espécie no dendrograma; GR: grupo da espécie no dendrograma; FA: frequência absoluta (%); DoA: dominância absoluta ($m^2 ha^{-1}$); DA: densidade absoluta (ind. ha^{-1}); FR: frequência relativa (%); DoR = dominância relativa (%); DR: densidade relativa (%); VC: valor de cobertura (%) e VI: valor de importância (%).

FONTE: O autor (2017).

PARÂMETROS FITOSSOCIOLÓGICOS DAS ESPÉCIES REGISTRADAS NA UNIDADE DE ESTUDO IV, EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA, LOCALIZADA NA FLORESTA NACIONAL DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS (lista completa) (continua)

Nome Científico	ID	GR	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC (%)	VI (%)
<i>Araucaria angustifolia</i>	6	1	132	15,75	52	9,34	29,867	54,99	35,37	26,69
<i>Ocotea puberula</i>	67	2	46	5,49	30	5,39	3,877	7,14	6,31	6,00
<i>Casearia decandra</i>	13	2	64	7,64	41	7,36	0,835	1,54	4,59	5,51
<i>Ilex paraguariensis</i>	39	2	54	6,44	41	7,36	1,088	2,00	4,22	5,27
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	9	2	43	5,13	26	4,67	2,535	4,67	4,90	4,82
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	77	2	44	5,25	31	5,57	0,511	0,94	3,10	3,92
<i>Nectandra megapotamica</i>	64	2	30	3,58	22	3,95	1,314	2,42	3,00	3,32
<i>Sapium glandulosum</i>	75	2	28	3,34	21	3,77	0,945	1,74	2,54	2,95
<i>Campomanesia rhombea</i>	11	2	29	3,46	18	3,23	0,679	1,25	2,36	2,65
<i>Cryptocarya aschersoniana</i>	22	2	27	3,22	15	2,69	1,091	2,01	2,62	2,64
<i>Inga vera</i>	40	2	26	3,10	19	3,41	0,566	1,04	2,07	2,52
<i>Luehea divaricata</i>	46	2	21	2,51	10	1,80	1,634	3,01	2,76	2,44
<i>Eugenia uruguayensis</i>	33	2	25	2,98	16	2,87	0,570	1,05	2,02	2,30
<i>Eugenia psidiiflora</i>	31	2	22	2,63	18	3,23	0,284	0,52	1,57	2,13
<i>Ocotea pulchella</i>	68	2	12	1,43	9	1,62	1,744	3,21	2,32	2,09
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	12	2	21	2,51	12	2,15	0,532	0,98	1,74	1,88
<i>Pilocarpus pennatifolius</i>	71	2	19	2,27	14	2,51	0,214	0,39	1,33	1,73

(conclusão)

Nome Científico	ID	GR	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC (%)	VI (%)
<i>Roupala montana</i>	74	2	14	1,67	12	2,15	0,573	1,06	1,36	1,63
<i>Prunus myrtifolia</i>	73	2	15	1,79	13	2,33	0,364	0,67	1,23	1,60
<i>Sebastiania commersoniana</i>	78	2	11	1,31	10	1,80	0,682	1,26	1,28	1,45
<i>Eugenia involucrata</i>	29	2	14	1,67	10	1,80	0,322	0,59	1,13	1,35
<i>Ilex brevicuspis</i>	36	2	12	1,43	8	1,44	0,494	0,91	1,17	1,26
<i>Lithraea brasiliensis</i>	43	2	9	1,07	8	1,44	0,509	0,94	1,01	1,15
<i>Matayba elaeagnoides</i>	48	2	11	1,31	8	1,44	0,333	0,61	0,96	1,12
<i>Myrcianthes pungens</i>	56	2	9	1,07	7	1,26	0,288	0,53	0,80	0,95
<i>Citronella gongonha</i>	20	2	7	0,84	6	1,08	0,370	0,68	0,76	0,86
<i>Myrrhinium atropurpureum</i>	59	2	6	0,72	6	1,08	0,152	0,28	0,50	0,69
<i>Eugenia subterminalis</i>	32	2	7	0,84	5	0,90	0,067	0,12	0,48	0,62
<i>Myrsine umbellata</i>	63	2	5	0,60	5	0,90	0,168	0,31	0,45	0,60
<i>Myrceugenia cucullata</i>	50	2	5	0,60	4	0,72	0,066	0,12	0,36	0,48
<i>Scutia buxifolia</i>	76	2	5	0,60	2	0,36	0,231	0,42	0,51	0,46
<i>Lonchocarpus nitidus</i>	45	2	4	0,48	4	0,72	0,075	0,14	0,31	0,44
<i>Myrciaria floribunda</i>	57	2	4	0,48	4	0,72	0,051	0,09	0,29	0,43
<i>Solanum sanctae-catharinae</i>	83	2	4	0,48	4	0,72	0,036	0,07	0,27	0,42
<i>Vernonanthura discolor</i>	88	2	4	0,48	3	0,54	0,117	0,22	0,35	0,41
<i>Siphoneugena reitzii</i>	79	2	3	0,36	2	0,36	0,217	0,40	0,38	0,37
<i>Xylosma pseudosalzmanii</i>	90	2	3	0,36	3	0,54	0,105	0,19	0,28	0,36
<i>Zanthoxylum petiolare</i>	94	2	4	0,48	3	0,54	0,039	0,07	0,27	0,36
<i>Zanthoxylum fagara</i>	92	2	3	0,36	3	0,54	0,090	0,17	0,26	0,35
<i>Cinnamomum glaziovii</i>	18	2	3	0,36	3	0,54	0,052	0,10	0,23	0,33
<i>Myrcianthes gigantea</i>	55	2	2	0,24	2	0,36	0,058	0,11	0,17	0,23
<i>Hennecartia omphalandra</i>	35	2	2	0,24	2	0,36	0,025	0,05	0,14	0,21
<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	34	2	2	0,24	1	0,18	0,046	0,08	0,16	0,17
<i>Xylosma tweediana</i>	91	2	2	0,24	1	0,18	0,048	0,09	0,16	0,17
<i>Strychnos brasiliensis</i>	84	2	2	0,24	1	0,18	0,018	0,03	0,14	0,15
<i>Dasyphyllum spinescens</i>	25	2	1	0,12	1	0,18	0,027	0,05	0,08	0,12
<i>Dicksonia sellowiana</i>	27	2	1	0,12	1	0,18	0,025	0,05	0,08	0,12
<i>Myrsine coriacea</i>	60	2	1	0,12	1	0,18	0,032	0,06	0,09	0,12
<i>Zanthoxylum kleinii</i>	93	2	1	0,12	1	0,18	0,026	0,05	0,08	0,12
<i>Annona rugulosa</i>	5	2	1	0,12	1	0,18	0,013	0,02	0,07	0,11
<i>Banara tomentosa</i>	8	2	1	0,12	1	0,18	0,018	0,03	0,08	0,11
<i>Casearia obliqua</i>	14	2	1	0,12	1	0,18	0,015	0,03	0,07	0,11
<i>Myrceugenia miersiana</i>	51	2	1	0,12	1	0,18	0,011	0,02	0,07	0,11
<i>Podocarpus lambertii</i>	72	2	1	0,12	1	0,18	0,017	0,03	0,07	0,11
Total			824	100	544	100	54,066	100	100	100

ID: identificação da espécie no dendrograma; GR: grupo da espécie no dendrograma; FA: frequência absoluta (%); DoA: dominância absoluta ($m^2 ha^{-1}$); DA: densidade absoluta ($ind. ha^{-1}$); FR: frequência relativa (%); DoR = dominância relativa (%); DR: densidade relativa (%); VC: valor de cobertura (%) e VI: valor de importância (%).

FONTE: O autor (2017).

PARÂMETROS FITOSSOCIOLÓGICOS DAS ESPÉCIES REGISTRADAS NA UNIDADE DE ESTUDO V, EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA, LOCALIZADA NA FLORESTA NACIONAL DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS (lista completa) (continua)

Nome Científico	ID	GR	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC (%)	VI (%)
<i>Araucaria angustifolia</i>	6	1	171	20,21	78	14,58	29,943	62,05	41,13	32,28
<i>Casearia decandra</i>	13	2	76	8,98	45	8,41	0,937	1,94	5,46	6,45
<i>Ilex paraguariensis</i>	39	2	56	6,62	36	6,73	1,238	2,57	4,59	5,30
<i>Lonchocarpus campestris</i>	44	2	57	6,74	13	2,43	1,658	3,44	5,09	4,20
<i>Nectandra megapotamica</i>	64	2	32	3,78	28	5,23	1,539	3,19	3,49	4,07
<i>Ocotea puberula</i>	67	2	24	2,84	20	3,74	2,192	4,54	3,69	3,71
<i>Cinnamomum glaziovii</i>	18	2	34	4,02	23	4,30	1,021	2,12	3,07	3,48
<i>Matayba elaeagnoides</i>	48	2	42	4,96	17	3,18	0,589	1,22	3,09	3,12
<i>Inga vera</i>	40	2	33	3,90	16	2,99	0,812	1,68	2,79	2,86
<i>Scutia buxifolia</i>	76	2	26	3,07	19	3,55	0,908	1,88	2,48	2,84
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	9	2	28	3,31	22	4,11	0,475	0,98	2,15	2,80
<i>Dasyphyllum spinescens</i>	25	2	25	2,96	19	3,55	0,657	1,36	2,16	2,62
<i>Ilex brevicuspis</i>	36	2	19	2,25	13	2,43	1,199	2,49	2,37	2,39
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	77	2	24	2,84	17	3,18	0,280	0,58	1,71	2,20
<i>Annona rugulosa</i>	5	2	15	1,77	15	2,80	0,164	0,34	1,06	1,64
<i>Maytenus evonymoides</i>	49	2	15	1,77	13	2,43	0,244	0,50	1,14	1,57
<i>Myrceugenia cucullata</i>	50	2	17	2,01	10	1,87	0,248	0,51	1,26	1,46
<i>Campomanesia rhombea</i>	11	2	15	1,77	11	2,06	0,224	0,46	1,12	1,43
<i>Xylosma pseudosalzmanii</i>	90	2	13	1,54	12	2,24	0,183	0,38	0,96	1,39
<i>Lamanonia ternata</i>	41	2	12	1,42	9	1,68	0,272	0,56	0,99	1,22
<i>Podocarpus lambertii</i>	72	2	6	0,71	5	0,93	0,964	2,00	1,35	1,21
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	12	2	10	1,18	9	1,68	0,333	0,69	0,94	1,18
<i>Cupania vernalis</i>	24	2	10	1,18	9	1,68	0,128	0,26	0,72	1,04
<i>Dicksonia sellowiana</i>	27	2	7	0,83	7	1,31	0,301	0,62	0,73	0,92
<i>Ocotea pulchella</i>	68	2	8	0,95	6	1,12	0,315	0,65	0,80	0,91
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	95	2	5	0,59	5	0,93	0,191	0,40	0,49	0,64
<i>Eugenia involucrata</i>	29	2	5	0,59	5	0,93	0,095	0,20	0,39	0,57
<i>Solanum pabstii</i>	81	2	5	0,59	5	0,93	0,070	0,15	0,37	0,56
<i>Sapium glandulosum</i>	75	2	4	0,47	4	0,75	0,129	0,27	0,37	0,50
<i>Myrsine umbellata</i>	63	2	5	0,59	4	0,75	0,065	0,14	0,36	0,49
<i>Machaerium paraguariense</i>	47	2	5	0,59	3	0,56	0,139	0,29	0,44	0,48
<i>Cryptocarya aschersoniana</i>	22	2	4	0,47	4	0,75	0,076	0,16	0,32	0,46
<i>Prunus myrtifolia</i>	73	2	4	0,47	4	0,75	0,065	0,14	0,30	0,45
<i>Casearia obliqua</i>	14	2	4	0,47	3	0,56	0,068	0,14	0,31	0,39
<i>Eugenia uruguayensis</i>	33	2	4	0,47	2	0,37	0,049	0,10	0,29	0,32
<i>Solanum sanctae-catharinae</i>	83	2	3	0,35	2	0,37	0,041	0,08	0,22	0,27
<i>Acca sellowiana</i>	2	2	2	0,24	2	0,37	0,042	0,09	0,16	0,23
<i>Hennecartia omphalandra</i>	35	2	2	0,24	2	0,37	0,033	0,07	0,15	0,23
<i>Ilex dumosa</i>	37	2	1	0,12	1	0,19	0,091	0,19	0,15	0,16
<i>Pilocarpus pennatifolius</i>	71	2	2	0,24	1	0,19	0,028	0,06	0,15	0,16
<i>Banara parviflora</i>	7	2	1	0,12	1	0,19	0,046	0,10	0,11	0,13

(conclusão)

Nome Científico	ID	GR	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC (%)	VI (%)
<i>Myrceugenia myrcioides</i>	52	2	1	0,12	1	0,19	0,027	0,06	0,09	0,12
<i>Zanthoxylum fagara</i>	92	2	1	0,12	1	0,19	0,029	0,06	0,09	0,12
<i>Acacia bonariensis</i>	1	2	1	0,12	1	0,19	0,015	0,03	0,07	0,11
<i>Allophylus edulis</i>	3	2	1	0,12	1	0,19	0,010	0,02	0,07	0,11
<i>Cestrum intermedium</i>	16	2	1	0,12	1	0,19	0,010	0,02	0,07	0,11
<i>Citharexylum myrianthum</i>	19	2	1	0,12	1	0,19	0,010	0,02	0,07	0,11
<i>Eugenia psidiiflora</i>	31	2	1	0,12	1	0,19	0,015	0,03	0,07	0,11
<i>Luehea divaricata</i>	46	2	1	0,12	1	0,19	0,009	0,02	0,07	0,11
<i>Myrceugenia miersiana</i>	51	2	1	0,12	1	0,19	0,010	0,02	0,07	0,11
<i>Oreopanax fulvum</i>	69	2	1	0,12	1	0,19	0,011	0,02	0,07	0,11
<i>Sloanea monosperma</i>	80	2	1	0,12	1	0,19	0,009	0,02	0,07	0,11
<i>Xylosma tweediana</i>	91	2	1	0,12	1	0,19	0,019	0,04	0,08	0,11
<i>Zanthoxylum petiolare</i>	94	2	1	0,12	1	0,19	0,012	0,03	0,07	0,11
Total			844	100	533	100	48,238	100	100	100

ID: identificação da espécie no dendrograma; GR: grupo da espécie no dendrograma; FA: frequência absoluta (%); DoA: dominância absoluta ($m^2 ha^{-1}$); DA: densidade absoluta ($ind. ha^{-1}$); FR: frequência relativa (%); DoR = dominância relativa (%); DR: densidade relativa (%); VC: valor de cobertura (%) e VI: valor de importância (%).

FONTE: O autor (2017).

APÊNDICE B – DIÂMETROS DAS ESPÉCIES REGISTRADAS NAS CINCO UNIDADES DE ESTUDO, DE 2000 A 2009, EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA, LOCALIZADA NA FLONA DE SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS.

(continua)

Unidade	Espécie Nome científico	N/ha	DAP (cm)																			
			2000		2001		2002		2003		2004		2005		2006		2007		2008		2009	
			mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo
I	<i>Alseodora sp.</i>	5	10,7	12,7	11,1	12,2	11,1	12,7	11,5	12,8	11,5	12,9	11,1	12,9	10,3	13,7	11,0	14,0	11,0	14,2	10,8	14,3
I	<i>Arnonia rugulosa</i>	2	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,2	10,0	10,2	10,0	10,2	10,0	10,2	10,1	10,2	9,8	10,2	10,0	10,2
I	<i>Araucaria angustifolia</i>	13	10,0	80,9	10,0	80,7	10,0	79,6	10,2	80,9	10,2	80,9	10,3	81,2	10,0	81,5	10,0	81,8	9,9	81,2	10,0	81,6
I	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	46	10,9	64,8	11,0	65,6	11,0	67,3	11,1	67,3	11,3	67,4	11,1	67,4	11,3	67,4	10,0	67,3	9,7	67,3	10,0	67,2
I	<i>Calyptanthus concinna</i>	12	10,0	22,4	10,0	22,4	10,0	22,0	10,0	22,9	10,0	22,9	10,0	22,9	10,1	23,0	10,2	23,2	10,0	23,2	10,2	23,4
I	<i>Campomanesia rhorubea</i>	17	10,0	41,4	10,0	41,4	10,0	40,1	10,0	41,6	10,0	41,7	10,0	40,6	10,0	41,3	10,0	41,1	9,8	41,1	10,0	41,3
I	<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	19	10,0	44,7	10,0	44,0	10,0	45,9	10,3	46,0	10,3	44,9	10,3	44,9	10,3	45,2	10,3	45,7	10,3	45,7	10,2	47,6
I	<i>Casearia decandra</i>	50	10,0	22,0	10,0	22,3	10,0	22,3	10,2	22,5	10,0	22,6	10,0	22,9	10,0	23,0	10,0	22,8	9,5	22,9	10,0	23,0
I	<i>Cinnamomum glaziovii</i>	36	10,0	75,3	10,0	75,0	10,0	74,0	10,0	75,0	10,0	75,1	10,0	75,4	10,0	75,7	10,0	75,6	9,8	76,2	10,0	76,5
I	<i>Cryptocarya aschersoniana</i>	27	10,7	62,2	10,2	62,7	10,2	63,4	10,3	63,4	10,3	63,3	10,2	64,0	10,6	64,1	10,8	63,1	10,7	63,2	10,8	63,3
I	<i>Cupania vernalis</i>	1	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,2	10,2	10,2	10,2	10,3	10,3	10,3	10,3	10,4	10,4	10,5	10,5
I	<i>Dasyphyllum spinescens</i>	1	17,3	17,3	14,6	14,6	14,6	14,6	14,8	14,8	14,8	14,8	15,1	15,1	15,2	15,2	15,3	15,3	15,0	15,0	15,2	15,2
I	<i>Dicksonia sellowiana</i>	10	11,0	30,2	15,6	31,2	15,3	30,9	15,4	31,1	15,1	31,2	15,9	31,2	16,2	31,4	15,9	32,6	16,4	33,6	16,2	35,5
I	<i>Eugenia involucrata</i>	10	10,0	24,7	10,1	24,7	10,2	24,7	10,2	24,8	10,0	24,8	10,2	24,8	10,1	24,8	10,0	24,8	10,0	24,7	10,0	24,8
I	<i>Eugenia psidiiflora</i>	35	10,0	28,3	10,0	28,2	10,0	28,2	10,0	28,3	10,0	28,3	10,0	28,3	10,0	28,2	10,0	27,9	9,9	28,0	10,1	28,1
I	<i>Eugenia uruguayensis</i>	55	10,0	33,6	10,0	33,8	10,0	34,1	10,0	34,4	10,0	34,4	10,0	34,5	10,0	34,6	10,0	34,6	9,7	34,8	10,3	35,0
I	<i>Ilex brevicuspis</i>	39	10,0	77,8	10,0	79,9	10,0	80,4	10,2	80,5	10,0	80,6	10,0	80,2	10,0	80,8	10,0	80,8	9,9	80,6	10,0	80,7
I	<i>Ilex paraguayensis</i>	17	10,4	36,4	10,0	37,0	10,0	38,0	10,2	37,7	10,2	38,5	10,2	38,8	10,2	38,8	10,3	39,2	10,3	39,2	10,3	39,8
I	<i>Lamanonia temata</i>	13	10,0	80,9	10,0	81,2	10,2	81,3	10,6	81,3	11,0	81,3	10,5	81,3	10,1	79,6	10,6	79,1	11,1	78,9	11,7	78,6
I	<i>Laplacea acutifolia</i>	1	13,6	13,6	13,6	13,6	14,2	14,2	14,8	14,8	15,3	15,3	15,8	15,8	16,3	16,3	16,9	16,9	17,2	17,2	17,2	17,2
I	<i>Matayba elaeagnoides</i>	7	10,6	44,5	10,6	44,7	11,0	45,0	11,3	45,1	10,0	45,2	10,2	45,2	10,7	41,1	11,2	41,7	11,6	41,9	11,8	42,0
I	<i>Maytenus evonymoides</i>	1																	10,2	10,2	10,1	10,1

Unidade	Espécie Nome científico	N/ha	DAP (cm)																					
			2000		2001		2002		2003		2004		2005		2006		2007		2008		2009			
			mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo		
I	<i>Myrcogenia miersiana</i>	4	10,5	20,8	10,5	20,4	10,5	21,0	10,7	21,1	10,7	21,1	10,7	20,7	10,4	16,9	10,2	16,9	10,2	16,9	10,2	16,9	10,2	16,9
I	<i>Myrcia oligantha</i>	3	10,0	10,4	10,0	10,2	10,0	10,1	10,0	10,5	10,0	10,5	10,0	10,2	10,2	10,5	10,1	10,3	10,2	10,3	10,2	10,3	10,2	10,3
I	<i>Myrcianthes gigantea</i>	2	20,2	36,1	19,8	35,8	20,1	36,8	20,1	36,8	20,1	36,8	20,1	36,0	19,7	36,4	19,6	36,4	19,4	36,7	19,4	36,7	19,4	36,8
I	<i>Myrciaria floribunda</i>	26	10,0	25,8	10,0	25,7	10,0	26,1	10,0	26,5	10,0	26,5	10,0	27,4	10,0	27,2	10,0	26,9	10,1	27,1	10,2	27,8	10,2	27,8
I	<i>Myrsine umbellata</i>	7	10,0	38,9	10,0	38,9	10,2	38,9	10,7	38,9	10,5	16,6	10,8	15,9	10,9	16,2	10,0	16,4	9,9	16,4	10,2	16,6	10,2	16,6
I	<i>Nectandra megapotamica</i>	33	15,8	69,1	15,6	69,9	15,6	70,3	18,5	70,5	18,7	70,5	18,5	70,3	18,6	71,0	18,1	68,8	18,1	68,8	18,1	68,8	18,1	68,8
I	<i>Ocotea indecora</i>	3	22,0	43,6	21,2	43,6	21,2	43,9	22,1	44,0	22,1	44,2	21,2	44,7	21,3	44,8	21,1	45,4	21,1	45,5	21,2	45,5	21,2	45,5
I	<i>Ocotea puberula</i>	1	10,0	10,0	10,3	10,3	10,3	10,3	10,5	10,5	10,2	10,2	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,7
I	<i>Ocotea pulchella</i>	20	15,1	66,5	15,0	65,6	15,6	65,7	16,3	65,7	16,3	65,8	16,2	65,9	16,3	65,9	16,2	65,7	16,4	65,8	16,2	65,9	16,2	65,9
I	<i>Podocarpus lambertii</i>	5	11,3	59,4	11,3	59,7	11,3	59,4	11,3	59,2	10,7	60,8	10,9	61,3	11,1	61,6	11,2	61,9	11,3	62,1	11,3	62,1	11,3	61,9
I	<i>Prunus myrtifolia</i>	5	11,7	21,0	11,8	19,9	11,8	20,1	11,9	20,7	10,0	21,3	10,2	21,6	10,0	21,9	10,4	21,7	10,7	22,0	11,1	22,2	11,1	22,2
I	<i>Roupala montana</i>	3	13,5	29,0	13,6	29,1	13,6	29,4	13,7	29,4	13,7	29,4	13,5	29,4	13,5	29,3	13,7	28,8	13,5	29,0	13,5	29,0	13,5	29,1
I	<i>Sapium glandulosum</i>	9	26,3	47,7	26,1	47,9	26,4	48,1	26,6	48,1	26,1	48,2	26,4	47,4	26,4	47,7	26,2	47,7	26,3	47,7	26,4	47,7	26,4	47,5
I	<i>Scutia buxifolia</i>	2	21,6	57,0	21,4	59,2	21,5	59,3	22,0	56,1	22,3	56,3	22,3	58,3	22,3	58,6	22,4	59,5	22,5	59,5	22,6	59,5	22,6	59,5
I	<i>Sebastiania brasiliensis</i>	1	10,0	10,0	10,0	10,0	10,3	10,3	10,4	10,4	10,5	10,5	10,2	10,2	10,2	10,2	10,1	10,1	10,3	10,3	10,3	10,3	10,1	10,1
I	<i>Sebastiania commerisoniana</i>	67	10,0	55,2	10,2	56,8	10,0	57,0	10,3	57,0	10,7	57,2	10,8	57,6	11,0	58,1	11,0	57,9	11,0	58,0	10,9	58,4	10,9	58,4
I	<i>Siphonogena reitzii</i>	37	10,0	48,8	10,0	49,2	10,0	49,3	10,0	50,0	10,0	50,1	10,0	51,2	10,1	51,3	10,0	51,2	9,9	51,4	10,0	52,2	10,0	52,2
I	<i>Solanum pabstii</i>	1																						11,7
I	<i>Vernonanthura discolor</i>	2	40,9	40,9	40,8	40,8	41,5	41,5	43,0	43,0	43,7	43,7	44,9	44,9	45,2	45,2	10,0	46,5	10,3	47,4	11,2	48,2	11,2	48,2
I	<i>Weinmannia paullinifolia</i>	1	38,5	38,5	38,6	38,6	38,2	38,2	38,5	38,5	38,8	38,8	40,3	40,3	40,3	40,3	40,3	40,3	40,9	40,9	42,0	42,0	42,0	42,0
I	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	1	13,5	13,5	13,7	13,7	14,0	14,0	14,4	14,4	14,5	14,5	14,7	14,7	14,8	14,8	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,2	15,2	15,2
II	<i>Alsophila</i> sp.	1															10,7	10,7	11,4	11,4	12,0	12,0	12,0	12,0
II	<i>Annona rugulosa</i>	5	10,0	13,3	10,0	13,5	10,0	14,2	10,0	14,3	10,0	14,6	10,1	14,6	10,6	15,2	10,7	15,2	10,8	15,3	10,9	15,5	10,9	15,5
II	<i>Araucaria angustifolia</i>	38	10,0	76,9	10,0	77,1	10,0	78,0	10,0	78,6	10,0	80,1	10,0	80,2	10,0	81,3	10,0	82,0	10,0	82,3	10,0	82,8	10,0	82,8
II	<i>Banara tomentosa</i>	1	11,6	11,6	11,5	11,5	12,1	12,1	12,2	12,2	12,6	12,6	12,6	12,6	12,8	12,8	13,3	13,3	13,4	13,4	13,7	13,7	13,7	13,7

Unidade	Espécie Nome científico	N/ha	DAP (cm)																			
			2000		2001		2002		2003		2004		2005		2006		2007		2008		2009	
			mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo
II	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	38	10,0	53,3	10,0	53,5	10,0	54,4	10,0	55,0	10,0	55,1	10,2	55,4	10,2	55,6	10,2	55,9	10,3	55,9	10,4	56,8
II	<i>Calypttranthes concinna</i>	32	10,0	18,1	10,0	18,3	10,0	18,4	10,0	18,5	10,0	18,5	9,9	18,8	10,0	18,8	10,0	18,8	10,0	18,9	10,0	19,2
II	<i>Campomanesia rhombea</i>	5	10,8	16,2	11,0	16,4	11,1	16,4	11,3	16,4	11,5	16,6	10,0	16,6	10,0	16,4	10,0	16,5	10,0	16,5	10,0	16,5
II	<i>Casearia decandra</i>	36	10,0	20,2	10,0	20,4	10,0	20,5	10,0	20,7	10,0	20,7	10,0	20,8	10,0	20,8	10,0	20,8	10,0	20,8	10,0	21,2
II	<i>Cinnamomum amoenum</i>	5	10,0	27,6	10,0	27,9	10,0	28,2	10,0	28,4	10,0	28,5	9,9	28,8	12,7	29,0	12,7	29,0	12,7	29,1	12,7	29,5
II	<i>Cinnamomum glaziovii</i>	2	22,8	22,8	22,9	22,9	23,4	23,4	23,6	23,6	23,7	23,7	23,8	23,8	10,5	23,9	10,7	24,2	11,0	24,3	11,2	24,6
II	<i>Clethra oleana</i>	2	14,1	14,1	14,2	14,2	14,2	14,2	14,3	14,3	14,5	14,5	14,6	14,6	10,2	14,5	14,6	14,6	14,4	14,4	14,6	14,6
II	<i>Cryptocarya aschersoniana</i>	5	12,6	37,8	12,7	37,9	12,7	39,1	12,7	39,1	12,7	39,8	12,7	39,9	13,7	40,4	13,7	40,4	13,7	40,4	13,9	40,6
II	<i>Cryptocarya moschata</i>	1	11,8	11,8	12,1	12,1	13,1	13,1	13,4	13,4	14,0	14,0	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,3	14,4	14,4	14,7	14,7
II	<i>Cupania vernalis</i>	4	14,8	20,8	15,3	21,2	16,6	22,0	17,0	22,0	17,5	22,6	17,7	22,7	19,0	24,2	19,6	24,6	19,9	24,8	20,6	25,9
II	<i>Dasyphyllum tomentosum</i>	2	45,5	66,2	45,6	66,5	45,8	66,8	46,3	67,2	47,2	67,5	47,4	67,6	48,7	68,1	49,0	68,6	50,0	69,0	50,4	69,2
II	<i>Dicksonia sellowiana</i>	9	14,0	22,3	14,3	22,8	14,6	23,0	15,0	23,2	15,0	25,5	15,3	25,5	15,6	24,8	15,8	24,8	15,8	24,8	15,9	24,7
II	<i>Duranta vestita</i>	2	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,1	10,1	10,2	10,2	10,2	10,2	10,0	10,2	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,2
II	<i>Eugenia involucrata</i>	1	16,1	16,1	16,2	16,2	16,3	16,3	16,4	16,4	16,4	16,4	16,5	16,5	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,7	16,7
II	<i>Eugenia pluriflora</i>	1	18,4	18,4	18,6	18,6	18,8	18,8	19,1	19,1	19,3	19,3	19,4	19,4	19,6	19,6	19,6	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7
II	<i>Eugenia psidiflora</i>	1	19,4	19,4	19,5	19,5	19,6	19,6	19,6	19,6	19,7	19,7	20,0	20,0	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	19,9	19,9
II	<i>Eugenia uruguayensis</i>	31	10,0	28,7	10,0	28,8	10,0	29,0	10,0	29,1	10,0	29,2	10,0	29,2	10,0	29,3	10,0	29,4	10,0	29,5	10,0	30,0
II	<i>Ilex brevicuspis</i>	78	10,0	55,9	10,0	56,2	10,0	56,5	10,0	56,8	10,0	56,9	10,0	57,0	10,0	57,1	10,0	57,5	10,0	57,7	10,0	57,9
II	<i>Ilex dumosa</i>	2	10,0	24,7	10,0	24,7	10,0	24,7	10,0	24,7	10,0	24,7	10,0	24,7	10,0	24,6	10,1	24,6	10,2	24,5	10,4	24,5
II	<i>Ilex microdonta</i>	17	10,0	44,8	10,0	44,9	10,1	45,6	10,2	45,6	10,2	45,8	10,2	45,8	10,2	46,0	10,2	45,8	10,2	46,2	10,2	46,3
II	<i>Ilex paraguayensis</i>	26	10,0	55,1	10,0	55,2	10,0	56,0	10,0	56,5	10,1	57,6	10,2	57,9	10,0	58,2	10,0	59,1	10,0	59,5	10,0	60,1
II	<i>Inga vera</i>	2	13,8	18,2	14,2	18,3	14,5	18,5	14,6	18,5	14,7	18,6	15,0	18,7	15,2	19,0	15,2	19,1	15,2	19,1	15,3	19,2
II	<i>Lamaronia temata</i>	40	10,3	49,4	10,0	49,8	10,0	50,1	10,0	50,4	10,0	50,6	10,0	50,6	10,0	50,9	10,0	51,0	10,0	53,0	10,0	53,2
II	<i>Laplacea acutifolia</i>	25	10,1	41,1	10,2	41,4	10,0	41,7	10,0	42,1	10,0	42,3	9,9	42,7	10,0	43,0	10,2	43,4	10,0	43,8	10,3	44,6
II	<i>Lithraea brasiliensis</i>	21	11,2	38,3	10,8	38,7	10,8	38,7	11,2	38,6	11,1	38,6	11,1	38,8	10,7	39,2	10,6	39,3	10,5	39,3	14,2	39,9

Unidade	Espécie Nome científico	N/ha	DAP (cm)																							
			2000		2001		2002		2003		2004		2005		2006		2007		2008		2009					
			mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo				
II	<i>Machaerium stipitatum</i>	0	27,7	27,7	27,7	27,7	26,7	26,7	26,7	26,7	26,7	26,7	26,7	26,7	26,7	26,7	26,7	26,7	26,7	26,7	26,7	26,7				
II	<i>Maytenus evonymoides</i>	3	10,0	25,0	10,1	24,8	10,3	25,0	10,4	25,0	10,5	25,0	10,6	24,8	10,7	24,5	10,8	24,5	10,9	24,4	10,9	24,5				
II	<i>Myrceugenia cucullata</i>	1	11,8	11,8	11,9	11,9	11,9	11,9	12,1	12,1	12,4	12,4	12,6	12,6	12,7	12,7	12,7	12,7	13,0	13,0	13,0	13,0				
II	<i>Myrceugenia miersiana</i>	4	10,0	12,0	10,0	12,2	10,0	12,4	10,0	12,5	10,0	12,6	10,0	12,8	10,0	12,9	10,0	13,1	10,0	13,2	10,0	13,6				
II	<i>Myrcia oligantha</i>	3	10,4	10,8	10,8	11,1	11,3	11,6	11,6	12,1	11,8	11,8	10,0	12,3	10,0	12,3	10,0	12,3	10,0	12,3	10,0	12,5				
II	<i>Myrcianthes gigantea</i>	15	10,0	29,5	10,0	29,7	10,0	29,8	10,0	30,0	10,0	30,9	10,1	31,1	10,1	31,3	10,0	31,5	10,0	31,6	10,0	32,1				
II	<i>Myrcianthes pungens</i>	1	15,8	15,8	15,9	15,9	16,1	16,1	16,1	16,1	16,4	16,4	16,5	16,5	16,6	16,6	16,6	16,6	16,7	16,7	16,7	16,7				
II	<i>Myrciaria delicatula</i>	0	10,3	10,3	10,2	10,2	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5				
II	<i>Myrciaria floribunda</i>	7	10,0	34,4	10,0	36,9	10,1	36,9	10,2	36,9	10,2	36,9	10,2	36,9	10,3	36,8	10,3	36,8	10,4	36,9	10,7	27,1				
II	<i>Myrciaria tenella</i>	1	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	14,8	14,8	14,8	14,8	14,4	14,4	14,3	14,3	14,3	14,3	14,0	14,0				
II	<i>Myrrhinium atropurpureum</i>	22	10,0	21,3	10,0	21,5	10,0	21,6	10,0	21,8	10,0	21,9	10,0	22,0	10,0	22,1	10,2	22,2	10,2	22,3	10,1	22,3				
II	<i>Myrsine coriacea</i>	6	10,0	35,0	10,0	35,4	10,0	35,5	10,0	35,5	10,0	35,7	9,9	35,8	10,0	11,6	10,0	11,8	10,1	11,9	10,1	12,0				
II	<i>Myrsine lorentziana</i>	1	10,7	27,7	10,5	27,7	10,4	27,7	10,7	27,7	10,7	27,7	10,7	27,7	10,7	27,4	24,3	24,3	24,3	24,3	24,2	24,2				
II	<i>Myrsine laetevirens</i>	10	10,0	19,2	10,0	19,3	10,0	19,4	10,0	19,6	10,0	19,7	10,0	19,8	10,0	20,1	10,0	20,4	10,0	20,4	10,0	20,4				
II	<i>Myrsine umbellata</i>	30	10,0	58,4	10,0	58,7	10,0	58,9	10,0	59,0	10,0	59,2	10,0	59,4	10,0	59,6	10,0	59,8	10,0	60,0	10,0	60,3				
II	<i>Nectandra megapota mica</i>	9	10,6	42,1	11,0	41,7	11,9	41,7	10,2	42,4	11,3	43,6	43,6	43,7	10,1	44,6	10,4	45,1	10,6	31,7	10,9	32,4				
II	<i>Ocotea indecora</i>	15	10,2	35,3	10,2	35,3	10,5	35,5	10,5	35,7	10,6	36,0	10,6	36,1	10,0	36,4	10,0	36,6	10,4	36,4	10,6	36,6				
II	<i>Ocotea porosa</i>	3	10,0	10,0	10,0	11,5	10,0	11,6	10,0	11,8	10,0	11,9	10,0	12,1	10,0	12,3	10,0	12,4	10,0	12,5	10,0	12,7				
II	<i>Ocotea puberula</i>	1	31,6	31,6	32,4	32,4	33,3	33,3	33,3	33,7	33,8	33,8	33,9	33,9	35,8	35,8	36,3	36,3	36,6	36,6	37,7	37,7				
II	<i>Ocotea pulchella</i>	16	10,0	45,8	10,0	46,0	10,0	46,4	10,0	46,8	10,0	47,0	10,0	47,1	10,0	47,5	10,0	47,9	10,0	48,3	10,0	48,4				
II	<i>Piptocarpha notata</i>	0	10,3	10,3	10,5	10,5	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9				
II	<i>Podocarpus lambertii</i>	86	10,0	90,4	10,0	90,9	10,0	91,0	10,0	91,4	10,0	91,4	10,0	91,7	10,0	91,7	10,0	91,8	10,0	91,8	10,0	92,1				
II	<i>Prunus myrtifolia</i>	5	10,0	18,5	10,0	18,6	10,0	18,9	10,0	19,1	10,0	19,2	10,0	19,2	10,0	19,2	11,5	11,8	11,1	11,9	10,0	12,4				
II	<i>Roupala montana</i>	2	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0				
II	<i>Sapium glandulosum</i>	29	10,0	31,8	10,0	32,1	10,0	32,3	10,0	32,5	10,0	33,1	10,0	33,2	10,2	33,4	10,3	33,7	10,3	33,7	10,3	33,9				

Unidade	Espécie Nome científico	N/ha	DAP (cm)																			
			2000		2001		2002		2003		2004		2005		2006		2007		2008		2009	
			mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo
II	<i>Scutia buxifolia</i>	1	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,5	10,5	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6
II	<i>Siphonogena reitzii</i>	184	10,0	42,3	10,0	42,5	10,0	42,7	10,0	42,8	10,0	43,3	10,0	43,5	10,0	43,6	10,0	44,0	10,0	44,2	10,0	44,2
II	<i>Solanum sanctae-catharinae</i>	3	10,0	24,1	10,0	24,4	10,0	25,0	10,0	26,0	10,0	26,4	10,0	26,5	12,1	27,8	12,4	28,2	12,6	29,0	12,6	29,0
II	<i>Styrax leprosus</i>	1	22,0	22,0	22,3	22,3	23,0	23,0	23,2	23,2	23,7	23,7	23,9	23,9	24,9	24,9	25,4	25,5	25,9	25,9	25,9	25,9
II	<i>Symplocos tetrandra</i>	4	11,0	18,6	10,9	18,7	10,8	18,8	10,8	18,8	10,8	18,8	10,8	18,8								
II	<i>Symplocos uniflora</i>	11	13,4	26,4	13,5	26,3	13,7	26,6	13,9	26,6	14,0	26,5	14,2	26,4	14,4	25,3	14,5	25,4	14,8	25,4	14,8	25,4
II	<i>Vernonanthura discolor</i>	45	12,5	49,9	12,6	50,1	12,7	50,4	12,9	50,6	13,0	50,8	13,1	51,0	13,2	52,5	13,3	52,6	13,5	53,3	13,5	53,3
II	<i>Weinmannia paulinifolia</i>	2	23,3	56,3	23,4	56,3	24,3	56,4	24,4	56,6	24,5	56,7	24,7	56,9	25,1	57,2	25,5	57,2	25,8	57,8	25,8	57,8
II	<i>Xylosma pseudosalzmannii</i>	2	10,0	10,7	10,0	10,8	10,0	10,9	10,1	11,0	10,2	11,1	10,3	11,3	10,3	11,4	10,3	11,5	10,4	11,5	10,4	11,5
II	<i>Xylosma tweediana</i>	1	13,6	13,6	13,7	13,7	13,8	13,8	13,9	13,9	14,0	14,0	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2
II	<i>Zanthoxylum fagara</i>	0	19,1	19,1	19,7	19,7	19,8	19,8	20,4	20,4	20,7	20,7	20,7	20,7	20,7	20,7	20,7	20,7	20,7	20,7	20,7	20,7
II	<i>Zanthoxylum kleinii</i>	1	11,6	11,6	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	12,3	12,3	12,3	12,3	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4	12,6	12,6	12,6
II	<i>Zanthoxylum petiolare</i>	9	10,1	14,0	10,0	14,1	10,2	14,7	10,3	15,0	10,3	15,8	10,4	15,8	10,4	16,2	10,0	16,4	10,0	16,7	10,0	16,7
II	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	5	10,1	19,9	10,2	20,1	10,2	20,7	10,0	21,0	10,4	22,0	10,5	22,1	10,7	23,0	10,8	23,6	11,1	24,1	11,3	24,0
III	<i>Acacia bonariensis</i>	1	10,7	10,7	10,7	10,7	10,8	10,8	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,3	11,3	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7
III	<i>Acacia sellowiana</i>	5	10,4	16,6	10,5	16,6	10,0	17,2	10,0	17,2	10,0	16,9	10,1	16,9	10,0	16,7	10,0	16,3	10,0	16,3	10,0	16,3
III	<i>Allophylus edulis</i>	1	10,2	10,2	11,0	11,0	11,1	11,1	11,3	11,3	11,5	11,5	11,5	11,5	11,7	11,7	12,1	12,1	12,7	12,7	12,7	12,7
III	<i>Annona rugulosa</i>	3	10,0	11,8	10,0	12,1	10,1	12,3	10,1	12,5	10,1	12,7	10,0	12,7	10,0	12,8	10,0	13,0	10,0	13,1	10,0	13,1
III	<i>Araucaria angustifolia</i>	97	10,3	89,8	10,4	90,2	10,5	90,7	10,5	91,0	10,5	91,4	10,7	91,4	10,6	91,6	10,8	91,7	10,8	92,3	10,8	92,3
III	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	86	10,0	48,5	10,0	48,7	10,1	49,2	10,2	49,2	10,2	49,7	10,2	50,3	10,2	50,3	10,2	51,6	10,4	51,7	10,4	51,7
III	<i>Calyptanthes concinna</i>	1	10,4	10,4	10,4	10,4	10,8	10,8	10,8	10,8	11,1	11,1	11,5	11,5	11,5	11,5	11,8	12,2	12,6	12,6	12,6	12,6
III	<i>Campomanesia rhombea</i>	31	10,0	25,6	10,0	25,9	10,0	26,1	10,0	26,3	10,0	26,5	10,0	26,7	10,0	26,8	10,0	27,1	10,0	27,9	10,0	27,9
III	<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	4	13,4	23,0	13,5	23,2	13,6	23,4	13,8	23,4	14,0	23,6	14,1	23,7	14,1	23,8	14,2	23,9	14,7	24,3	14,7	24,3
III	<i>Casearia decandra</i>	38	10,0	17,7	10,0	18,0	10,0	18,5	10,0	18,5	10,0	18,5	10,0	18,5	10,0	18,5	10,0	18,5	10,0	18,6	10,0	18,6
III	<i>Cedrela fissilis</i>	1	16,2	16,2	16,6	16,6	16,7	16,7	16,9	17,0	17,0	17,0	17,2	17,2	17,4	17,4	17,4	17,4	17,7	17,7	17,7	17,7

Unidade	Espécie Nome científico	N/ha	DAP (cm)																			
			2000		2001		2002		2003		2004		2005		2006		2007		2008		2009	
			mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo
III	<i>Cinnamomum glaziovii</i>	2	15,1	29,7	15,3	30,2	10,9	31,0	11,0	31,4	11,5	31,8	11,5	32,5	11,5	32,6	11,8	32,9	12,4	33,5	12,8	34,3
III	<i>Citronella gongonha</i>	10	12,2	54,0	12,3	54,0	12,5	54,1	12,6	54,6	12,7	54,6	12,9	54,7	10,0	55,2	10,2	56,2	10,3	42,7	10,6	43,0
III	<i>Cryptocarya aschersoniana</i>	44	10,0	51,6	10,0	51,2	10,0	52,7	10,0	53,6	10,0	53,5	10,0	52,7	10,0	52,5	10,0	50,9	10,0	50,9	10,0	50,9
III	<i>Cupania vernalis</i>	16	10,0	25,1	10,1	25,6	10,0	26,6	10,2	27,0	10,3	27,2	10,0	27,5	10,0	28,2	10,1	28,6	10,3	29,0	10,5	29,3
III	<i>Dasyphyllum spinescens</i>	3	12,8	44,6	12,9	44,4	13,3	42,3	10,0	42,3	10,0	42,3	13,1	42,3	12,6	25,8	12,1	26,1	12,1	26,3	12,1	26,5
III	<i>Dicksonia sellowiana</i>	16	15,0	36,6	15,3	36,9	15,4	37,6	15,7	37,6	15,8	37,9	16,0	38,0	16,2	38,3	16,7	38,3	16,9	38,5	16,9	39,2
III	<i>Eugenia involucrata</i>	2	11,9	11,9	12,2	12,2	12,3	12,3	12,4	12,4	12,5	12,5	12,5	12,7	12,7	12,7	10,0	12,9	10,0	12,9	10,0	13,1
III	<i>Eugenia psidiflora</i>	2	10,6	15,3	10,6	15,5	10,0	15,7	10,8	15,8	11,0	16,0	11,1	16,1	11,3	16,2	11,5	16,2	11,6	16,3	11,7	16,3
III	<i>Eugenia uruguayensis</i>	6	12,8	23,3	13,0	23,5	13,1	23,6	13,2	23,7	13,3	23,9	13,4	23,9	13,5	24,0	13,5	24,1	13,6	24,2	13,7	24,3
III	<i>Ilex brevicuspis</i>	11	14,2	38,9	14,4	39,0	14,9	39,3	15,0	39,8	15,1	40,1	15,7	41,1	10,0	41,1	10,0	41,3	10,3	41,9	10,4	42,6
III	<i>Ilex paraguayensis</i>	44	10,0	33,7	10,0	33,9	10,0	34,1	10,0	34,3	10,0	34,4	10,0	34,5	10,0	34,5	10,0	34,5	10,0	34,6	10,1	34,7
III	<i>Inga vera</i>	3	10,5	16,1	10,6	16,3	10,8	16,5	11,0	17,0	11,5	17,0	11,5	17,2	12,0	17,7	12,1	18,0	12,1	18,0	12,3	18,1
III	<i>Lamanonia temata</i>	2	10,1	18,5	10,4	18,8	10,8	18,9	11,0	19,6	11,2	19,7	11,5	19,9	11,7	20,1	11,9	20,2	12,2	20,4	12,8	20,7
III	<i>Lithraea brasiliensis</i>	2	18,5	32,5	18,5	32,6	18,6	33,2	18,8	33,4	18,9	33,4	18,8	33,6	19,1	33,9	19,1	33,9	18,9	33,9	18,9	34,1
III	<i>Lonchocarpus campestris</i>	12	10,0	18,4	10,0	18,5	10,0	18,6	10,0	18,8	10,0	18,9	10,0	19,1	10,0	19,2	10,0	19,3	10,0	19,4	10,2	19,5
III	<i>Lonchocarpus nitidus</i>	2	20,4	20,4	20,5	20,5	20,9	20,9	21,0	21,0	21,2	21,2	21,3	21,3	21,3	21,3	21,5	21,5	21,9	21,9	22,1	22,1
III	<i>Matayba elaeagnoides</i>	57	10,0	42,8	10,0	43,0	10,0	43,1	10,0	43,3	10,0	43,4	10,0	43,6	10,0	43,6	10,0	43,6	10,0	43,7	10,2	43,8
III	<i>Maytenus evonymoides</i>	16	10,2	19,9	10,2	20,1	10,5	20,2	10,5	20,4	10,5	20,5	10,6	20,6	10,6	20,7	10,7	20,7	10,8	20,7	10,9	20,8
III	<i>Myrceugenia myrcioides</i>	0	10,0	20,6	10,0	20,7	10,0	20,8	10,0	20,9	10,0	21,0	10,0	21,0	10,0	21,0	10,0	21,0	10,0	21,3	10,0	21,3
III	<i>Myrceugenia cucullata</i>	12	10,0	10,3	10,2	10,6	10,2	10,8	10,2	10,9	10,2	11,5	10,3	11,6	10,2	11,7	11,4	12,0	11,8	12,4	12,3	13,0
III	<i>Myrceugenia miersiana</i>	2	10,2	10,2	10,3	10,3	10,3	10,3	10,5	10,5	11,0	11,0	11,0	11,0	10,4	10,4	10,2	10,2				
III	<i>Myrceugenia oxypala</i>	3	11,9	11,9	12,1	12,1	12,2	12,2	12,3	12,3	12,4	12,4	13,2	13,2	13,2	13,2	10,0	13,5	10,0	13,7	10,0	13,8
III	<i>Myrcianthes gigantea</i>	1	16,6	16,6	15,9	15,9	10,0	16,2	10,0	16,2	10,0	16,2	10,1	16,2	10,2	10,2	10,3	10,3	10,4	10,4	10,5	10,5
III	<i>Myrsine lorentziana</i>	1																			10,0	10,0
III	<i>Myrrhinium atropurpureum</i>	9	10,3	19,9	10,5	19,9	10,7	19,6	10,8	19,9	10,8	19,9	10,9	20,0	10,0	19,7	10,0	19,9	10,5	19,9	10,6	19,9

Unidade	Espécie Nome científico	N/ha	DAP (cm)																			
			2000		2001		2002		2003		2004		2005		2006		2007		2008		2009	
			mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo
III	<i>Myrsine coriacea</i>	4	10,3	22,6	10,4	22,6	10,8	24,4	10,9	24,4	11,3	25,1	11,5	25,5	10,0	25,5	10,0	25,8	10,0	25,8	10,0	26,0
III	<i>Myrsine laetevirens</i>	1																				
III	<i>Myrsine umbellata</i>	7	10,4	15,6	10,8	15,8	11,1	16,6	11,5	16,6	11,8	16,6	11,9	16,7	12,0	16,8	12,1	16,9	12,3	17,0	13,0	17,3
III	<i>Nectandra megapota mica</i>	37	10,0	33,2	10,0	33,6	10,0	34,1	10,0	34,2	10,0	35,0	10,0	35,3	10,0	35,3	10,1	35,5	10,1	36,0	10,2	36,8
III	<i>Ocotea puberula</i>	5	20,8	45,1	21,1	45,5	21,3	46,6	21,5	47,3	21,8	48,2	22,0	48,5	22,1	48,9	22,4	49,1	22,4	49,7	22,4	50,6
III	<i>Ocotea pulchella</i>	17	11,1	41,5	11,3	41,7	11,5	41,9	11,6	42,0	11,8	42,1	11,9	42,3	12,0	42,6	10,0	42,6	10,0	42,7	10,0	43,1
III	<i>Oreopanax fulvum</i>	1	13,5	13,5	13,7	13,7	13,9	13,9	14,1	14,1	14,3	14,3	14,5	14,5	14,6	14,6	14,7	14,7	14,8	14,8	15,0	15,0
III	<i>Pitramnia parvifolia</i>	1	11,0	11,0	11,2	11,2	10,0	11,4	10,0	11,4	10,0	11,4	10,0	11,4	10,0	11,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,1	10,1
III	<i>Roupala montana</i>	3	10,0	11,5	10,0	11,6	10,0	11,7	10,2	11,8	10,2	12,0	10,2	12,1	10,2	12,2	10,2	12,2	10,3	12,3	10,3	12,4
III	<i>Sapitum glandulosum</i>	2	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,2	10,1	10,3	10,2	10,3	10,2	10,3	10,2	10,4	10,2	10,7	10,5	11,1	10,7	11,7
III	<i>Scutia buxifolia</i>	2	20,4	20,4	20,5	20,5	20,6	20,6	20,7	20,7	20,7	20,7	20,7	20,7	20,7	20,8	20,8	20,8	21,0	21,0	21,6	21,6
III	<i>Sebastiania brasiliensis</i>	74	10,0	19,4	10,0	19,7	10,0	20,8	10,0	21,0	10,0	21,0	10,0	21,3	10,0	21,1	10,0	21,4	10,0	21,5	10,0	21,6
III	<i>Sebastiania commersoniana</i>	12	10,2	46,8	10,5	47,3	10,6	47,4	10,7	47,8	10,8	48,1	10,8	48,4	10,9	48,9	10,9	48,9	11,0	49,0	11,0	49,5
III	<i>Siphoneugena reitzii</i>	1	16,6	16,6	16,7	16,7	17,2	17,2	17,2	17,2	17,0	17,0	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,4	17,4	17,8	17,8
III	<i>Solanum pseudoquina</i>	3	10,0	20,1	10,2	20,4	11,0	20,8	11,0	20,8	11,3	20,8	11,5	20,8	11,6	20,7	10,0	13,4	10,0	13,8	10,5	14,3
III	<i>Solanum sandae-catharinae</i>	7	10,4	20,5	10,5	20,8	10,7	21,0	10,8	21,2	10,8	21,3	10,9	21,5	11,0	21,6	11,1	21,8	11,2	22,0	11,3	22,3
III	<i>Solanum pabstii</i>	1	11,1	13,6	11,1	13,6	12,1	13,5	12,1	13,5	10,8	13,5	11,9	13,5	11,3	11,3	12,3	12,3			10,0	10,0
III	<i>Stychnos brasiliensis</i>	1					10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,1	10,1	10,1	10,2	10,2
III	<i>Symplocos uniflora</i>	2	21,0	21,0	21,3	21,3	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5	21,6	21,6	21,7	21,7	21,7	21,7	21,9	21,9	22,0	22,0
III	<i>Vernonanthura discolor</i>	2	11,1	27,7	11,1	27,8	11,8	28,4	11,8	28,4	11,8	28,0	11,8	28,3	11,8	27,9	19,9	27,1	20,7	26,9	22,0	26,9
III	<i>Xylosma pseudosalzmanii</i>	8	10,5	19,8	10,7	20,1	10,7	20,3	10,8	20,5	11,0	20,7	11,1	20,8	11,3	21,0	11,3	21,1	11,3	21,2	11,5	21,4
III	<i>Xylosma tweediana</i>	3	11,7	14,3	11,8	14,5	10,0	14,6	10,0	14,8	10,0	15,0	10,0	15,1	10,0	15,2	10,0	15,3	10,0	15,4	10,0	15,6
IV	<i>Annona rugulosa</i>	1	11,5	12,2	11,6	12,3	11,6	12,4	11,6	12,4	11,6	12,6	11,6	12,9	11,7	12,9	11,8	12,9	11,8	13,0	11,9	13,1
IV	<i>Araucaria angustifolia</i>	132	10,0	143,2	10,0	143,5	10,0	143,6	10,0	143,7	10,0	143,9	10,0	144,6	10,2	145,3	10,2	145,4	10,3	148,7	10,0	148,8
IV	<i>Banara tomentosa</i>	1	13,4	13,4	13,6	13,6	13,6	13,6	13,7	13,7	13,7	13,7	14,0	14,0	14,1	14,1	14,2	14,2	14,3	14,3	15,1	15,1

Unidade	Espécie Nome científico	N/ha	DAP (cm)																			
			2000		2001		2002		2003		2004		2005		2006		2007		2008		2009	
			mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo
IV	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	43	10,0	57,1	10,0	57,4	10,0	57,7	10,2	57,8	10,0	57,8	10,0	58,3	10,0	59,7	10,1	60,2	10,2	60,4	10,0	61,3
IV	<i>Campomanesia rhombea</i>	29	10,0	31,2	10,0	31,4	10,0	31,6	10,5	32,0	10,0	32,3	10,0	32,4	10,0	32,5	10,0	32,5	10,0	32,6	10,1	32,9
IV	<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	21	10,0	33,1	10,0	33,4	10,0	34,2	10,8	34,7	10,0	35,0	10,8	35,0	10,8	35,6	10,8	36,0	10,8	36,0	10,0	36,4
IV	<i>Casearia decandra</i>	64	10,0	22,0	10,0	22,0	10,0	22,3	10,0	22,6	10,0	22,6	10,3	22,6	10,0	22,6	10,0	22,7	10,0	22,7	10,0	22,8
IV	<i>Casearia obliqua</i>	1	12,0	12,0	12,3	12,3	12,6	12,6	12,7	12,7	12,7	12,7	13,2	13,2	13,3	13,3	13,3	13,4	13,4	13,7	13,7	14,0
IV	<i>Cinnamomum glaziovii</i>	3	11,4	13,5	11,9	14,0	12,7	14,4	13,1	14,8	13,7	15,3	13,7	15,6	10,5	15,7	10,8	15,8	11,7	16,3	11,9	16,9
IV	<i>Citharexylum myrianthum</i>	0	13,3	13,3	13,4	13,4	13,8	13,8	13,8	13,8	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	13,9	13,9	13,9	13,9
IV	<i>Citronella gongonha</i>	7	10,8	33,4	10,9	33,8	11,0	34,3	11,0	34,4	11,1	34,6	11,2	34,7	11,3	34,9	11,4	35,1	11,4	36,0	11,5	36,0
IV	<i>Cryptocarya aschersoniana</i>	27	10,0	42,4	10,0	42,7	10,0	42,9	10,1	43,0	10,2	43,1	10,3	43,3	10,4	44,9	10,6	44,9	10,2	45,1	10,0	45,1
IV	<i>Dasyphyllum spinescens</i>	1	12,0	25,0	11,8	23,7	11,2	24,8	11,2	24,8	11,2	24,8	11,2	24,8	11,0	24,6	18,3	18,3	18,5	18,5	18,5	18,6
IV	<i>Dicksonia sellowiana</i>	1	16,6	16,6	16,7	16,7	16,8	16,8	16,9	16,9	17,0	17,0	17,1	17,1	17,2	17,2	17,3	17,3	17,5	17,5	18,0	18,0
IV	<i>Eugenia involucreta</i>	14	10,7	29,6	10,8	29,9	10,9	29,9	11,0	30,2	11,1	30,6	11,2	30,7	11,3	30,9	11,4	31,0	11,5	31,1	11,6	31,3
IV	<i>Eugenia psidiflora</i>	22	10,0	19,8	10,0	20,0	10,0	20,1	10,0	20,2	10,0	20,4	10,0	20,5	10,0	20,6	10,0	20,8	10,1	21,0	10,0	21,1
IV	<i>Eugenia subterminalis</i>	7	10,0	13,2	10,0	13,4	10,1	13,5	10,2	13,5	10,2	13,5	10,3	13,8	10,4	13,8	10,5	13,8	10,5	13,8	10,5	13,8
IV	<i>Eugenia uruguayensis</i>	25	10,0	28,1	10,0	28,3	10,0	28,5	10,7	29,0	10,0	29,0	11,0	29,1	11,0	30,0	11,0	30,0	11,1	31,5	10,0	31,7
IV	<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	2	14,5	15,1	14,9	15,3	15,2	15,5	15,4	15,7	15,5	15,8	15,6	15,9	15,7	16,1	15,9	16,9	16,0	17,2	16,4	17,7
IV	<i>Hennecartia omphalandra</i>	2	10,0	11,8	10,2	11,9	10,3	12,0	10,7	12,2	11,0	12,3	11,1	12,3	11,7	12,4	11,7	12,4	11,7	12,7	12,1	13,0
IV	<i>Ilex brevicaulis</i>	12	10,0	32,4	10,0	32,5	10,0	32,9	10,0	34,1	10,2	34,2	10,3	34,4	10,3	35,0	10,1	35,7	10,1	36,0	10,2	36,1
IV	<i>Ilex paraguayensis</i>	54	10,0	29,3	10,0	29,5	10,0	29,6	10,0	29,8	10,0	29,9	10,0	29,9	10,2	30,0	10,0	30,2	10,0	30,2	10,0	30,3
IV	<i>Inga vera</i>	26	10,0	30,6	10,0	30,8	10,0	30,9	10,1	31,4	10,0	31,5	10,0	31,7	10,0	31,8	10,0	32,3	10,1	32,4	10,0	32,5
IV	<i>Litorea brasiliensis</i>	9	10,0	43,1	10,0	43,3	10,1	43,5	10,1	43,5	10,2	43,3	10,2	41,4	10,2	41,8	10,3	42,0	10,3	42,1	10,4	42,3
IV	<i>Lonchocarpus nitidus</i>	4	10,2	17,4	10,4	17,7	10,6	17,7	10,8	18,8	10,8	18,9	10,8	19,1	10,9	19,3	11,0	19,4	11,0	19,6	11,1	20,1
IV	<i>Luehea divaricata</i>	21	10,0	60,8	10,0	60,9	10,0	61,1	10,2	61,5	10,0	61,8	10,3	62,1	10,4	62,4	10,0	62,5	10,0	62,7	10,0	62,8
IV	<i>Mateya eiteagnoides</i>	11	10,0	30,6	10,3	30,6	10,3	30,6	10,4	31,5	10,5	31,5	10,8	31,5	10,8	31,2	10,1	31,8	10,6	31,7	10,0	31,8
IV	<i>Myrcogenia cucullata</i>	5	10,0	18,5	10,2	18,5	10,2	18,7	10,3	18,7	10,3	18,8	10,3	18,9	10,6	19,1	10,0	19,1	10,2	19,1	10,3	19,2

Unidade	Espécie Nome científico	N/ha	DAP (cm)																										
			2000		2001		2002		2003		2004		2005		2006		2007		2008		2009								
			mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo							
IV	<i>Myrcogenia miersiana</i>	1	10,5	10,5	10,7	10,7	10,8	10,8	10,8	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,1	11,1	11,1	11,6	11,6	11,7	11,7	
IV	<i>Myrcianthes gigantea</i>	2	18,0	19,2	18,0	19,3	18,0	19,4	18,1	19,5	18,1	19,6	18,1	19,7	18,2	19,7	18,3	19,8	18,4	19,8	18,4	19,8	18,3	19,8	18,4	19,8	18,5	19,9	19,9
IV	<i>Myrcianthes pungens</i>	9	10,0	35,8	10,0	36,1	10,0	37,2	10,1	37,6	10,3	37,7	10,3	38,0	10,9	38,4	11,0	38,4	11,2	38,6	11,2	38,6	11,0	38,4	11,2	38,6	11,3	38,6	38,6
IV	<i>Myrciaria floribunda</i>	4	10,0	15,9	10,0	16,0	10,0	16,2	11,3	16,3	10,0	16,2	11,3	16,2	11,3	16,3	11,3	16,4	11,6	16,6	11,6	16,6	11,3	16,4	11,6	16,6	10,0	16,6	16,6
IV	<i>Myrrhinium atropurpureum</i>	6	10,0	25,3	10,0	25,5	10,0	25,5	12,5	26,1	10,0	26,1	12,8	26,2	10,0	26,3	10,1	26,5	10,2	26,6	10,2	26,6	10,1	26,5	10,2	26,6	10,2	26,7	26,7
IV	<i>Myrsine coriacea</i>	1	19,4	19,4	19,5	19,5	19,6	19,6	19,7	19,7	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	20,1	20,1
IV	<i>Myrsine umbellata</i>	5	12,7	25,6	13,1	25,7	13,3	25,9	13,5	26,0	13,7	26,1	13,2	26,3	14,2	26,4	14,5	26,5	14,6	26,4	14,6	26,4	14,5	26,5	14,6	26,4	15,0	26,6	26,6
IV	<i>Nectandra megapota mica</i>	30	10,0	37,8	10,0	38,1	10,0	38,8	11,8	39,3	10,0	39,7	10,0	40,4	10,0	40,6	10,0	40,6	10,0	41,7	10,0	41,7	10,0	40,6	10,0	41,7	10,0	41,8	41,8
IV	<i>Ocotea puberula</i>	46	11,0	48,2	11,3	49,0	11,6	49,7	11,8	50,6	11,9	50,8	12,1	51,9	12,1	53,0	12,4	53,9	12,8	54,6	12,8	54,6	12,4	53,9	12,8	54,6	12,9	55,4	55,4
IV	<i>Ocotea putchella</i>	12	10,4	64,6	10,2	64,8	10,5	66,5	10,5	66,5	10,5	66,7	10,5	66,8	12,7	67,5	16,7	68,7	16,9	68,8	17,1	69,3	16,7	68,7	16,9	68,8	17,1	69,3	69,3
IV	<i>Pilocarpus pennatifolius</i>	19	10,0	16,2	10,0	16,4	10,0	16,6	10,0	16,8	10,0	16,9	10,2	17,0	10,2	17,2	10,2	17,4	10,2	17,6	10,2	17,6	10,2	17,4	10,2	17,6	10,0	17,7	17,7
IV	<i>Podocarpus lambertii</i>	1	12,2	12,2	12,3	12,3	12,8	12,8	12,8	13,1	13,3	13,3	13,3	13,5	13,8	13,8	13,9	13,9	14,3	14,3	14,3	14,3	13,9	13,9	14,3	14,3	14,5	14,5	14,5
IV	<i>Prunus myrtifolia</i>	15	10,0	29,1	10,0	29,2	10,0	29,8	10,2	30,2	10,0	30,9	10,4	31,5	10,5	31,7	10,5	32,2	10,7	33,1	10,7	33,1	10,5	32,2	10,7	33,1	10,1	33,5	33,5
IV	<i>Roupala montana</i>	14	10,0	40,6	10,0	40,7	10,0	40,8	10,1	41,0	10,0	41,1	10,2	41,2	10,2	41,3	10,2	41,4	10,3	41,5	10,3	41,5	10,2	41,4	10,3	41,5	10,3	41,5	41,5
IV	<i>Sapium glandulosum</i>	28	10,4	36,1	10,2	36,1	10,0	36,0	12,1	36,3	12,2	36,4	12,3	36,6	12,3	36,9	12,4	37,7	12,4	38,2	12,4	38,2	12,4	37,7	12,4	38,2	12,4	38,5	38,5
IV	<i>Scutia buxifolia</i>	5	10,0	31,6	10,0	31,7	10,1	31,8	10,2	32,0	10,2	32,1	10,3	32,3	10,3	32,4	10,3	32,6	10,4	32,6	10,4	32,6	10,3	32,6	10,4	32,6	10,5	32,7	32,7
IV	<i>Sebastiania brasiliensis</i>	44	10,0	18,1	10,0	18,0	10,0	18,3	10,1	18,6	10,0	18,5	10,0	18,8	10,0	18,5	10,0	18,7	10,0	18,6	10,0	18,6	10,0	18,7	10,0	18,6	10,0	18,5	18,5
IV	<i>Sebastiania comersoniana</i>	11	11,4	60,7	11,7	60,8	12,2	61,1	12,4	61,1	12,6	61,3	12,7	61,4	12,9	61,6	13,0	61,8	13,1	61,9	13,1	61,9	13,0	61,8	13,1	61,9	13,2	62,1	62,1
IV	<i>Siphoneugena reitzii</i>	3	24,5	31,2	24,7	31,4	26,2	31,6	26,2	31,8	26,1	32,1	26,1	32,4	27,2	32,6	27,2	32,8	27,3	32,9	27,3	32,9	27,2	32,8	27,3	32,9	27,3	33,1	33,1
IV	<i>Solanum sanctae-catharinae</i>	4	10,0	22,3	10,0	22,3	10,0	22,3	11,7	22,6	10,0	22,9	11,9	22,9	10,0	22,6	10,1	22,3	10,0	22,3	10,0	22,3	10,1	22,3	10,0	22,3	10,0	12,4	12,4
IV	<i>Strychnos brasiliensis</i>	2	10,2	10,2	10,3	10,3	10,4	10,4	10,5	10,5	10,6	10,6	10,7	10,7	10,7	10,7	10,5	10,8	10,5	10,8	10,5	10,8	10,5	10,8	10,5	10,8	10,6	11,0	11,0
IV	<i>Vernonanthura discolor</i>	4	10,2	24,6	10,3	24,8	10,3	25,6	10,3	26,4	10,2	26,7	10,2	27,4	13,6	27,7	10,0	28,1	10,3	28,3	10,3	28,3	10,0	28,1	10,3	28,3	10,5	28,5	28,5
IV	<i>Xylosma pseudosalzmanii</i>	3	11,0	24,4	11,0	24,6	11,1	24,6	11,2	24,8	11,4	25,0	11,5	24,8	11,7	24,7	11,7	24,8	11,8	24,7	11,8	24,7	11,7	24,8	11,8	24,7	11,8	24,8	24,8
IV	<i>Xylosma tweediana</i>	2	13,4	18,5	13,6	18,7	13,7	19,0	13,9	19,1	14,0	19,1	14,1	19,4	14,2	19,6	14,2	19,7	14,3	19,7	14,3	19,7	14,2	19,7	14,3	19,7	14,5	19,9	19,9
IV	<i>Zanthoxylum fagara</i>	3	14,3	21,1	14,5	21,3	14,9	22,1	15,0	22,5	15,0	22,9	15,3	23,1	15,4	23,7	15,6	23,7	16,0	23,9	16,0	23,9	15,6	23,7	16,0	23,9	16,0	24,0	24,0

Unidade	Espécie Nome científico	N/ha	DAP (cm)																				
			2000		2001		2002		2003		2004		2005		2006		2007		2008		2009		
			mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	
IV	<i>Zanthoxylum kleinii</i>	1	17,0	17,0	17,2	17,2	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3
IV	<i>Zanthoxylum petiolare</i>	4	10,1	11,1	10,1	11,3	10,3	11,5	10,5	11,6	10,5	11,8	10,5	11,8	10,8	12,7	10,9	12,7	10,0	12,8	10,1	12,9	
IV	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	0	11,1	11,1	11,1	11,1	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5									
V	<i>Acacia bonariensis</i>	1	11,8	11,8	12,1	12,1	12,3	12,3	12,3	12,3	12,4	12,4	12,4	12,4	13,1	13,2	13,2	13,3	13,5	13,5	13,7	13,7	
V	<i>Acacia sellowiana</i>	2	13,3	17,3	12,5	16,8	11,1	17,0	11,1	17,3	11,3	17,2	11,3	17,2	11,3	17,3	17,4	17,5	14,4	17,6	14,8	17,8	
V	<i>Allophylus edulis</i>	1	10,1	10,1	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,5	10,5	10,5	10,5	10,6	10,7	10,7	10,8	11,0	11,0	11,1	11,1	
V	<i>Annona rugulosa</i>	15	10,0	14,0	10,0	14,1	10,0	14,3	10,0	14,4	10,0	14,5	10,0	14,5	10,0	14,6	10,0	14,7	10,0	14,9	10,0	15,1	
V	<i>Araucaria angustifolia</i>	171	10,0	89,7	10,0	89,9	10,0	90,1	10,0	90,3	10,0	90,6	10,0	90,6	10,0	92,3	10,0	92,3	10,0	92,3	10,0	93,0	
V	<i>Banana parviflora</i>	1	21,5	21,5	21,7	21,7	22,6	22,6	23,4	23,4	23,6	23,6	23,6	23,6	23,7	23,7	23,7	23,7	23,9	23,9	24,2	24,2	
V	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	28	10,0	21,5	10,0	21,8	10,0	22,7	10,0	23,1	10,0	24,2	10,0	24,2	10,0	25,8	10,0	26,3	10,0	27,3	10,1	28,6	
V	<i>Campomanesia rthorbea</i>	15	10,0	24,5	10,0	24,6	10,0	25,6	10,0	25,9	10,0	26,0	10,0	26,0	10,0	25,6	10,0	25,3	10,0	25,3	10,1	25,4	
V	<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	10	10,9	30,0	11,0	30,3	11,1	30,4	11,2	30,9	11,3	31,0	11,4	31,0	11,4	31,2	11,4	31,2	11,5	31,5	11,5	32,2	
V	<i>Casearia decandra</i>	76	10,0	21,1	10,0	21,3	10,0	21,6	10,0	22,3	10,0	22,7	10,0	22,7	10,0	23,1	10,0	23,2	10,0	23,7	10,0	24,0	
V	<i>Casearia obliqua</i>	4	12,2	14,5	12,3	14,7	10,0	15,2	10,1	15,2	10,2	15,3	10,9	15,3	10,9	15,9	11,3	16,1	11,6	16,5	12,2	17,2	
V	<i>Cestrum intermedium</i>	1	10,2	10,2	10,3	10,3	10,4	10,4	10,4	10,5	10,6	10,6	10,6	10,6	10,7	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	11,0	11,0	
V	<i>Cinnamomum glazovii</i>	34	10,0	32,8	10,0	33,3	10,0	34,2	10,0	34,5	10,0	34,7	10,0	34,7	10,0	35,4	10,0	35,9	10,0	36,3	10,6	36,6	
V	<i>Citharexylum myrianthum</i>	1	10,3	10,3	10,4	10,4	10,6	10,6	10,7	10,7	10,8	10,8	10,8	10,8	10,9	10,9	10,9	11,0	11,1	11,1	11,2	11,2	
V	<i>Cryptocarya aschersoniana</i>	4	10,3	16,0	10,5	16,5	11,3	16,7	11,3	17,0	11,8	17,7	11,8	17,7	11,8	18,0	11,9	18,2	12,1	18,8	12,2	19,3	
V	<i>Cupania vernalis</i>	10	10,3	14,2	10,0	14,4	10,0	14,8	10,0	15,0	10,0	15,0	10,0	15,0	10,0	15,0	10,0	15,1	10,0	15,5	10,0	15,6	
V	<i>Dasyphyllum spinescens</i>	25	10,2	33,6	10,3	33,3	10,8	33,9	10,8	35,2	10,5	34,5	10,8	34,5	10,8	30,1	10,7	30,1	10,0	30,2	10,0	30,4	
V	<i>Dicksonia sellowiana</i>	7	13,6	35,0	13,7	35,2	13,8	35,5	13,9	35,7	14,0	35,8	14,1	36,0	14,3	36,1	14,3	36,3	14,3	36,4	14,4	36,4	
V	<i>Eugenia involucrata</i>	5	11,5	15,9	11,6	16,1	12,0	16,6	12,0	16,9	12,0	17,0	12,1	17,1	12,1	17,3	12,1	17,4	12,1	17,5	12,1	17,6	
V	<i>Eugenia psidiiflora</i>	1	12,1	12,1	12,2	12,2	12,4	12,4	12,4	12,6	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,2	13,2	13,4	13,5	13,5	13,6	13,6	
V	<i>Eugenia uruguayensis</i>	4	10,7	11,7	10,9	11,9	11,1	12,2	11,4	12,3	11,5	12,5	11,6	12,6	11,7	12,7	11,7	12,8	11,7	12,9	11,9	13,1	
V	<i>Gordonia acutifolia</i>	0					10,2	10,2	10,7	10,7	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4	

Unidade	Espécie Nome científico	N/ha	DAP (cm)																				
			2000		2001		2002		2003		2004		2005		2006		2007		2008		2009		
			mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	
V	<i>Guapira opposita</i>	0	11,5	11,5	11,8	11,8	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	
V	<i>Hennecartia omphalandra</i>	2	14,4	14,4	14,6	14,6	14,9	14,9	14,9	15,9	15,9	16,2	16,2	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6
V	<i>Ilex brevicuspis</i>	19	10,0	46,6	10,0	47,6	10,0	48,1	10,0	48,2	10,0	48,2	10,0	48,7	10,0	49,5	10,0	49,5	10,0	49,5	10,0	49,5	10,0
V	<i>Ilex dumosa</i>	1	29,7	29,7	30,6	30,6	30,9	30,9	31,5	31,5	32,1	32,1	33,1	33,1	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6
V	<i>Ilex paraguariensis</i>	56	10,0	28,9	10,0	29,2	10,0	29,9	10,0	30,1	10,0	30,4	10,0	31,0	10,0	32,0	10,0	32,0	10,0	32,0	10,0	32,0	10,0
V	<i>Inga vera</i>	33	10,0	30,7	10,0	30,9	10,0	31,3	10,0	31,5	10,0	31,8	10,0	32,2	10,0	32,8	10,0	33,7	10,0	34,0	10,0	34,5	10,0
V	<i>Lamanonia temata</i>	12	10,0	22,2	10,0	22,8	10,0	23,6	10,0	23,9	10,0	24,5	10,0	25,3	10,0	25,5	10,0	25,6	10,0	26,1	10,0	26,9	10,0
V	<i>Lonchocarpus campestris</i>	57	10,0	34,4	10,0	34,4	10,0	34,5	10,0	34,6	10,0	34,7	10,0	34,7	10,0	34,7	10,0	34,7	10,0	34,8	10,0	35,0	10,0
V	<i>Luehea divaricata</i>	1					10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
V	<i>Machaerium paraguariense</i>	5	12,7	22,3	12,9	22,4	13,1	22,6	13,2	22,8	13,4	22,9	13,6	23,1	13,8	23,5	14,0	23,6	14,5	23,7	14,5	23,7	14,5
V	<i>Matayba elaeagnoides</i>	42	10,0	19,3	10,0	19,4	10,0	20,2	10,0	20,4	10,0	21,3	10,0	21,8	10,0	22,9	10,0	23,9	10,0	24,4	10,0	24,9	10,0
V	<i>Maytenus evonymoides</i>	15	10,0	17,6	10,0	18,4	10,0	18,9	10,0	19,4	10,0	20,3	10,0	20,5	10,0	20,9	10,0	21,5	10,0	22,0	10,0	22,5	10,0
V	<i>Myrcogenia cucullata</i>	17	10,0	18,7	10,0	18,7	10,0	18,7	10,0	18,7	10,0	18,8	10,0	19,4	10,0	19,4	10,0	19,4	10,0	19,1	10,0	19,2	10,0
V	<i>Myrcogenia miersiana</i>	1	10,0	10,0	10,0	10,0	10,2	10,2	10,2	10,2	10,4	10,4	10,5	10,5	10,5	10,7	10,7	10,8	10,9	10,9	10,9	11,0	10,0
V	<i>Myrcogenia myrcioides</i>	1	17,8	17,8	18,0	18,0	18,0	18,0	18,2	18,2	18,4	18,4	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,6	18,6	18,6	18,6	18,7	18,7
V	<i>Myrsine umbellata</i>	5	10,0	16,7	10,0	17,0	10,0	17,3	10,0	17,5	10,0	17,7	10,0	17,8	10,0	15,3	10,0	15,3	10,0	15,4	10,0	15,5	10,0
V	<i>Nectandra megapotamica</i>	32	10,9	52,2	10,1	52,5	10,0	53,0	10,0	54,1	10,0	58,4	10,1	59,1	10,2	60,4	10,2	60,5	10,5	61,1	10,8	61,7	10,0
V	<i>Ocotea puberula</i>	24	11,1	69,7	11,3	70,0	11,2	71,0	11,2	71,3	11,1	72,1	11,1	72,6	12,1	73,3	12,0	73,5	11,9	73,8	12,0	74,2	10,0
V	<i>Ocotea pulchella</i>	8	11,3	33,2	11,5	33,2	10,0	34,7	10,0	34,7	10,0	34,9	10,1	35,0	10,2	35,3	10,2	35,3	10,2	35,4	10,2	35,7	10,0
V	<i>Oreopanax fulvum</i>	1	11,2	11,2	11,4	11,4	11,5	11,5	11,5	11,8	11,8	11,8	11,9	11,9	11,9	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
V	<i>Pilocarpus pennatifolius</i>	2	10,8	13,3	10,9	12,8	11,1	12,9	11,5	13,2	11,8	13,4	12,0	13,6	10,0	13,7	10,0	13,8	12,2	14,0	12,4	14,2	10,0
V	<i>Podocarpus lambertii</i>	6	11,8	77,9	11,9	78,3	12,2	78,5	12,3	78,7	12,6	79,0	12,9	79,3	13,0	79,5	13,1	79,6	13,2	79,8	13,2	79,9	10,0
V	<i>Prunus myrtifolia</i>	4	12,8	16,0	13,1	16,3	10,0	16,7	10,0	16,9	10,0	17,1	10,0	17,3	10,0	18,1	10,0	18,2	10,3	18,4	10,7	18,5	10,0
V	<i>Sapium glandulosum</i>	4	11,5	22,9	11,6	22,9	11,8	23,6	12,0	24,2	12,1	24,5	12,1	24,7	12,3	24,7	12,3	25,1	12,3	25,4	12,5	26,1	10,0
V	<i>Scutia buxifolia</i>	26	10,7	36,0	10,0	36,2	10,0	36,6	10,0	37,1	10,0	37,8	10,0	38,5	10,0	38,5	10,0	38,5	10,0	38,7	10,0	38,9	10,0

(conclusão)

Unidade	Espécie Nome científico	N/ha	DAP (cm)																					
			2000		2001		2002		2003		2004		2005		2006		2007		2008		2009			
			mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo		
V	<i>Sebastiania brasiliensis</i>	24	10,0	17,2	10,0	16,9	10,0	17,0	10,0	17,1	10,0	17,3	10,1	17,3	10,0	17,3	10,0	17,3	10,0	17,4	10,0	17,5	10,0	17,6
V	<i>Sloanea monosperma</i>	1	10,3	16,9	10,5	16,2	10,7	18,1	11,0	19,7	11,0	20,4	11,3	17,3	11,3	15,6	11,5	15,8	11,7	15,9	11,9	16,3	10,5	10,5
V	<i>Solanum pabstii</i>	5	10,3	16,9	10,5	16,2	10,7	18,1	11,0	19,7	11,0	20,4	11,3	17,3	11,3	15,6	11,5	15,8	11,7	15,9	11,9	16,3	10,5	10,5
V	<i>Solanum pseudoquina</i>	0	11,3	11,3	10,7	11,4	11,5	22,9	11,5	22,9	11,3	22,6	11,3	22,6	11,3	22,6	11,3	22,6	11,3	22,6	11,3	22,6	11,3	22,6
V	<i>Solanum sanctae-catharinae</i>	3	10,2	14,3	10,3	14,4	10,3	14,8	10,4	15,1	10,4	15,0	10,5	15,0	10,5	14,6	10,5	14,6	10,5	14,6	10,5	14,6	10,5	14,7
V	<i>Strychnos brasiliensis</i>	0	15,0	15,0	14,7	14,7	15,5	15,5	15,5	15,5	15,0	15,0	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3
V	<i>Xylocma pseudosalzmannii</i>	13	10,0	16,7	10,0	17,5	10,0	18,3	10,0	18,3	10,0	18,4	10,0	18,5	10,0	19,3	10,0	19,3	10,0	19,4	10,0	19,4	10,0	19,5
V	<i>Xylocma tweediana</i>	1	14,0	14,0	14,2	14,2	14,4	14,4	14,6	14,6	14,8	14,8	15,0	15,0	15,0	15,0	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,3	15,4	15,4
V	<i>Zanthoxylum fagara</i>	1	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,6	18,6	18,6	18,6	18,7	18,7	18,7	18,7	18,8	18,8	18,8	18,8	19,2	19,2
V	<i>Zanthoxylum petiolare</i>	1	11,1	11,1	11,2	11,2	11,5	11,5	11,7	11,7	11,8	11,8	12,0	12,0	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,4	12,4	12,4
V	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	5	10,2	23,2	10,2	23,5	10,6	24,4	10,8	24,4	11,0	24,4	11,1	25,0	11,1	25,0	11,2	24,8	11,2	25,1	11,2	25,1	11,2	25,9

FONTE: dados do PELD organizados pelo autor (2017).

**APÊNDICE C – CÁLCULO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL PELO
MÉTODO DE THORNTHWAITE, PARA OS ANOS DE 2000 A 2009, NA FLONA DE
SÃO FRANCISCO DE PAULA, RS.**

Ano 2000							
Meses	Ti (°C)	Pp (mm)	Insolação (h/mês)	I	ETP (mm)	F _{Ctab}	ETP (F _{Ctab})
Janeiro	19,9	163,9	171,7	8,12	86,24	1,19	102,62
Fevereiro	19,4	182,3	164,0	7,79	82,52	1,02	84,17
Março	18,0	117,3	175,0	6,96	73,44	1,06	77,85
Abril	16,6	102,7	172,5	6,17	64,84	0,95	61,59
Mai	12,0	68,5	148,8	3,76	38,75	0,93	36,03
Junho	13,2	144,2	102,2	4,37	45,31	0,86	38,97
Julho	8,3	140,6	179,9	2,17	21,88	0,91	19,91
Agosto	12,1	119,5	180,6	3,81	39,30	0,97	38,12
Setembro	13,4	222,1	162,1	4,43	45,93	1,00	45,93
Outubro	16,9	240,4	160,7	6,33	66,57	1,11	73,90
Novembro	17,6	102,4	199,8	6,69	70,53	1,13	79,69
Dezembro	19,2	140,4	192,7	7,68	81,34	1,20	97,61
Média ou Total	15,6	1744,3	167,5	68,27	716,64		756,39

Ti: temperatura média mensal (°C); Pp: precipitação (mm); I: índice de calor mensal; ETP: evapotranspiração potencial calculada (mm); F_{Ctab}: fator de correção tabelado (RIZZI, 2013b).

Ano 2001							
Meses	Ti (°C)	Pp (mm)	Insolação (h/mês)	I	ETP (mm)	F _{Ctab}	ETP (F _{Ctab})
Janeiro	19,93	141,8	202,62	8,11	84,86	1,19	100,98
Fevereiro	19,70	146,1	170,22	7,97	83,26	1,02	84,93
Março	19,46	113,9	200,70	7,82	81,59	1,06	86,48
Abril	16,66	106,8	176,99	6,18	63,44	0,95	60,26
Mai	12,68	114,7	150,93	4,09	40,76	0,93	37,91
Junho	12,38	124,2	113,54	3,95	39,20	0,86	33,71
Julho	11,09	141,4	156,34	3,34	32,78	0,91	29,83
Agosto	13,04	119,3	181,07	4,27	42,65	0,97	41,37
Setembro	13,36	76,1	152,49	4,43	44,38	1,00	44,38
Outubro	17,27	205,5	159,56	6,53	67,24	1,11	74,64
Novembro	18,57	193,6	190,57	7,29	75,68	1,13	85,52
Dezembro	18,52	91,2	205,83	7,26	75,31	1,20	90,37
Média ou Total	16,06	1574,62	171,74	71,25	731,14		770,38

Ti: temperatura média mensal (°C); Pp: precipitação (mm); I: índice de calor mensal; ETP: evapotranspiração potencial calculada (mm); F_{Ctab}: fator de correção tabelado (RIZZI, 2013b).

Ano 2002							
Meses	Ti (°C)	Pp (mm)	Insolação (h/mês)	I	ETP (mm)	F _{Ctab}	ETP (F _{Ctab})
Janeiro	19,58	178,7	193,30	7,90	81,30	1,19	96,74
Fevereiro	18,68	137,9	207,30	7,36	75,17	1,02	76,68
Março	21,65	103,4	194,30	9,20	96,11	1,06	101,87
Abril	17,88	127,4	134,20	6,89	69,88	0,95	66,39
Mai	14,82	109,5	136,70	5,18	51,12	0,93	47,54
Junho	12,34	263,8	88,40	3,92	37,64	0,86	32,37
Julho	11,45	137,9	125,20	3,51	33,23	0,91	30,24
Agosto	14,30	158,2	138,80	4,91	48,16	0,97	46,72
Setembro	11,99	172,9	163,70	3,76	35,88	1,00	35,88
Outubro	17,40	278,1	122,40	6,61	66,79	1,11	74,14
Novembro	18,04	174,3	162,10	6,98	70,90	1,13	80,12
Dezembro	19,17	180,9	166,00	7,65	78,48	1,20	94,18
Média ou Total	16,44	2023,0	152,70	73,85	744,66		782,86

Ti: temperatura média mensal (°C); Pp: precipitação (mm); I: índice de calor mensal; ETP: evapotranspiração potencial calculada (mm); F_{Ctab}: fator de correção tabelado (RIZZI, 2013b).

Ano 2003							
Meses	Ti (°C)	Pp (mm)	Insolação (h/mês)	I	ETP (mm)	F _{Ctab}	ETP (F _{Ctab})
Janeiro	20,00	130,5	220,50	8,16	85,58	1,19	101,84
Fevereiro	21,38	213,3	185,20	9,03	95,29	1,02	97,20
Março	19,35	84,9	201,40	7,76	81,09	1,06	85,96
Abril	16,14	128,3	190,10	5,89	60,51	0,95	57,48
Mai	12,64	76,7	175,10	4,07	40,81	0,93	37,95
Junho	13,58	126,6	102,19	4,54	45,79	0,86	39,38
Julho	12,58	104,0	133,60	4,04	40,51	0,91	36,87
Agosto	10,83	46,2	200,90	3,22	31,81	0,97	30,86
Setembro	14,05	63,5	172,10	4,78	48,41	1,00	48,41
Outubro	16,36	191,3	202,40	6,02	61,88	1,11	68,69
Novembro	17,09	149,7	206,00	6,43	66,37	1,13	75,00
Dezembro	17,75	316,4	181,50	6,81	70,54	1,20	84,65
Média ou Total	15,98	1631,40	180,92	70,75	728,59		764,27

Ti: temperatura média mensal (°C); Pp: precipitação (mm); I: índice de calor mensal; ETP: evapotranspiração potencial calculada (mm); F_{Ctab}: fator de correção tabelado (RIZZI, 2013b).

Ano 2004							
Meses	Ti (°C)	Pp (mm)	Insolação (h/mês)	I	ETP (mm)	F _{Ctab}	ETP (F _{Ctab})
Janeiro	19,40	124,2	212,10	7,79	82,78	1,19	98,51
Fevereiro	18,38	52,5	221,30	7,18	76,11	1,02	77,64
Março	18,07	114,4	226,80	7,00	74,12	1,06	78,56
Abril	17,66	92,8	192,20	6,76	71,51	0,95	67,94
Maio	11,17	137,3	125,60	3,38	34,95	0,93	32,50
Junho	12,85	31,3	146,00	4,18	43,52	0,86	37,43
Julho	10,26	129,2	147,90	2,97	30,59	0,91	27,84
Agosto	13,12	34,0	207,80	4,31	44,92	0,97	43,57
Setembro	15,92	213,2	127,70	5,78	60,81	1,00	60,81
Outubro	14,86	126,2	234,30	5,20	54,58	1,11	60,59
Novembro	16,58	115,6	198,10	6,14	64,79	1,13	73,21
Dezembro	18,19	127,4	205,30	7,07	74,88	1,20	89,86
Média ou Total	15,54	1298,10	187,09	67,73	713,58		748,46

Ti: temperatura média mensal (°C); Pp: precipitação (mm); I: índice de calor mensal; ETP: evapotranspiração potencial calculada (mm); F_{Ctab}: fator de correção tabelado (RIZZI, 2013b).

Ano 2005							
Meses	Ti (°C)	Pp (mm)	Insolação (h/mês)	I	ETP (mm)	F _{Ctab}	ETP (F _{Ctab})
Janeiro	20,94	74,0	241,70	8,75	91,86	1,19	109,31
Fevereiro	19,86	80,2	131,80	8,07	84,24	1,02	85,92
Março	19,40	139,7	228,50	7,79	81,12	1,06	85,99
Abril	16,43	173,6	130,50	6,06	61,94	0,95	58,84
Maio	14,74	178,6	170,10	5,14	51,91	0,93	48,28
Junho	14,22	143,6	109,30	4,87	48,97	0,86	42,11
Julho	10,60	112,4	167,90	3,12	30,35	0,91	27,62
Agosto	14,34	154,9	172,60	4,93	49,64	0,97	48,15
Setembro	10,98	174,8	111,30	3,29	32,15	1,00	32,15
Outubro	15,77	313,2	148,30	5,69	57,91	1,11	64,28
Novembro	17,54	97,9	231,70	6,69	68,88	1,13	77,84
Dezembro	18,22	65,8	223,60	7,08	73,23	1,20	87,87
Média ou Total	16,09	1708,70	172,28	71,47	732,21		768,38

Ti: temperatura média mensal (°C); Pp: precipitação (mm); I: índice de calor mensal; ETP: evapotranspiração potencial calculada (mm); F_{Ctab}: fator de correção tabelado (RIZZI, 2013b).

Ano 2006							
Meses	Ti (°C)	Pp (mm)	Insolação (h/mês)	I	ETP (mm)	F _{C_{tab}}	ETP (F _{C_{tab}})
Janeiro	21,11	152,7	208,60	8,85	92,64	1,19	110,24
Fevereiro	20,07	98,0	141,80	8,20	85,20	1,02	86,90
Março	19,25	78,0	189,90	7,70	79,52	1,06	84,30
Abril	15,53	54,9	214,00	5,56	55,86	0,95	53,07
Maio	11,16	22,8	154,30	3,37	32,44	0,93	30,17
Junho	12,60	125,1	118,70	4,05	39,60	0,86	34,06
Julho	13,52	192,1	159,60	4,51	44,46	0,91	40,46
Agosto	13,43	104,4	196,90	4,47	44,00	0,97	42,68
Setembro	12,90	76,6	170,80	4,20	41,17	1,00	41,17
Outubro	17,42	42,3	190,30	6,62	67,48	1,11	74,90
Novembro	16,91	170,7	192,20	6,32	64,24	1,13	72,59
Dezembro	21,06	159,4	249,30	8,82	92,25	1,20	110,70
Média ou Total	16,25	1277,00	182,20	72,67	738,86		781,23

Ti: temperatura média mensal (°C); Pp: precipitação (mm); I: índice de calor mensal; ETP: evapotranspiração potencial calculada (mm); F_{C_{tab}}: fator de correção tabelado (RIZZI, 2013b).

Ano 2007							
Meses	Ti (°C)	Pp (mm)	Insolação (h/mês)	I	ETP (mm)	F _{C_{tab}}	ETP (F _{C_{tab}})
Janeiro	20,61	156,00	190,00	8,54	89,00	1,19	105,91
Fevereiro	20,04	267,50	166,30	8,18	84,98	1,02	86,68
Março	21,21	156,80	192,80	8,91	93,29	1,06	98,89
Abril	17,68	158,10	179,10	6,76	69,10	0,95	65,64
Maio	11,21	227,00	123,40	3,39	32,63	0,93	30,34
Junho	12,74	68,30	95,00	4,12	40,29	0,86	34,65
Julho	9,61	267,60	168,90	2,69	25,31	0,91	23,03
Agosto	12,26	119,20	159,30	3,89	37,84	0,97	36,70
Setembro	15,99	252,80	172,50	5,81	58,61	1,00	58,61
Outubro	17,37	139,00	110,90	6,59	67,12	1,11	74,51
Novembro	16,11	209,90	230,80	5,88	59,32	1,13	67,03
Dezembro	19,67	149,70	227,10	7,96	82,43	1,20	98,92
Média ou Total	16,21	2171,90	168,01	72,73	739,91		780,91

Ti: temperatura média mensal (°C); Pp: precipitação (mm); I: índice de calor mensal; ETP: evapotranspiração potencial calculada (mm); F_{C_{tab}}: fator de correção tabelado (RIZZI, 2013b).

Ano 2008							
Meses	Ti (°C)	Pp (mm)	Insolação (h/mês)	I	ETP (mm)	F _{Ctab}	ETP (F _{Ctab})
Janeiro	19,14	102,30	202,50	7,63	81,40	1,19	96,86
Fevereiro	19,05	155,70	178,90	7,58	80,79	1,02	82,41
Março	18,77	156,70	204,50	7,41	78,99	1,06	83,73
Abril	15,23	107,40	178,40	5,40	57,09	0,95	54,23
Mai	12,64	102,50	184,50	4,07	42,80	0,93	39,81
Junho	10,01	126,40	120,00	2,86	29,82	0,86	25,64
Julho	14,03	45,30	182,10	4,77	50,29	0,91	45,76
Agosto	13,40	109,30	187,70	4,45	46,86	0,97	45,46
Setembro	11,72	152,90	167,00	3,63	38,06	1,00	38,06
Outubro	15,41	308,10	115,10	5,50	58,18	1,11	64,58
Novembro	17,18	143,70	160,80	6,48	68,84	1,13	77,79
Dezembro	18,48	112,70	216,40	7,24	77,09	1,20	92,51
Média ou Total	15,42	1623,00	174,83	67,02	710,21		746,84

Ti: temperatura média mensal (°C); Pp: precipitação (mm); I: índice de calor mensal; ETP: evapotranspiração potencial calculada (mm); F_{Ctab}: fator de correção tabelado (RIZZI, 2013b).

Ano 2009							
Meses	Ti (°C)	Pp (mm)	Insolação (h/mês)	I	ETP (mm)	F _{Ctab}	ETP (F _{Ctab})
Janeiro	18,65	193,50	183,20	7,34	76,09	1,19	90,55
Fevereiro	20,44	127,70	135,40	8,43	88,32	1,02	90,09
Março	19,39	73,50	193,10	7,78	81,06	1,06	85,93
Abril	16,75	15,90	201,90	6,24	63,89	0,95	60,69
Mai	13,76	109,50	139,90	4,63	46,41	0,93	43,16
Junho	9,84	88,90	140,10	2,79	26,90	0,86	23,14
Julho	9,42	143,80	142,00	2,61	25,05	0,91	22,79
Agosto	13,58	228,10	185,00	4,54	45,42	0,97	44,06
Setembro	13,37	528,80	125,20	4,43	44,26	1,00	44,26
Outubro	15,92	127,30	151,60	5,77	58,83	1,11	65,30
Novembro	20,75	260,80	133,60	8,62	90,48	1,13	102,24
Dezembro	20,22	147,80	190,60	8,29	86,75	1,20	104,10
Média ou Total	16,01	2045,60	160,13	71,48	733,46		776,30

Ti: temperatura média mensal (°C); Pp: precipitação (mm); I: índice de calor mensal; ETP: evapotranspiração potencial calculada (mm); F_{Ctab}: fator de correção tabelado (RIZZI, 2013b).