

UFSM

Tese de Doutorado

**VEGETAÇÃO E MECANISMOS DE REGENERAÇÃO EM
FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL
RIPÁRIA, CACHOEIRA DO SUL, RS, BRASIL**

Maristela Machado Araujo

PPGEF

Santa Maria, RS, Brasil

2002

**VEGETAÇÃO E MECANISMOS DE REGENERAÇÃO EM
FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL
RIPÁRIA, CACHOEIRA DO SUL, RS, BRASIL**

por

Maristela Machado Araujo

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Florestal, Área de Concentração em Silvicultura, da
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como
requisito parcial para o grau de
Doutora em Engenharia Florestal

PPGEF

Santa Maria, RS, Brasil

2002

Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciência Rurais
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Tese de Doutorado

**VEGETAÇÃO E MECANISMOS DE REGENERAÇÃO EM
FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL
RIPÁRIA, CACHOEIRA DO SUL, RS, BRASIL**

elaborada por
Maristela Machado Araújo

como requisito parcial para obtenção do grau de
Doutora em Engenharia Florestal

COMISSÃO EXAMINADORA:

Solon Jonas Longhi, Prof. Dr.
(Presidente/Orientador)

João Olegário Pereira de Carvalho, PhD.

Paulo Luis Contente de Barros, Prof. Dr.

Miguel Antão Durlo, Prof. Dr.

Doadi Antônio Brena, Prof. Dr.

Santa Maria, 04 de novembro de 2002

*Dedico aos meus pais Antônio Guido e Beatriz, e ao querido Ghendy Jr.
que acreditaram e apoiaram a elaboração deste trabalho*

AGRADECIMENTOS

Meu maior medo é esquecer de agradecer alguém que em algum momento do trabalho foi importante, pois não é fácil desenvolver uma tese sem a participação de muitos amigos, principalmente nas atuais conjunturas. Mas vamos lá...

No Rio Grande do Sul...

Agradeço ao meu orientador Prof. Solon Jonas Longhi, pelas inúmeras vezes que me apoiou; e pela tranqüilidade e paz que me transmitiu para trabalhar. Ao meu co-orientador Doadi Antônio Brena pelo apoio e disponibilidade para me atender sempre que precisei.

Aos professores do Departamento de Engenharia Florestal da UFSM, em especial a professora Maísa Pimentel Martins Corder, pelo material de pesquisa concedido e estrutura laboratorial, durante dois anos de estudo. Aos professores Mauro Valdir Schumacher, Lindolfo Storck, Gelson pelas orientações e Juarez Martins Hoppe, pela concessão do laboratório para preparo do material. À professora Maristela Burger pela revisão do Português.

Ao botânico Marco Sobral da UFRGS e professores Renato Aquino Zackia e Sérgio Machado pelo auxílio na identificação de espécies.

À Cerâmica Kipper, Cachoeira do Sul, pela concessão da área de estudo. Aos Srs. Antônio Wilson, Antônio Kipper e Sr. Moraes.

Aos amigos Suzane B. Marcuzzo, André Terra Nascimento, Adriano Minello, Thales Rodrigues, Julio Wojciechowski, Fernanda Pozzera, Dayane e Marion pelo apoio no estudo da vegetação e outras ocasiões. Ao Silvio Franco, no estudo topográfico da área.

Ao Sr. Finamor e Medianeira do laboratório de Química de Solos. Aos Srs. Hélio e Jorge do viveiro florestal da UFSM.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, secretárias Lílian e Tita e aos colegas destacando o Luis Fernando Alberti, que foi amigos de todos, sempre compartilhando o material bibliográfico. Ao biólogo Ricardo Kilka.

Aos amigos Claudia Renata, Sarinha, Fábio e Silvia Kurtz, Rita, Cris, Veronilda.

A amiga Angelise Mendes, agradeço pelo imenso apoio em diversas ocasiões.

A minha família que dispensou todo o apoio nos vários momentos que precisei: Ghendy Jr., Guido e Bia, Igor, vó Alda, Jôse, Marieli, Maristênia, José Cândido, José Carlos, Alessandra, Roberto, Daniela, Cássio. Ao Luciano Figueiró pelo apoio e constantes incentivos.

Ao Sr. Ghendy e Vera Cardoso, pelo incentivo.

Ao Secretário da STAS (Secretaria do Trabalho e Ação Social) em Cachoeira do Sul (1999) Fernando Godoi.

No Pará...

Ao meu co-orientador Prof. Paulo Luis Contente de Barros, ao professores Francisco de Assis Oliveira e Daniel Zarin e a Aliete V. de Barros pelas orientações, amizade e incentivo.

Ao Dr. João Olegário Carvalho, que sempre esteve disposto a me orientar e discutir comigo.

Ao pessoal da Fundação de Amparo e Desenvolvimento da Pesquisa (FADESP), destacando Adejard Gaia, pelo profissionalismo e amizade.

Aos meus queridos amigos que me deram tanto apoio Wilson Oliveira, Marcela Gomes, Hortência Osaqui, Lívia e Steel Vasconcelos, Joanna Tucker, Roberta Pantoja, Elisângela Santos, Beatriz Rosa, Débora Veiga, Raimundinho.

Em Brasília...

Agradeço a Beatriz Schwantes Marimon e ao professor Paulo Ernane N. da Silva da Universidade de Brasília, pela ajuda com a análise dos dados.

Enfim, agradeço a todos aqueles que me apoiaram de alguma forma...

SUMÁRIO

Lista de Tabelas	i
Lista de Figuras	iii
Resumo	vii
Abstract	ix
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Justificativa	2
1.2 Objetivos	3
1.3 Hipótese de Trabalho	3
1.4 Estrutura de Apresentação dos Resultados	4
2 REVISÃO DA LITERATURA	6
2.1 Floresta Estacional Decidual	6
2.2 Floresta ripária	8
2.2.1 Importância das florestas ripárias e legislação	9
2.2.2 Situação das florestas ripárias	11
2.2.3 Complexidade dos ecossistemas ripários	13
2.3 Análise de agrupamentos em comunidades vegetais	15
2.4 Classificação da vegetação por análise de espécies diferenciais	18
2.5 Hierarquização das espécies e análise de comunidades	21
2.6 Mecanismos ou fases da regeneração	23
3 MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1 Área de estudo	29
3.1.1 Localização	29
3.1.2 Caracterização geral da área	31
3.1.3 Caracterização do fragmento	34
3.2 Métodos	37
3.2.1 Estudo da vegetação	37

3.2.1.1	<i>Amostragem</i>	37
3.2.1.2	<i>Análise de Cluster</i>	40
3.2.1.3	<i>Análise fitossociológica dos agrupamentos</i>	42
3.2.2	Mecanismo ou fase de regeneração	46
3.2.2.1	<i>Fluxo ou dispersão de sementes</i>	46
3.2.2.2	<i>Banco de sementes do solo</i>	50
3.2.2.3	<i>Banco de plântulas</i>	52
3.2.2.4	<i>Observações complementares</i>	53
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
4.1	Suficiência amostral	55
4.2	Caracterização florística do fragmento	56
4.3	Análise de Cluster	58
4.4	Aspectos florísticos e fitossociológicos das sub- formações vegetais no fragmento	66
4.5	Estudo da regeneração	82
4.5.1	Fluxo ou dispersão de sementes	82
4.5.2	Banco de sementes do solo	88
4.5.3	Banco de plântulas	92
4.6	Aspectos gerais da vegetação e regeneração	101
5	CONCLUSÕES	105
6	RECOMENDAÇÕES	106
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109
	ANEXOS	132

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Amostras compostas de fluxo de sementes e Floresta Estacional Decidual Ripária, no Baixo Rio Jacuí, Cachoeira do Sul- RS, Brasil	49
TABELA 2	Análise Nodal e caracterização da distribuição de espécies em sub-formações florestais de Floresta Estacional Decídua Ripária no Baixo Rio Jacuí, Cachoeira do Sul-RS, Brasil	64
TABELA 3	Número de famílias, gêneros, espécies, Índice de Diversidade de Simpson (D_s), Shannon (H'), Equabilidade (J) e Similaridade de três sub-formações em Floresta Estacional Decidual Ripária, Baixo Rio Jacuí, Cachoeira do Sul- RS, Brasil	68
TABELA 4	Espécies e estrutura horizontal da Sub-Formação 1 (dique-borda) de fragmento de Floresta Estacional Decidual Ripária, no Baixo Rio Jacuí, Cachoeira do Sul-RS, Brasil	71
TABELA 5	Espécies e estrutura horizontal da Sub-Formação 2 (meio-oeste) de fragmento de Floresta Estacional Decidual Ripária, Baixo Rio Jacuí, Cachoeira do Sul-RS, Brasil	74

TABELA 6	Espécies e estrutura horizontal da Sub-Formação 3 (meio-leste) de fragmento de Floresta Estacional Decidual Ripária, no Baixo Rio Jacuí, Cachoeira do Sul-RS, Brasil	75
TABELA 7	Análise de variância do banco de plântulas em Formação Florestal Ripária, Baixo Rio Jacuí, Cachoeira do Sul-RS, Brasil	94
TABELA 8	Parâmetros de dinâmica de população de espécies em banco de plântulas da sub-formação 1 (borda-dique) de Floresta Estacional Decidual Ripária, Baixo Rio Jacuí, Cachoeira do Sul- RS, Brasil	98
TABELA 9	Parâmetros de dinâmica de população de espécies em banco de plântulas da S-F ₂ -F ₃ (meio) de Floresta Estacional Decidual Ripária, Baixo Rio Jacuí, Cachoeira do Sul- RS, Brasil	100
TABELA 10	Similaridade da vegetação e mecanismos de regeneração de três sub-formações em fragmento de Floresta Estacional Decidual Ripária, Cachoeira do Sul – RS, Brasil	102
TABELA 11	Espécies indicadas como fundamentais em Floresta Estacional Decidual Ripária, no Baixo Rio Jacuí, Cachoeira do Sul, RS, Brasil	108

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Localização e caracterização de fragmento de Floresta Estacional Decidual Ripária, no Baixo Rio Jacuí, Cachoeira do Sul-RS, Brasil.	30
FIGURA 2	Variáveis climáticas de precipitação (mm) e temperatura (°C); e meses com extravasamento (E) do rio, de janeiro de 2000 e março de 2002.	33
FIGURA 3	Caracterização da topografia do fragmento, em Floresta Estacional Decidual Ripária, no Baixo Rio Jacuí, Cachoeira do Sul - RS, Brasil.	36
FIGURA 4	Caracterização da amostragem utilizada no estudo da vegetação em fragmento de Floresta Estacional Decidual Ripária, Baixo Rio Jacuí, Cachoeira do Sul - RS, Brasil.	38
FIGURA 5	Caracterização da metodologia de amostragem e medição da regeneração em Floresta Estacional Decidual Ripária, Cachoeira do Sul, RS, Brasil	39
FIGURA 6	Coletores utilizados no estudo de fluxo de sementes em Floresta Estacional Decidual Ripária, no Baixo Rio Jacuí, Cachoeira do Sul, RS, Brasil.	46

FIGURA 7	Localização dos coletores de Fluxo de sementes em fragmento de Floresta Estacional Decidual Ripária, no Baixo Rio Jacuí, Cachoeira do Sul, RS, Brasil.	47
FIGURA 8	Procedimento de germinação de sementes em câmara de fluxo (a), preparação do material (b) e material em sala de incubação (c).	48
FIGURA 9	Procedimento de coleta de banco de sementes do solo.	50
FIGURA 10	Curva espécie-amostra considerando indivíduos com $CAP \geq 15$ cm, em Floresta Estacional Decidual Ripária, no Baixo Rio Jacuí, Cachoeira do Sul, RS, Brasil.	56
FIGURA 11	Sub-formações florestais no interior do fragmento de Florestas Estacional Decidual Ripária, no Baixo Rio Jacuí, Cachoeira do Sul, RS, Brasil.	58
FIGURA 12	Classificação das unidades amostrais em três grupos, caracterizando as sub-formações internas em fragmento de Floresta Estacional Decidual Ripária, Baixo Rio Jacuí, Cachoeira do Sul, RS, Brasil.	61
FIGURA 13	Curva espécie-amostra das três sub-formações em fragmento de Floresta Estacional Decidual Ripária, no Baixo Rio Jacuí, Cachoeira do Sul, RS, Brasil.	67
FIGURA 14	Distribuição dos indivíduos em classes diamétricas, de três sub-formações florestais do interior de fragmento de Floresta Estacional Decidual Ripária, no Baixo Rio Jacuí, Cachoeira do Sul, RS, Brasil.	80

FIGURA 15	Distribuição dos indivíduos adultos por classe de altura em três sub-formações vegetais de fragmento de Floresta Estacional Decidual Ripária, no Baixo Rio Jacuí, Cachoeira do Sul, RS, Brasil.	81
FIGURA 16	Densidade média de sementes/m ² e erro padrão (linha vertical) em dois anos de estudo de fluxo de sementes em fragmento de Floresta Estacional Decidual Ripária, Baixo Rio Jacuí, Cachoeira do Sul, RS, Brasil.	84
FIGURA 17	Porcentagem de sementes dispersadas em 24 meses de estudo, em fragmento de Floresta Estacional Decidual Ripária, Baixo Rio Jacuí, Cachoeira do Sul, RS, Brasil.	86
FIGURA 18	Número de espécies frutificando de abril de 2000 a março de 2002 em fragmento de Floresta Estacional Decidual Ripária, Baixo Rio Jacuí, Cachoeira do Sul, RS, Brasil.	87
FIGURA 19	Densidade (sementes/m ²) e erro padrão (linha vertical) de sementes do solo nas três sub-formações de fragmento de Floresta Estacional Decidual Ripária, Baixo Rio Jacuí, Cachoeira do Sul, RS, Brasil.	89
FIGURA 20	Porcentagem de sementes germinadas, durante seis meses, em fragmento de Floresta Estacional Decidual Ripária, Baixo Rio Jacuí, Cachoeira do Sul, RS, Brasil.	90
FIGURA 21	Porcentagem de sementes germinadas por forma de vida, em fragmento de Floresta Estacional Decidual Ripária, Baixo Rio Jacuí, Cachoeira do Sul, RS, Brasil.	91

- FIGURA 22 Distribuição dos indivíduos da regeneração natural (Altura \geq 20 cm e CAP < 15 cm), por classe de altura em três sub-formações vegetais de fragmento de Floresta Estacional Decidual Ripária, Cachoeira do Sul, RS, Brasil. (27 unidades amostrais de 1x4 m). 93
- FIGURA 23 Densidade média (sementes/ 4m²) e erro padrão (linha vertical) do banco de plântulas em sub-formações de fragmento de Floresta Estacional Decidual Ripária, Baixo Rio Jacuí, Cachoeira do Sul, RS, Brasil. A referência alfabética refere-se a comparação de médias pelo Teste Tuckey (95%). 95

RESUMO

Tese de Doutorado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

VEGETAÇÃO E MECANISMOS DE REGENERAÇÃO EM FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL RIPÁRIA, CACHOEIRA DO SUL, RS, BRASIL

Autora: Maristela Machado Araujo

Orientador: Solon Jonas Longhi

Local e Data da Defesa: Santa Maria, 04 de novembro de 2002.

As florestas ripárias são ecossistemas complexos, associados à região fitogeográfica que ocorrem e à dinâmica dos rios. No Estado do Rio Grande do Sul, encontram-se alteradas pela ação antrópica, formando fragmentos. O estudo teve como objetivo analisar a estrutura e florística interna destas florestas e seus mecanismos de regeneração (banco de plântulas, fluxo de sementes e banco de sementes do solo). A área escolhida foi um fragmento (30°04'36"S; 52°53'09"W), de 4 ha, localizada no município de Cachoeira do Sul, RS, Baixo Rio Jacuí. A vegetação foi inventariada, utilizando-se faixas perpendiculares ao rio, distanciadas por 50 m, as quais apresentaram 10 m de largura e comprimento que variou com a largura da floresta. As faixas foram divididas em unidades amostrais de 10x10 m, onde foram identificados indivíduos com CAP \geq 15 cm (Classe I), registrados os valores de circunferência e altura. As lianas também tiveram circunferências medidas, mas identificadas somente quanto à forma de vida. Os dados de densidade por espécie formaram uma matriz (70x42) utilizada na análise multivariada. A presença de agrupamento de vegetação no interior do fragmento foi testada pelo *TWINSPAN* (*Two-way indicator species analysis*), a partir do qual foi constatada a existência de três sub-formações florestais (S-F₁, S-F₂ e S-F₃). A S-F₁ foi caracterizada por ter maior influência das enchentes e lençol freático mais próximo da superfície, S-F₂ ocorreu na parte central do fragmento, mas apresentou forte influência dos extravasamentos e enchentes; e na S-F₃, também na porção central, ocorreu maior influência do lençol freático. As espécies indicadoras das formações foram: *Sebastiania commersoniana* e *Eugenia uniflora* (S-F₁); *Gymnanthes concolor*, *Cupania vernalis* e *Seguiera aculeata* (S-F₂); e *Casearia sylvestris* e *Allophylus edulis* (S-F₃). Para avaliar se os mecanismos de regeneração também apresentaram diferença, conforme as formações, e verificar qual era o mais efetivo no processo de regeneração do ecossistema, utilizou-se metodologia apropriada para cada um desses. O banco de plântulas foi amostrado em subunidades de 1x4 m, locados em 27 unidades da Classe I, onde os indivíduos com altura igual ou maior de 20 cm e CAP $<$ 15 cm foram identificados e medidos. A análise estatística mostrou que quantitativamente havia diferença significativa da S-F₁ em

relação a S-F₂ e S-F₃. Posteriormente, utilizando dados obtidos em dois anos de estudo, foi verificadas a taxa de mortalidade, recrutamento e mudança das espécies da S-F₁ e do meio da floresta (S-F₂ e S-F₃). Nesta análise, observou-se que o banco de plântulas na S-F₁ apresentou menor riqueza florística e mudança do que no meio. No fluxo de sementes que foi avaliado a partir da disposição de 30 coletores de 1x1m, monitorado durante dois anos, observou-se que não houve diferença significativa na deposição de sementes nas formações. Porém, o primeiro ano de estudo apresentou uma produção de sementes bem maior, principalmente, de espécies arbóreas. O estudo do banco de sementes do solo, mediante a coleta de 5 cm de amostra da superfície do solo (serapilheira e solo), mostrou não haver diferença significativa entre as formações. Este apresentou maior proporção de espécies herbáceas, seguido de árvores, arbustos e lianas. Considerando vegetação e mecanismos de regeneração, constatou-se que a maior similaridade ocorreu entre a vegetação e banco de plântulas, seguido por vegetação e fluxo de sementes e as menores estiveram associadas ao banco de sementes do solo. Contudo, constatou-se que o banco de plântulas é o principal responsável pela conservação do fragmento, sendo dependente do fluxo de sementes, que apresentou variação temporal. O banco de sementes do solo é importante no primeiro momento após a alteração do ambiente, mas depende do fluxo de sementes para ser mais bem representado qualitativamente. Vinte e duas espécies são fundamentais para a conservação podendo ser indicadas para recuperação destas áreas, considerando sua presença na vegetação com CAP \geq 15cm e em pelo menos dois mecanismos de regeneração.

Palavras-chave: Floresta ripária; análise de cluster; fluxo de sementes; banco de sementes do solo; banco de plântulas.

ABSTRACT

Tese de Doutorado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

VEGETATION AND REGENERATION MECHANISMS IN A SEASONAL DECIDUOUS RIPARIAN FOREST FRAGMENT, CACHOEIRA DO SUL, RS, BRAZIL

Authora: Maristela Machado Araujo

Adviser: Solon Jonas Longhi

Place and Date of defence: Santa Maria, november, 04, 2002.

Riparian forests are complex ecosystems closely associated with river dynamics and occurring under particular phytogeographic conditions. In the state of Rio Grande do Sul, these forests have been altered and fragmented by human activity. The objective of this study is to analyze the structure and floristic composition of these forests and their regeneration mechanisms (seedling bank, seed rain, and soil seed bank). The study site is a 4 ha fragment located in the municipality of Cachoeira do Sul-RS, **low River Jacuí** (30°04'36"S; 52°53'09"W). The vegetation was inventoried using strips about 10 m wide that were laid out perpendicular to the river and separated by 50 meters. The strips were divided into 10 x 10 m plots. Within each plot I identified and measured circumference and height of all individuals with girth breast height- GBH \geq 15 cm (Classe I). Lianas were also measured, but were identified only according to life form. Species density data were entered into a matrix (70 x 42) that was used in multivariate analysis. The presence of vegetation clustering at the interior of the fragment was tested with TWINSpan (Two-way indicator species analysis), which identified the existence of three forest subformations (S-F₁, S-F₂ e S-F₃). S-F₁ was characterized by a higher influence of flooding and the ground water table was closer to the surface; S-F₂ occurred in the central part of the fragment, but presented a strong influence from flooding and inundation; and S-F₃, also in the central part of the fragment, experienced the greatest influence from the ground water table. The indicator species of the three forest formations were *Sebastiania commersoniana* and *Eugenia uniflora* (S-F₁); *Gymnanthes concolor*, *Cupania vernalis* and *Seguiera aculeata* (S-F₂); and *Casearia sylvestris* and *Allophylus edulis* (S-F₃). To evaluate if the regeneration mechanisms also exhibited differences according to the forest formations, and to identify the most effective regeneration process in the ecosystem, I used a different methodology for each mechanism. The seedling bank was sampled in sub-plots 1 x 4 m, placed within 27 plots of Class I, and individuals with height \geq 20 cm and CBH < 15 cm were identified and

measured. Statistical analysis showed that S-F₁ was significantly different from S-F₂ e S-F₃. Using data from two years of study, I calculated rates of mortality, recruitment and change for species in S-F₁ and in the middle of the forest fragment (S-F₂ and S-F₃). I observed that the seedling bank of S-F₁ showed lower species richness and change over time than the interior of the fragment. Seed rain was monitored over two years in 30 collectors (1 x 1 m), and I observed no significant difference in the deposition of seeds among the forest formations. However, during the first year of study seed production was higher, principally among tree species. To characterize the soil seed bank, I sampled the first 5 cm of the soil surface (litter and soil). There was no significant difference between the forest formations. Most seeds were herbaceous species, followed by trees, shrubs and lianas. This study revealed that the highest similarity occurred between the vegetation and the seedling bank, followed by vegetation and seed rain, and the least similarity occurred with the seed bank. Therefore, the seedling bank is primarily responsible for the conservation of the fragment, because it depends on seed rain that varies over time. The soil seed bank is important in the first stages after disturbance of the environment, but depends on the seed rain to be more represented qualitatively. For conservation, I suggest twenty two species and also I highly indicate for recovery riparian areas, that species occur under the girth breast height (GBH \geq 15 cm) class, and at least under two regeneration mechanism.

Keywords: Ryparian forest; cluster analysis; seed rain; seed bank; sapling bank.

1 INTRODUÇÃO

A fragmentação e redução das florestas ripárias no Brasil, nos últimos anos, têm aumentado a erosão e causado prejuízo aos mananciais hídricos, reduzindo a biodiversidade (Barbosa, 2000). A região Sul do país apresenta-se apta para a produção agropecuária. Conforme Ab'Saber (2000), tais atividades têm eliminado as matas ripárias no Rio Grande do Sul, sugerindo a necessidade de priorizar sua preservação. Por outro lado, a agricultura e pecuária são de real importância na economia do Estado, por isso qualquer medida deve também observar este aspecto.

Além disso, atualmente, uma das grandes preocupações no meio científico está relacionada à qualidade da água, considerando que, principalmente, os desmatamentos e queimadas perturbam e degradam estas estruturas vegetais ao longo dos rios, alterando as condições locais e gerando desequilíbrio ecológico (Resende, 1998). A alteração da estrutura natural gera fragmentos, os quais variam em tamanho e distância entre si.

Turner & Corlett (1996) descreveram que a conservação dos fragmentos é importante, no entanto, o ideal é que estes ambientes sejam priorizados antes do isolamento.

No Rio Grande do Sul, apesar da importância das florestas ripárias, que servem como anteparo, proteção à erosão, filtragem dos sedimentos e produtos químicos utilizados nas lavouras, são realizados poucos estudos relacionados a fitossociologia e menos conhecimento existe em relação à dinâmica e aos processos associados.

Os poucos trabalhos sobre vegetação realizados, nestas áreas, referem-se à composição florística e alguns abordam aspectos fitossociológicos, existindo muitas lacunas de informações. Tal realidade,

não permite que profissionais das áreas agrária, biológica ou afins, façam abordagens ao tema com convicção, pois grande parte das informações são empíricas.

A maioria dos estudos relacionados à floresta ripária no Brasil é realizada nas regiões sudeste e centro-oeste, onde o tema recebeu destaque, principalmente no final da década de 1980. No entanto, mesmo naquelas regiões, os pesquisadores relataram que existem muitas lacunas de informações para conservação ou restabelecimento daqueles ambientes. Correia *et al.* (2001) mencionaram que a maioria dos estudos desses ambientes, na região do Cerrado, refere-se à fitossociologia da comunidade, existindo necessidade de conhecimento sobre o comportamento de espécies nativas nos diferentes ambientes.

Esses estudos mostram que a estrutura e composição florística das florestas ripárias possuem características próprias, relacionadas à região de ocorrência e, apesar da fisionomia aparentemente homogênea, podem também apresentar drásticas variações no ambiente físico e na distribuição de espécies a curta distância. As variações ambientais agem como fator de seleção natural, agrupando espécies que possuem características próprias de floração, frutificação, dispersão, germinação e estabelecimento em função da variação estrutural longitudinal e transversal (Schiavini, 1992; Walter 1995; Ribeiro & Schiavini, 1998).

Conforme Carmo e Morelato (2000), os cursos d'água criam condições variadas influenciando as características das florestas. No Rio Grande do Sul, apesar dos poucos estudos disponíveis sobre o assunto, percebe-se tal realidade quando se comparam os trabalhos.

Contudo, cabe à comunidade científica dar informações que aumentem o conhecimento sobre tais ecossistemas e sirvam como subsídios para o seu restabelecimento.

1.1 Justificativa

O conhecimento ainda incipiente sobre florestas ripárias no Rio Grande do Sul, associado à necessidade de preservação destas faixas de vegetação, requer informações ecológicas básicas passíveis de serem utilizadas em processos de restabelecimento desses ecossistemas.

1.2 Objetivos

O objetivo geral do trabalho é caracterizar a vegetação e os compartimentos ou mecanismos da regeneração de Fragmento de Floresta Estacional Decidual Ripária, como forma de subsidiar informações para a conservação e recuperação desses ecossistemas.

Os objetivos específicos são:

- estudar o gradiente da vegetação no fragmento e verificar a ocorrência de sub-formações vegetais (agrupamentos);
- caracterizar quali-quantitativamente as sub-formações vegetais;
- observar possíveis diferenças dos mecanismos da regeneração (banco de plântula, fluxo de sementes e banco de sementes do solo), conforme o gradiente;
- caracterizar quali-quantitativamente os mecanismos da regeneração;
- analisar, conjuntamente, vegetação e os mecanismos da regeneração estudados.

Assim, se espera encontrar indicações práticas, cientificamente embasadas, para conservação, recuperação e uso da vegetação como ferramenta de estabilização das margens.

1.3 Hipótese de Trabalho

Como hipótese de trabalho acredita-se que:

- existe diferentes sub-formações vegetais ou grupos de vegetação caracterizados pelo gradiente do fragmento e que os mecanismos da regeneração são diferenciados, conforme este.

1.4 Estrutura de Apresentação dos Resultados

O capítulo de resultados e discussão está dividido nas seguintes seções:

- *Caracterização florística do fragmento*: Descreve a composição florística, comparando com outros resultados de Floresta Estacional Decidua e de interflúvio;
- *Análise de Cluster (agrupamentos)*: descreve as sub-formações florestais, obtidas pelo estudo do gradiente, conforme a classificação das unidades amostrais mais similares, com respectivas espécies indicadoras e preferenciais. Nesta seção também são discutidos os possíveis fatores que determinaram as formações e os grupos de espécies existentes dentro das formações;
- *Aspectos florísticos e fitossociológicos das sub-formações vegetais no fragmento*: compara as formações florestais mediante as características fitossociológicas, considerando diversidade, similaridade e espécies mais representativas. Foram avaliados, ainda, outros aspectos estruturais como: área basal, número de indivíduos, distribuição diamétrica e de altura;
- *Mecanismo de regeneração (fluxo de sementes ou dispersão)*: avalia a composição e densidade de sementes dispersadas no interior da floresta

durante dois anos, considerando as características fenológicas de frutificação e síndrome de dispersão das espécies;

– *Mecanismo de regeneração (banco de sementes do solo)*: caracteriza o estoque de sementes na superfície do solo da floresta, qualitativa e quantitativamente, enfocando as formas de vida predominantes;

– *Mecanismo de regeneração (banco de plântula)*: destaca as espécies que ocorreram no banco de plântulas de cada sub-formação, expõe os resultados de diferença de densidade de indivíduos, descrevendo a taxa de ingresso, mortalidade e mudança das espécies nas formações quantitativamente similares;

– *Vegetação e mecanismos de regeneração*: nesta seção é feita uma análise da similaridade das espécies presentes na vegetação, banco de plântulas, fluxo de sementes e banco de sementes do solo, discutindo, conjuntamente, todos estes compartimentos da floresta.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Floresta Estacional Decidual

As revoluções geológica e biológica, no decorrer do tempo, proporcionaram modificações intensas e contínuas no planeta. Processos ocorridos em eras, períodos e épocas geológicas anteriores produziram ambientes amplamente variados, refletindo nas atuais regiões ecológicas (Veloso *et al.*, 1991; Pires-O'Brien & O'Brien, 1995; Ribeiro *et al.*, 1999). A presença de uma espécie, assim como sua organização em determinado habitat, faz parte do processo de evolução vegetal associada às transformações na crosta terrestre, no decorrer de milhões de anos (Marchiori & Durlo, 1992).

A Região Sul do Brasil, apesar de estar quase inteiramente na região subtropical, apresenta condições para desenvolvimento e formação de florestas heterogêneas, similares às tropicais. A hipótese para o fato consiste em que durante o quaternário o clima regional sofreu um processo de tropicalização, evoluindo para o mais quente úmido atual. Nesse processo, foi ocorrendo a substituição de algumas espécies de clima frio e seco para espécies ombrófilas, de clima quente e úmido (Leite & Klein, 1990). Atualmente, espécies de ambas as formações ocorrem associadas (Klein, 1985).

Conforme Rambo (1951), o Rio Grande do Sul representa o limite austral da floresta higrófila da Região Sul, sendo irradiação da Hiléia Amazônica, incluindo as formações de núcleos de florestas esparsas, próximas aos paralelos de 29° e 30°, do Atlântico ao Rio Uruguai. Marcuzzo (1998) destacou as peculiaridades ambientais do Estado, considerando o aspecto de transição entre florestas tropicais e subtropicais, o que lhe confere um mosaico de ecossistemas.

Klein (1984) explicou que os vários tipos de vegetação deve-se aos aspectos geológicos, topográficos e ecológicos da região.

A Floresta Estacional Decidual ocorre na porção noroeste e central do estado do Rio Grande do Sul. A porção central está presente na vertente sul da Serra Geral e em diversas áreas dos rios Jacuí, Ijuí e Ibicuí (Leite & Klein, 1990). Na Depressão Central ou Bacia do Rio Jacuí, as florestas estão inseridas nas encostas da fralda da Serra Geral e nos terrenos mais baixos e suavemente ondulados, ao longo das margens dos rios (Reitz *et al.*, 1983).

Klein (1984), analisando aspectos fisionômicos e conceitos ecológicos, descreveu que na parte inferior da Serra Geral e da Bacia do Rio Jacuí ocorrem formações de caráter estacional e não-ombrófila, pois, a Floresta Estacional Decidual, após uma expansão, sofreu retração em função do avanço da Floresta Ombrófila Densa, atribuindo o fato a uma modificação climática “recente” com temperaturas mais elevadas, chuvas mais abundantes e mais distribuídas durante o ano, formando um clima fracamente ombrófilo.

Conforme Leite & Klein (1990), esta região fitogeográfica pode ser caracterizada como ombrófila por apresentar intensidade e regularidade pluviométrica. Por outro lado, possui uma curta época muito fria que ocasiona a estacionalidade fisiológica da floresta e a caducifolia desses indivíduos do estrato superior (IBGE, 1991).

A complexidade da região pode ser observada através da rota migratória das espécies, na qual é possível verificar que a floresta da Bacia do Paraná-Uruguai (Floresta Estacional Decidual) imigrou para o Rio Grande do Sul via Bacia do Jacuí, atingindo o Centro do Estado (Depressão Central) (Klein, 1985).

A denominação decidual reflete o fato de mais de 50% das árvores do estrato superior perderem as folhas durante a estação fria (Klein, 1984). No

caso da região central do Rio Grande do Sul, a caducifolia ocorre em 70 a 80% das árvores emergentes (Klein, 1983).

As formações localizadas nos terraços fluviais do rio Jacuí, na Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul, apresentam composição florística higrófito decidual, adaptada ao ambiente aluvial, estando sujeita à inundação (Veloso *et al.*, 1991; IBGE, 1991).

2.2 Floresta ripária

As formações florestais que acompanham as margens dos rios apresentam várias denominações. São chamadas de mata ciliar no Código Florestal Federal e talvez por isso seja um dos termos mais comumente utilizado. No entanto, a nomenclatura parece estar bastante associada à região sendo denominadas de mata de galeria (Reitz *et al.*, 1983; Schiavini, 1992; Walter, 1995; Kellman *et al.*, 1998; Resende, 1998; Ribeiro & Schiavini, 1998; Santos & Souza-Silva, 1998; Johnson *et al.*, 1999; Ab'Saber, 2000), mata ciliar (Dematê, 1989; Kageyama *et al.*, 1989; Reichardt, 1989; Silva *et al.*, 1992; Tabarelli *et al.*, 1992; Durigan & Silveira, 1999; Carmo & Morellato, 2000; Ab'Saber, 2000; Lima & Zakia, 2000; Pagano & Durigan, 2000), floresta aluvial (Veloso *et al.*, 1991; IBGE, 1991), floresta ripária (Entry & Emminghan, 1996; Everson & Boucher, 1998; Carvalho *et al.*, 1999; Vilela *et al.*, 1999; Lonard *et al.*, 2000; Hibbs & Bower, 2001) e mata de várzea (Pires, 1974; Ayres, 1993; Pires-O'brien & O'brien, 1995).

No Rio Grande do Sul, Daniel (1991) e Diesel (1991) denominaram tais formações de mata ripária e Silva *et al.* (1992), Tabarelli *et al.* (1992), Sestren-Bastos (1997) de mata ciliar.

Rodrigues (2000), revisando a nomenclatura das formações ao longo dos rios, sugeriu a utilização do termo ribeirinho, associado à designação fitogeográfica de origem, baseando-se na classificação do IBGE. O grau de

influência fluvial (permanente, sazonal e sem influência) foi outro aspecto que o mesmo autor sugeriu que fosse incluído na designação da formação ribeirinha, como forma de melhor caracterização de nomenclatura.

Ribeiro & Walter (2001) consideraram que quando uma nomenclatura é utilizada com base em resultados científicos na região, deve ser utilizada desde que esteja claramente definida.

Considerando-se a heterogeneidade desses ambientes, as diversas denominações que caracterizam as formações florestais nas margens dos rios e o conhecimento ainda restrito desses ecossistemas no Estado do Rio Grande do Sul, classificou-se a área de estudo como Floresta Estacional Decidual Ripária com influência fluvial sazonal.

2.2.1 Importância das florestas ripárias e legislação

De acordo com Machado (1989), as florestas ripárias ocorrem nas margens dos cursos d'água cuja vegetação evita a erosão, impede a lixiviação de agrotóxicos e incrementa a fauna ictiológica.

Rosa & Irgang (1998) relataram que a preservação desses ecossistemas tem papel fundamental para o equilíbrio hídrico e manutenção da qualidade da água, considerando que a cobertura vegetal está adaptada às inundações periódicas, saturação hídrica do solo e afloramento do lençol freático. Além disso, as espécies que compõem as florestas ripárias apresentam adaptação a exposição parcial das raízes, flexibilidade, resistência de serem arrancadas pela força da água, capacidade de brotamento das raízes e propágulos vegetativos, entre outras características.

Kageyama *et al.* (1989) e Lima (1989) explicaram que a vegetação funciona como um "sistema tampão", entre os terrenos mais elevados e a linha de drenagem, atuando no controle da perda de nutrientes e escoamento superficial, o que causaria eutrofização das águas, erosão nas

margens, assoreamento dos rios e, conseqüentemente, problemas à vida humana e animal. Santos & Sousa-Silva (1998) destacaram a importância desta vegetação para os recursos genéticos.

Ecologicamente, a zona ripária é observada como corredor ecológico para a movimentação da fauna e dispersão dos vegetais, possibilitando o fluxo gênico *in situ* e *ex situ* (Lima & Zakia, 2000).

Apesar da importância desses ecossistemas florestais, o processo de destruição tem sido continuado no decorrer dos anos. A legislação referente à proteção desses ambientes data de 1965, mas junto a esta se observa a incoerência, indiferença e inexistência de fiscalização, que resultam na eliminação da vegetação e conseqüente fragmentação (Rodrigues & Nave, 2000).

Machado (1989), analisando o Código de 1965, descreveu-o como sábio por valorizar as matas ciliares por ato de promulgação, tornando-as necessárias do ponto de vista da lei, mas também comentou que só isto não basta, é necessário fazer por meios legais que a lei seja obedecida.

A Lei 4.771, de 1965 (Código Florestal), prevê a preservação permanente das florestas e demais formas de vegetação que sirvam para proteger os mananciais hídricos, ao longo dos rios ou qualquer curso d'água, em faixas marginais de largura mínima prevista em função da largura do rio.

Conforme Cappelli (1992), as áreas de preservação permanente, em terras particulares, devem ser utilizadas adequadamente, preservando o meio ambiente e, assim, cumprindo sua função social. Complementando que o artigo 186, inciso II, da Constituição Federal, prevê desapropriação da área para fins de reforma agrária, quando nesta não esteja sendo respeitada a sua função.

A Lei 9.519/92, que institui o Código Florestal do Estado do Rio Grande do Sul, no artigo 2º, prevê que a política florestal do Estado tem por fim o uso adequado e racional dos recursos florestais com base nos

conhecimentos ecológicos, visando ao bem estar social, desenvolvimento socioeconômico com preservação do ambiente e equilíbrio ecológico. O artigo 3º relata, como um dos objetivos específicos da política florestal estadual, facilitar e promover a proteção e recuperação dos recursos hídricos, edáficos e biológicos.

Diante das leis, mesmo que às vezes não aplicadas, percebe-se que já foi reconhecida a importância das florestas ripárias. Por outro lado, no Estado do Rio Grande do Sul, a alteração desses ambientes é agravada pela escassez de publicações científicas referentes a essas comunidades vegetais e, conseqüentemente, pelo pouco conhecimento de sua estrutura, florística e dinâmica.

2.2.2 Situação das florestas ripárias

Os ecossistemas florestais no Rio Grande do Sul começaram a ser alterados, em 1824, com a chegada dos imigrantes alemães e, posteriormente, com os italianos, que ocuparam áreas não propícias para a pecuária e agricultura (Reitz, *et al.*, 1983).

De acordo com Schroeder (1991), o Rio Grande do Sul apresenta características próprias para o estabelecimento de atividades agropecuárias, conduzindo, com isso, as formações florestais à rápida alteração da cobertura original. O autor relatou ainda que a cobertura florestal sofreu uma redução de 84% em 40 anos.

Por outro lado, os resultados do Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul, concluído em 2001, mostram que as florestas naturais aumentaram nos últimos 18 anos, ocupando atualmente 17,53% da área total do Estado, considerando os estágios médios e avançados de sucessão (Rio Grande do Sul, 2002a).

A bacia hidrográfica do Baixo Jacuí-Pardo, localizada na região fitogeográfica da Floresta Estacional Decidual, apresenta aproximadamente 22% de cobertura florestal nativa nos estágios inicial, médio e avançado (Rio Grande do Sul, 2002b). No entanto, as florestas remanescentes ou em processo de restabelecimento são descritas como fragmentos (Longhi *et al.*; 1982; Longhi *et al.*, 1999a; Nascimento *et al.*, 2000; Araujo *et al.*, 2001a).

As florestas ripárias nesta região são relatadas como manchas descontínuas (Longhi *et al.*, 1982) e fragmentos (Longhi *et al.*, 2001; Longhi *et al.*, 2002). Balbuena (1997) também denominou de fragmentos a vegetação estudada na Bacia do Baixo Rio Jacuí, na região de Áreas de Formações Pioneiras de Influência Pluvial.

Lindman & Ferri (1974) relataram que, sem a interferência do homem, as florestas ripárias teriam tempo para se expandir e ocupar área mais ampla e contínua.

Conforme Reed *et al.* (1996), a ação humana tem alterado a estrutura e o funcionamento, modificando as características da paisagem. Os distúrbios não-naturais como atividades agrícolas, extração madeireira, queimadas, aumento das áreas urbanas, entre outros processos de alteração ambiental, são realidades atuais que efetivam os processos de fragmentação (Cabral, 1999). A vegetação é o componente biótico mais afetado pelas mudanças ambientais proporcionadas pela ação antrópica (Runhaar & Haes, 1994).

Cascante *et al.* (2002) definiram a fragmentação de habitats como a redução da floresta contínua a pequenos remanescentes de vegetação separados, o que reduz a população efetiva de árvores (indivíduos adultos) e, conseqüentemente, a população reprodutiva. Young & Boyle (2000) consideram tal alteração uma ameaça para os ecossistemas florestais de todo o mundo.

De acordo com Turner & Corlett (1996), na ocasião do isolamento do fragmento, muitas espécies permanecem, porém, com o passar do tempo, devido a uma série de fatores, o número de espécies diminui. Os autores citaram, como mecanismos de deterioração de um fragmento isolado, a restrição do tamanho da população, redução da imigração, efeito de borda na floresta, cadeia alimentar, invasão por espécies cultivadas competindo com as nativas, continuidade de desflorestamento por atividades antrópicas. Conseqüentemente, ocorre a perda de habitat de espécies vegetais e animais, criação de novo habitat (alterando a associação das espécies remanescentes), aumento das extremidades (prejudicando os habitat interiores), diminuição do tamanho do fragmento e aumento da distância entre estes.

Young & Boyle (2000) destacaram que um ambiente florestal que sofreu redução e encontra-se disjunto pode ser afetado, principalmente, por processos genéticos como fluxo gênico, seleção e reprodução, cujos três mais prováveis efeitos são: perda da diversidade genética, aumento da estrutura interpopulacional e aumento do auto-cruzamento.

A dispersão depende da distância que os dispersores têm de se mover e suas características, sendo que, nestes casos, principalmente a dispersão de sementes grandes é prejudicada, diminuindo a chance dessas espécies colonizarem locais mais distantes (Turner & Corlett, 1996; Wunderle Jr., 1999), porém, a distância é também fator limitante para espécies polinizadas e dispersadas pelo vento (Young & Boyle, 2000).

2.2.3 Complexidade dos ecossistemas ripários

As florestas ripárias são formadas por mosaico de tipos de vegetação, cuja heterogeneidade ambiental aumenta a riqueza florística dessas áreas (Rodrigues & Nave, 2000).

A variabilidade espacial está relacionada com as variações transversais e longitudinais em relação ao leito do rio (Ribeiro & Schiavini, 1998). A frequência de alagamento e profundidade do lençol freático são fatores seletivos das espécies (Rodrigues, 1989).

Tabarelli *et al.* (1992), estudando floresta ripária, observaram estrutura e florística distintas de outros ecossistemas, descrevendo a formação de mosaico no interior da mata. Ab'Saber (2000) relatou que este tipo de floresta, no Brasil, apresenta estrutura e dinâmica mais similares do que a composição florística.

Rodrigues (2000) descreveu que a complexidade das formações ripárias é gerada pela intensidade e frequência variáveis dos fatores ambientais, produzindo condições ecológicas distintas e, conseqüentemente, particularidades fisionômicas, estruturais e florísticas, o que pode ocorrer a curtas distâncias.

O mosaico de condições é mais complexo em relação à dinâmica, considerando as alterações causadas à vegetação, deposição, retirada de serapilheira e banco de sementes (Rodrigues, 2000).

Conforme Everson & Boucher (1998) e Silva *et al.* (2001), entre os fatores que afetam a distribuição das espécies arbóreas em áreas ripárias estão: características do solo; regime de distúrbio causado pelas enchentes, variação da declividade e nível de luz. Cada um desses fatores é diretamente afetado e controlado, em menor ou maior escala, pela topografia.

Trabalhos realizados em florestas ripárias do Brasil mostram a existência de agrupamento de espécies em função da variação ambiental. Schiavini (1992) observou que a estrutura e florística diferenciam com o afastamento do rio, caracterizando três grupos: dique, meio e borda. Walter (1995) verificou que a variação na distribuição de espécies ocorreu devido a influência do nível do lençol freático, solo e topografia, sendo observado padrões de distribuição longitudinais e transversais ao leito do rio.

Fatores como afastamentos da linha de drenagem, umidade e propriedades químicas do solo (pH, P e Al), foram observados por Van Den Berg (1995) como determinantes na distribuição da vegetação.

San Jose & Montes (1991) verificaram que fatores edáficos, como a umidade do solo, influenciaram na distribuição da vegetação, distinguindo habitats de espécies.

Ab'saber (2000) relatou que estes ecossistemas apresentam espécies adaptadas a solos aluviais e eventuais transbordamentos. Concordando, Correia *et al.* (2001) descreveram que as matas inundáveis apresentam espécies diferentes daquelas de locais drenados. Também considerando este aspecto, Durigan *et al.* (2000) fizeram uma classificação de espécies em grupos funcionais, relacionados à luminosidade e encharcamento do solo.

Ao contrário, Vilela *et al.* (1999) observaram que florestas em ambiente ripário tiveram densidade e área basal semelhantes, porém, a florística e estrutura foram similares à região fitogeográfica.

Contudo, a maioria dos trabalhos realizados em florestas ripárias indica que os distúrbios causados pela enchente, declividade, luz, distância do rio (dique, meio e borda), nível do lençol freático, entre outros aspectos geram variação na vegetação em “micro-áreas”, ou seja, dentro da formação florestal ripária ocorrem sub-formações (agrupamentos).

2.3 Análise de agrupamentos em comunidades vegetais

A paisagem de uma determinada região pode ocorrer num contínuo (Pielou, 1977) ou apresentar mosaico de agrupamentos vegetais reconhecido por sua fisionomia (Duvigneaud, 1977).

A floresta, por sua vez, é uma estrutura complexa que pode ser medida por diversos parâmetros, tendo-se, assim, muitas alternativas a

serem utilizadas para sua descrição e classificação (Montoya Maquin & Matos, 1967).

Conforme Austin & Greig-Smith (1968), a vegetação não varia somente com a composição florística, mas com a riqueza de espécies, produtividade (estrutura) e grau de predominância de cada espécie. Concordando, Pielou (1977) relatou que em comunidades ecológicas ocorrem muitas espécies que podem variar grandemente em abundância, sendo desde comuns no ambiente até raras.

A fitossociologia estuda o agrupamento das plantas, suas inter-relações e dependência aos fatores bióticos e abióticos (Braun-Blanquet, 1979). Entendendo que estrutura da vegetação é o agrupamento de espécies que, por seu dinamismo, ocupam um espaço vital, para conhecê-la, deve-se analisar suas características em função das espécies presentes, seu desenvolvimento, ocorrência e distribuição espacial (Montoya Maquin, 1966).

A análise de agrupamento, baseada no conceito de reunir pontos que representam elementos (amostras, espécies) com características similares, é realizada a partir de cálculos matemáticos (Kent & Coker, 1992), os quais são desenvolvidos utilizando informações contidas na matriz de dados multivariados (Souza *et al.*, 1990). Conforme Orlóci (1978), o agrupamento é realizado a partir de cálculos de similaridade ou dissimilaridade dos vários elementos avaliados numa comunidade.

A análise multivariada, como ramificação da Matemática, avalia diversas variáveis simultaneamente, ao contrário da Estatística, que utiliza uma ou mais variáveis de cada vez. Além disso, a utilização da análise multivariada, em problemas voltados à área ecológica, é comum e eficiente, considerando o número de variáveis disponíveis nestes estudos (Gauch, 1982).

Conforme Matteucci & Colma (1982), a classificação realizada para determinar os grupos é feita através de vários métodos, com o objetivo de reconhecer e definir as comunidades de plantas.

Mesmo quando existe uma estrutura aparentemente contínua nos dados, a análise de agrupamento divide em grupos, dando informações de espécies concorrentes (estrutura interna dos dados), características dos grupos, relação entre agrupamentos e ambientes. Por outro lado, até mesmo quando há uma estrutura contínua nos dados, a análise de agrupamento pode impor estrutura de grupo, onde um contínuo real é dividido, arbitrariamente, em um sistema descontínuo de tipos ou classes (Tongeren, 1987).

Assim, quando se aplica a classificação numérica num conjunto de dados de determinada comunidade, é porque se presume, através de revisões de literatura e observações locais, que existe a formação de biocenoses. Os métodos de classificação numérica, assim como de ordenação, são técnicas para exploração e redução dos dados. Em termos gerais, a classificação divide um sistema multidimensional em grupos, nos quais são colocados os pontos de maior similaridade. Os agrupamentos podem ser conjuntos de amostras de vegetação, produzidos a partir da composição florística (Kent & Coker, 1992).

Conforme Matteucci & Colma (1982), os métodos de classificação numérica podem apresentar as seguintes características:

— Hierárquicos ou não-hierárquicos: o hierárquico é de fácil compreensão, podendo ser visualizado em dendrogramas que informam os diferentes níveis de similaridade e dissimilaridade, sendo muito utilizado nas interpretações ecológicas; enquanto o método não-hierárquico é apresentado em valores numéricos;

- Divisivos e aglomerativos: o divisivo inicia com a população total, dividindo em grupos menores, sucessivamente; e o aglomerativo inicia com cada elemento, ligando-os, até que formem grandes grupos (similares);
- Monotéticos ou politéticos: o primeiro aloca os elementos baseando-se na presença e ausência de uma variável e, no segundo, o processo de classificação e alocação dos elementos é fundamentado no total de dados.

De forma geral, na análise de agrupamento, os dendrogramas são elaborados através de diferentes métodos como o de ligação simples, completa, média, de mínima variância, assim como as medidas utilizadas nestes cálculos (Orlói, 1978; Matteucci & Colma, 1982), o que gera múltiplos resultados, inclusive quando é utilizada a mesma matriz de dados, sendo, então, necessária a repetição com vários métodos, análise minuciosa e verificação em campo para a escolha do melhor (Kent & Coker, 1992).

Pielou (1977) publicou que um método de classificação mais satisfatório seria aquele que combinasse duas vantagens: ser divisivo e politético. O primeiro teria maior chance de captar a verdadeira afinidade entre amostras, pois separa os grupos pela dissimilaridade; e o segundo, por considerar muitas características da vegetação.

Conforme Matteucci & Colma (1982), inicialmente os métodos de classificação de plantas eram feitos através de cálculos manuais, mas a partir do surgimento dos computadores, vários métodos numéricos, baseados na Matemática, foram desenvolvidos, aumentando sua utilização.

2.4 Classificação da vegetação por análise de espécies diferenciais

Na fitossociologia, utiliza-se o conceito de espécies diferenciais, as quais são responsáveis pela divisão de um conjunto de dados, em grupos

menores de maior similaridades. Na idéia inicial, essas apresentavam apenas caráter qualitativo, utilizando a presença e ausência de espécies em amostras e desprezando o aspecto de densidade (Kent & Coker, 1992).

As espécies diferenciais apresentam preferências ecológicas e sua presença pode indicar condições ambientais particulares (Hill, 1979).

Hill *et al.* (1975) desenvolveram um método denominado “Análise de espécies indicadoras” como modo de conciliar variáveis qualitativas (espécies) e quantitativas (densidade), utilizando, para isso, as “pseudoespécies”. A partir desse método, Hill (1979) desenvolveu o programa de computação TWINSpan (TWo-way INdicator SPecies ANalysis) para suprir necessidades de ecologistas e fisiologistas, cujos dados são conjunto de espécies em amostras definidas, sugerindo que o melhor nome para tal método era “análise de espécies diferenciais”.

O TWINSpan utiliza um procedimento multivariado, que classifica as unidades em grupos relativamente homogêneos, sendo amplamente aplicado na análise numérica em vegetação e, recentemente, em muitas análises fitossociológicas (Bruce, 1994). O método e, conseqüentemente, o programa é hierárquico, divisivo e politético (Hill, 1979).

A idéia principal está implícita nas pseudoespécies, as quais reduzem os dados quantitativos a dados de ausência e presença sem perda de informações. Isto foi possível convertendo os dados de densidade em classes, que representam o percentual de indivíduos da espécie, ou seja, uma determinada espécie pode ser representada por cinco pseudoespécies, dependendo da proporção de indivíduos que existe na unidade amostral avaliada (Hill, 1979).

O algoritmo utilizado no programa TWINSpan pode ser verificado em Hill (1979), com descrição objetiva do método e resultados em Kent & Coker (1992) e de forma resumida em Gauch (1982) e Tongeren (1987).

Baseando-se na descrição de Hill (1979), o procedimento do TWINSpan envolve:

- A ordenação primária é realizada num eixo, onde estão distribuídas as amostras, de acordo com as pseudoespécies presentes, o que é obtido através do cálculo de média recíproca, também conhecida por análise de correspondência. Este tipo de cálculo ordena, simultaneamente, linhas e colunas. As espécies que caracterizam o eixo, obtido pelo cálculo da média recíproca, são enfatizadas em ordem para polarizar as amostras;
- o eixo de ordenação é utilizado para determinar o centróide e então a dicotomização em dois grupos (parcelas de um lado e outro do centróide), ou seja, as parcelas têm como ponto de divisão o centro de gravidade da ordenação;
- a ordenação refinada deriva da ordenação primária, utilizando espécies indicadoras, com maior preferência por um lado do que pelo outro da dicotomização. Neste procedimento, define-se um número de espécies desejadas para indicarem a ordenação.

O processo de divisão é repetido sobre os dois primeiros grupos classificados, os quais formam quatro, que, por sua vez, formam oito grupos e, assim, sucessivamente.

A cada divisão produzida é calculado um autovalor (*eigenvalue*), que indica o quanto da variação dos dados da comunidade foi explicada no eixo de ordenação (McCune & Mefford, 1997). Conforme Gauch (1982), em dados obtidos na natureza, um autovalor em torno de 0,30 é comumente encontrado e utilizado para explicar tais variações.

Em estudos de classificação hierárquica da vegetação, pode-se citar os seguintes autovalores, já encontrados, para os grupos formados: 0,39 a 0,76 (Vieira, 1996); 0,33 e 0,38 (Felfili & Sevilha, 2001); 0,33, 0,40 e 0,41 (Felfili *et al.*, 2001a); 0,34 a 0,41 (Felfili *et al.*, 2001b); 0,22 a 0,40 (Silva Jr. *et al.*, 2001) e 0,33 a 0,39 (Silva, 2002).

Nas divisões é possível verificar amostras mal classificadas (*misclassified*), que ocorrem num lado da dicotomia na ordenação primária e do outro na refinada; amostras de linha divisória (*borderlines*), representadas por parcelas que estão num determinado lado, mas que são mais dissimilares das demais, estando no limite do grupo (Hill *et al.*, 1975; Hill, 1979).

Conforme Kent & Coker (1992), além das espécies indicadoras, são determinadas também as preferenciais representadas pelo grau de ocorrência da pseudoespécie em cada lado da dicotomia, considerando o tamanho do grupo (número de amostras).

O resultado final é demonstrado numa tabela que pode ser lida de dois modos (linhas e colunas), conferindo, assim, a denominação *two-way table* (tabela dicotômica) (Felfili *et al.*, 2001b).

Gauch (1982) considerou que as principais vantagens do TWINSpan são a possibilidade de uso dos dados originais, classificação de amostras e espécies numa mesma tabela e, conseqüentemente, organização de uma matriz com os resultados.

2.5 Hierarquização das espécies e análise de comunidades

A hierarquização das espécies numa comunidade ou biocenose é a forma de valorização das espécies, caracterizando o ambiente e expressando sua magnitude (Curtis & McIntosh, 1951). Em estudos de espécies arbóreas e arbustivas, o valor de importância que caracteriza a estrutura horizontal da floresta é amplamente utilizado, considerando que é possível relacioná-lo com outras florestas e com fatores ambientais (Martins, 1991).

A análise da estrutura horizontal da floresta é obtida a partir dos parâmetros de densidade, dominância e freqüência das espécies na área (Cain *et al.*, 1956). Esses parâmetros, somados na forma relativa, produzem o valor de importância, os quais são citados e utilizados por muitos pesquisadores para caracterização de comunidades florestais, citando-se Curtis & McIntosh (1951), Lamprecht (1962), Vega (1968), Longhi (1980); Carvalho *et al.* (1986) Machado & Longhi (1980); Carvalho (1992); Roizman (1993); Walter (1995), Longhi (1997), Longhi *et al.* (1999a), Nascimento (2000), Silva (2002).

Os parâmetros, quando analisados isoladamente, não proporcionam informações estruturais concisas sobre a floresta (Lamprecht, 1964). Por outro lado, quando se observa apenas o valor de importância de uma espécie, pode-se perder informações sobre qual o parâmetro que permitiu tal hierarquização (Araujo, 1998).

A caracterização da comunidade vegetal utiliza valores de diversidade para representar a comunidade quanto a organização biológica, considerando que uma elevada diversidade ocorrerá quando muitas espécies apresentarem-se igualmente abundantes na comunidade vegetal (Pielou, 1977; Brower & Zar, 1984; Barros, 1986; Pahl-Wostl, 1995). De igual forma, Odum (1988) relatou que o conceito de diversidade de espécies possui dois componentes: riqueza, que é o número de espécies presentes, e uniformidade, que se refere à abundância relativa de espécies.

Considerando que a interação da população envolve transferência de energia, predação, competição e divisão do espaço, quando a diversidade é alta, há indicação de que a comunidade é mais complexa, pois a maior variedade de espécies necessita de maior interação destas e, conseqüentemente, maior organização (Brower & Zar, 1984).

A similaridade entre comunidades ou amostras compara a composição florística em termos qualitativos ou quantitativos (Walter, 1995). Esses

valores são obtidos a partir de índices, entre os quais aqueles de caráter qualitativos, que consideram presença ou ausência das espécies e são aplicados em grande escala em estudos de comunidades vegetais (Van Den Berg, 1995; Vieira, 1996; Pantoja, 2002).

2.6 Mecanismos ou fases da regeneração

Conforme Vieira (1996) os mecanismos que a floresta utiliza para regeneração são fluxo de sementes (dispersão), banco de sementes do solo e banco de plântulas. Tais “mecanismos” podem também ser descritos como fases da regeneração.

Kageyama *et al.* (1989) relataram que a renovação das florestas ripárias ocorre por regeneração natural através do banco de sementes do solo e dispersão por espécies locais e de matas adjacentes. Os processos sucessionais iniciam após alteração no dossel, o que permite mudança no ambiente e, neste caso, há grande colonização de espécies pioneiras.

Conforme Fenner & Kitagima (1999), após a produção, dispersão e germinação das sementes, ocorre o estabelecimento da plântula. A perpetuação de determinada espécie na floresta depende, principalmente, da proporção de diásporas dispersadas. Além disso, apenas pequena proporção de sementes sucede no desenvolvimento, pois muitas etapas são necessárias até que se tornem plantas estabelecidas (Köstler, 1956).

Finol (1971) relatou que a presença de determinada espécie na área está assegurada, somente quando esta se encontra em todos os estratos, salientando a importância do banco de plântulas no estudo da vegetação.

Garwood (1996) caracterizou cinco estágios de desenvolvimento da plântula: estágio de semente, desde a maturação até a germinação; fase de expansão da plântula entre a germinação, emissão de radícula e cotilédones; estágio da reserva da semente, quando a plântula ainda depende da reserva

da semente; estágio autônomo, quando o indivíduo torna-se fotossintético; e estágio juvenil, neste estágio contidos muitos indivíduos, desde os mais jovens até aqueles que estão passando para a subpopulação adulta.

Fenner (1985) descreveu que o indivíduo jovem pode ser considerado completamente estabelecido quando se torna independente das reservas da semente, o que, muitas vezes, acontece antes mesmo que esta esteja completamente acabada.

Alder e Synnott (1992) relataram que somente pequena proporção de indivíduos entre 0 e 10 cm sobrevive até classes de maior diâmetro. Carvalho (1992) considerou regeneração natural os indivíduos maiores de 30 cm de altura e menores de 5 cm de diâmetro (DAP), justificando que aqueles com altura inferior a 30 cm têm menor chance de se estabelecer. Rabelo (2000) considerou como regeneração os indivíduos com mais de 10 cm de altura, Vieira (1996) a partir de 1 m de altura.

Entretanto, os mecanismos de regeneração são aspectos importantes para que o estabelecimento seja efetivado. Conforme Swaine & Whitmore (1988) e Garwood (1996), espécies pioneiras necessitam de abertura no dossel e, então, entrada de luz para germinarem, estabelecerem e atingirem a maturidade, enquanto espécies clímax podem germinar e se estabelecer na sombra.

Em florestas ripárias, estudos de sobrevivência e recrutamento são de grande importância para o desenvolvimento de modelos de dinâmica, mas encontram-se ainda em fase inicial e descritiva (Rodrigues & Shepherd, 2000).

Além disto, a dificuldade de comparação entre estudos da regeneração, envolvendo composição, densidade, mortalidade e ingresso, está relacionada à caracterização da subpopulação, pois o tamanho em que a planta jovem é considerada como ingressada ou estabelecida, assim como o método de amostragem varia entre os estudos (Finol, 1971; Carvalho,

1992; Silva *et al.*, 1992; Caldato *et al.*, 1996; Still, 1996; Longhi *et al.*, 1999a; Longhi *et al.*, 2000; Pantoja, 2002).

Conforme Richards (1998), a abundância de plântulas depende da disponibilidade de sementes viáveis dispersadas na área e/ou que se encontram dormentes no solo.

O fluxo de sementes ou disseminação dentro da floresta determina parte da população potencial de um ecossistema, considerando o processo de entrada e saída de sementes. Qualquer ambiente natural é constantemente invadido por propágulos, provenientes de vegetação externa ou da própria área. Conseqüentemente, a sucessão, em determinado habitat, depende do potencial de dispersão das plantas, já que todas as espécies estão restritas aos seus habitats e sua sobrevivência depende do ciclo de vida, frequência e distância que os seus propágulos podem alcançar (Harper, 1977).

Conforme Martinez-Ramos & Soto-Castro (1993), o fluxo de sementes é a maior fonte de propágulos para a regeneração. A disseminação que ocorre na floresta é composta por sementes locais e imigrantes. As sementes produzidas no local promovem a auto-regeneração da floresta, enquanto aquelas que são trazidas por agentes dispersores representam o avanço da regeneração de indivíduos e espécies externas da área. Assim, a auto-regeneração mantém a composição florística do local, enquanto os propágulos externos podem homogeneizar a composição da floresta, caso seja amplamente dispersada, ou criar heterogeneidade florística se a dispersão da semente for desigual.

A chegada de sementes na área é maior com a presença de dispersores que carregam frutos e sementes, depositando nas florestas (Janzen, 1980). As espécies vegetais apresentam padrões de dispersão próprios variando de espécie para espécie (Fenner & Kitajima, 1999).

Richards (1998) descreveu que a maior proporção de árvores em florestas úmidas tem frutos e sementes que atraem aves e mamíferos. Tabarelli *et al.* (1992) constataram que 72% das espécies presentes em floresta ripária têm dispersão zoocórica, tendência que também foi constatada por Carmo & Morelato (2000).

Conhecimento de síndrome de dispersão e fenologia das espécies contribui para o entendimento do fluxo e, conseqüentemente, do estoque de sementes, pois, conforme Fenner (1985), o estudo de banco de sementes requer não somente a avaliação quantitativa, mas o entendimento da dinâmica (processos de entrada e saída).

O banco de sementes do solo é um conjunto de sementes não germinadas, potencialmente capazes de substituir plantas adultas que morrem (Baker, 1989), ocorre na maioria dos habitats e o número de indivíduos presentes como propágulos dormentes excede o número de plantas, além disso, o estoque de sementes enterradas é composto parcialmente por sementes produzidas na área e parte por sementes trazidas de outro lugar (Harpper, 1977).

Richards (1998) relatou que sementes são enterradas por animais e processos físicos. O tempo que permanecem viáveis é incerto, algumas sementes podem ser destruídas por fungos, bactérias ou comidas por animais do solo, porém, uma grande proporção sobrevive por muitos anos.

Garwood (1989) descreveu duas estratégias básicas do banco de sementes no solo: persistente, formado por espécies pioneiras com grande e/ou contínua frutificação, cujas sementes apresentam maior longevidade do que o intervalo de produção; e transiente, representado por espécies que dispersam num período restrito e apresentam sementes com longevidade reduzida.

Horizontalmente, a distribuição de sementes no solo é muito variável mesmo em pequenas distâncias, e verticalmente, a profundidade que

atingem no solo depende da textura e outras características do solo (Richards, 1998). Porém, é reconhecido que a maior proporção de sementes ocorre nos primeiros 5 cm do solo (Putz, 1983; Vieira, 1996).

A densidade de sementes nos solos pode variar muito, dependendo da região de estudo, histórico da área, tipo de vegetação e profundidade de coleta (Garwood, 1989). Hall & Swaine (1980), estudando seis sítios florestais em Ghana, tiveram média de sementes variando de 45 a 696 sementes/m².

Em termos de composição, geralmente, o banco de sementes não apresenta grande similaridade com a vegetação madura, ao contrário de habitats que sofrem constantes distúrbios (Fenner, 1985). Por outro lado, as florestas ripárias apesar de sofrerem alterações freqüentes na vegetação, por causa das enchentes, também têm o banco de sementes retirado e soterrado (Rodrigues, 2000).

Espécies de sementes imigrantes são pouco abundantes e têm distribuição espacial limitada. Em relação às sementes locais, entretanto, sementes imigrantes têm maior diversidade do que as localmente produzidas. Além disso, sob o dossel da floresta, os fatores que interferem na organização da comunidade parecem operar seletivamente, favorecendo o estabelecimento de grandes sementes e espécies abundantes no local, as quais promovem a regeneração natural (Martinez-Ramos & Soto-Castro, 1993).

Em muitos casos, após o distúrbio e exposição das sementes na superfície do solo, a planta germinada pode ser proveniente de muitas gerações passadas, pois muitas sementes podem ficar dormentes no solo por décadas. Assim, o banco de sementes do solo pode refletir na história da vegetação (Fenner, 1985). Com a alteração na floresta e abertura do dossel, as sementes de espécies pioneiras presentes no solo germinam em duas ou três semanas (Richards, 1998).

A presença de determinada espécie na regeneração pode ser mais bem compreendida quando as fenofases das espécies presentes nas comunidades são conhecidas (Carmo & Morellato, 2000).

Conforme Lieth (1974), a fenologia estuda a repetição de eventos nos indivíduos vegetais e suas causas. Em regiões subtropicais, as fenofases (eventos) apresentam mudanças regulares em razão das estações e seus ciclos anuais de mudança da temperatura (Richards, 1998).

Alberti (2002) observou que, na Floresta Estacional Decidual, a frutificação está correlacionada ao aumento da temperatura e período de insolação, enquanto a caducifolia está correlacionada aos baixos valores desses fatores.

Carmo & Morellato (2000) verificaram que a fenologia das florestas semidecíduais da região sudeste foi semelhante à fenologia de florestas ripárias, considerando a similaridade florística entre essas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

3.1.1 Localização

O estudo foi realizado em fragmento de Floresta Estacional Decidual Ripária com influência sazonal, nas margens do rio Jacuí (30°04'36"S; 52°53'09"W), no sudoeste do município de Cachoeira do Sul, RS. A área estudada é de, aproximadamente, 4 hectares, ocupando 600 m da margem do rio e largura variada, com máxima de 190 m (Figura 1).

A área, pertencente à Cerâmica Kipper, foi escolhida considerando seu estado de conservação, que apesar de já ter sido alterada no passado, não apresenta características de intervenção intensas, principalmente no sentido margem-borda. De acordo com informações do administrador da fazenda, a área foi alterada no passado, há cerca de 30 anos, tendo sofrido intervenção por corte seletivo de espécies de valor econômico como guajuvira (*Patagonula americana*), açoita-cavalo (*Luehea divaricata*) e grápia (*Apuleia leiocarpa*), entre outras.

Atualmente, na área da fazenda, existe plantio de eucalipto e criação de gado. A mata ripária tem acesso por pescadores e já foi evidenciada a presença de gado no período seco, considerando que o lago utilizado como bebedouro seca nos meses de menor precipitação.

A oeste da floresta ripária, existe cerca de 150 m de margem com floresta remanescente de *Eucalyptus* sp., misturado a espécies nativas, o qual é seguido de um trecho de área desprovida de vegetação. A leste (em direção à cidade), a floresta que segue a área de estudo é estreita (máximo 30 a 40 m), por aproximadamente 200 m, sendo seguida por área alterada e logo adiante interceptada pela ponte do Fandango e cidade.

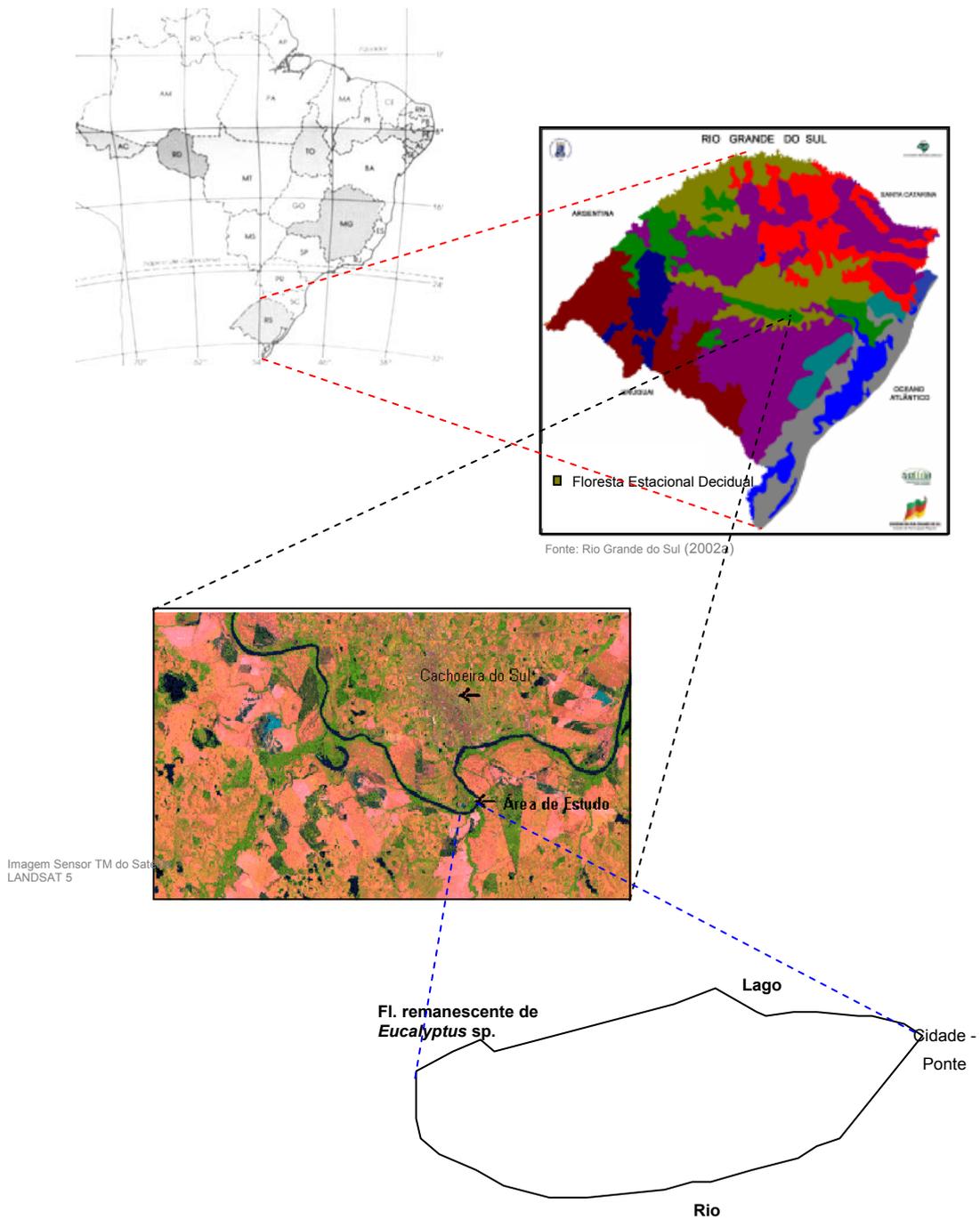


FIGURA 1 - Localização e caracterização de fragmento de Floresta Estacional Decidual Ripária, no Baixo Rio Jacuí, Cachoeira do Sul, RS, Brasil.

O fragmento ocorre numa curva interna do rio, estando sujeito a maior alteração durante o extravasamento, em períodos de maior intensidade de chuva.

3.1.2 Caracterização geral da área

A área de estudo pertence ao domínio geológico da Cobertura de Sedimentos Cenozóicos. Neste domínio, ocorrem diferentes tipos de depósitos sedimentares de origem desde o Período Terciário, mas principalmente precoce (Época Holocênica do Período Quaternário). Os Depósitos Sedimentares do Holoceno são bastante diversificados, sendo fluviais, marinhos, lagunares, eólicos e coluviais. Os sedimentos aluviais, que ocupam áreas nas margens dos rios, constituem-se de areia, cascalho, silte e argila (Kaul, 1990).

A unidade de relevo Planícies do Rio Jacuí-Ibicuí está contida no Domínio Morfoestrutural do Quaternário, com superfícies planas formadas por acumulação de sedimentos; e no subdomínio dos Depósitos Sedimentares Interioranos representados por planícies fluviais. O rio Jacuí ocorre na direção oeste-leste, desaguando no rio Guaíba, sendo caracterizado por apresentar suas margens brejosas, com inundações periódicas (várzeas) ou terraços aluviais com ruptura do pequeno declive em relação à várzea e ao leito do rio. A declividade destas áreas é de 0 a 2% e o lençol freático encontra-se muito próximo da superfície (Herrmann & Rosa, 1990).

Moser (1990) classificou o solo como Planossolo, típicos de áreas com excesso de água em período temporário ou permanente, o que é comum em áreas baixas. Esses solos apresentam horizonte superficial eluvial de textura arenosa ou média, em grande contraste com o horizonte B. A potencialidade agrícola é restrita, devido à textura arenosa ou média e excesso de água.

A vegetação pertence à região fitogeográfica de Floresta Estacional Decidual, caracterizada por apresentar duas estações térmicas distintas, que provocam a estacionalidade dos elementos arbóreos dominantes do estrato emergente. A queda de temperatura, no inverno, causa a seca fisiológica, proporcionando que mais de 50% dos indivíduos do dossel percam as folhas (Klein, 1984). Nesta, apesar de ocorrer intensidade e regularidade pluviométrica, o período de frio restringe o desenvolvimento de maior número de espécies tropicais (Leite & Klein, 1990).

Na Floresta Estacional Decidual, as espécies descritas como mais importantes são *Nectandra megapotamica*, *Cupania vernalis*, *Sebastiania commersoniana*, *Luehea divaricata*, *Ocotea puberula*, *Matayba elaeagnoides*, *Casearia sylvestris*, *Allophylus edulis*, *Patagonula americana*, *Parapiptadenia rigida*, *Machaerium paraguariense*, *Cabralea canjerana*, *Phytolacca dioica*, *Nectandra lanceolata*, *Alchornea triplinervia*, *Sebastiania brasiliensis* e *Gymnanthes concolor*. Na bacia hidrográfica do Baixo Jacuí-Pardo, onde está inserida a área de estudo essas espécies também foram as mais características, além de *Lithraea brasiliensis*, *Ocotea pulchella*, *Eugenia uniflora* e *Blepharocalyx salicifolius* (Rio Grande do Sul, 2002a).

Conforme classificação de Köppen, o clima na região pertence à variedade específica “Cfa”, definida por apresentar temperatura média do mês mais frio entre -3° e 18°C e, do mês mais quente superior a 22°C ; com chuvas distribuídas durante todo o ano (Moreno, 1961; Ometo, 1981).

Nimer (1990) descreveu as características térmicas da área de estudo como na categoria de Clima Mesotérmico Brando, com temperatura média anual de 18 a 20°C , cujo mês mais frio (julho) apresenta média térmica de 13 a 15°C e o mês mais quente (janeiro) entre 24 e 26°C . A precipitação média anual é de 1.500 a 1.750mm.

Moreno (1961) descreveu que a temperatura média anual em Cachoeira do Sul é de $19,2^{\circ}\text{C}$, cujo mês mais quente é janeiro ($24,8^{\circ}\text{C}$) e

o mais frio é julho (13,6°C). A precipitação média anual está entre 1.500 e 1.600 mm.

Durante o período de estudo, janeiro de 2000 a março de 2002, os dados de temperatura e precipitação, obtidos na Estação Meteorológica da Universidade Federal de Santa Maria, mostraram tais descrições, observando-se, na Figura 2, que as menores temperaturas nos dois anos ocorreram em julho e as chuvas foram distribuídas. Na mesma figura, é possível verificar os meses em que ocorreram enchentes (extravasamento do rio), a partir de dados diários do nível do rio, obtidos a aproximadamente 500 m do fragmento, pela PORTOBRAS (Empresa de Portos do Brasil).

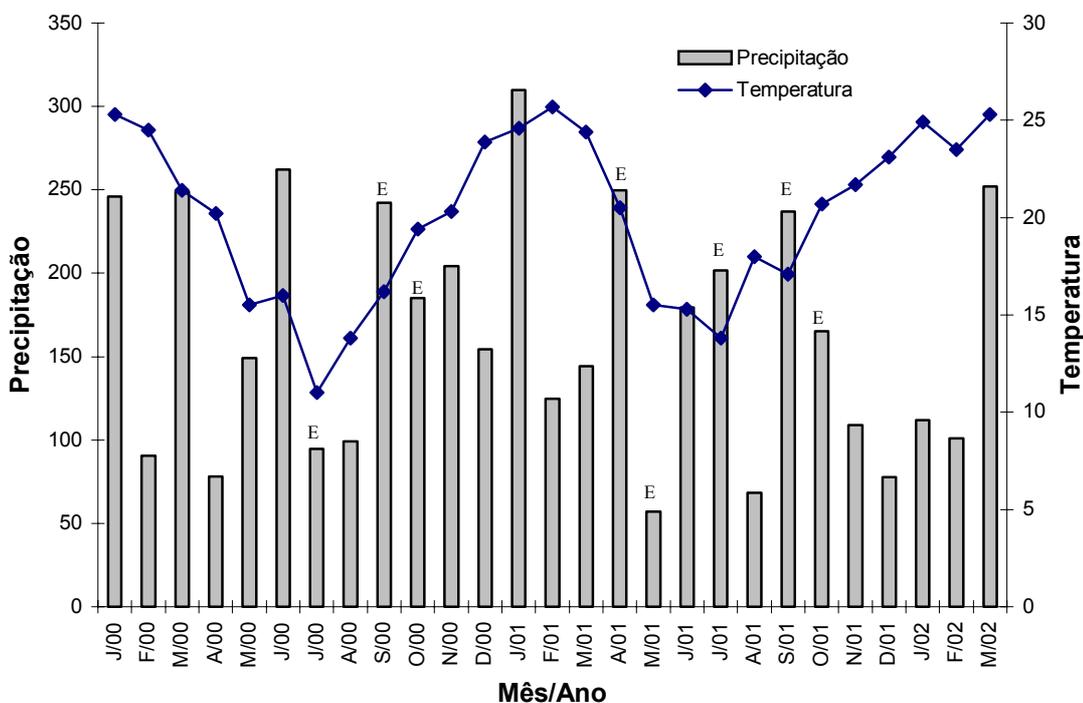


FIGURA 2 – Variáveis climáticas de precipitação (mm) e temperatura (°C); e meses com extravasamento (E) do rio, de janeiro de 2000 e março de 2002.

3.1.3 Caracterização do fragmento

Conforme observações de fatores ambientais durante o estudo, foi possível descrever os seguintes aspectos da área:

- a topografia no fragmento é acidentada, tanto no sentido longitudinal como perpendicular ao curso do rio. A primeira parcela (10 m) representa a ribanceira, enquanto as parcelas posteriores apresentam maior altitude, declinando novamente no final da mata (borda) (Figura 3);
- a declividade entre parcelas variou de plana (1% declividade) à fortemente ondulada (declividade maior de 20%);
- as parcelas centrais são rompidas longitudinalmente, por canais e concavidades, no período de extravasamento do rio. Nas três primeiras faixas, os canais formados, para escoamento da água, ocorreram nas parcelas 4, 5, 9 e 10 (Figura 3). Nas faixas seguintes, a irregularidade na área não apresenta tendência clara, pois são formadas concavidades isoladas;
- medições mensais, analisadas conjuntamente com os dados da PORTOBRAS e cotas altimétricas, mostraram que o nível do lençol freático varia no tempo e espaço. Em períodos de enchente e extravasamento do rio, toda ou grande parte da superfície do solo da mata é coberta por água, durante alguns dias, geralmente, em época próxima do inverno (maio a outubro);
- dependendo da intensidade das chuvas, a porção central da mata não é inundada, formando uma ilha. Entretanto, em alguns pontos (concavidades isoladas) há o acúmulo de água por curto período (dias), de onde a saída parece estar mais influenciada pela infiltração do que pelo escoamento superficial. Ao contrário, nos canais, que ocorrem no meio da mata, o escoamento superficial atua mais intensamente;
- no espaço, a borda (final da mata), conforme Schiavini (1992), é que permanece mais tempo influenciada pela saturação hídrica, pois é

adjacente a uma concavidade no terreno (externa à mata), que se mantém com água pela maior parte do ano, formando um pequeno lago;

- a margem do rio é afetada durante as cheias, enquanto o meio da mata é a porção menos influenciada pelas enchentes;
- em termos gerais o solo na área (20 cm superficiais) é semelhante nos diferentes pontos (Anexo 1). Por outro lado, a fração areia foi evidente nos primeiros 20 m e no final da mata o solo apresentou maior porcentagem de argila (maior de 25%);
- comparando com Tedesco *et al.* (1995), o teor de fósforo foi de médio a baixo, dependendo da classe de solo (proporção de argila) cuja média foi em torno de 10,5 mg/l. Potássio, cálcio e magnésio apresentam teores médios de 74,8 mg/l, 3,09 e 1,0 cmol/l, respectivamente;
- a acidez, em todas as parcelas, pode ser considerada elevada, considerando que o pH nunca foi superior a 5,0;
- a porcentagem média de matéria orgânica foi baixa (1,95%), porém é maior na borda da mata;
- a intensidade luminosa relativa, medida com auxílio de luxímetro, mostrou que, no interior da floresta, ocorreu em média 2,8% de entrada de luz em relação a luz externa (100%), cujo coeficiente de variação foi de 13,7%. Estes valores indicam o índice de área foliar, ou seja, a cobertura produzida pelas copas das espécies arbóreas, arbustivas e cipós, a 1m da superfície do solo;
- a porcentagem de luz que atinge o interior da floresta varia com sua estrutura, o que reflete no crescimento das plantas, considerando que a intensidade de 1 a 2% é o mínimo necessário para o desenvolvimento destas. As florestas decíduais, no período de caducifolia recebem a máxima luminosidade no sub-bosque, seguindo ritmo vegetativo diferenciado das espécies do dossel (Andrae, 1978).

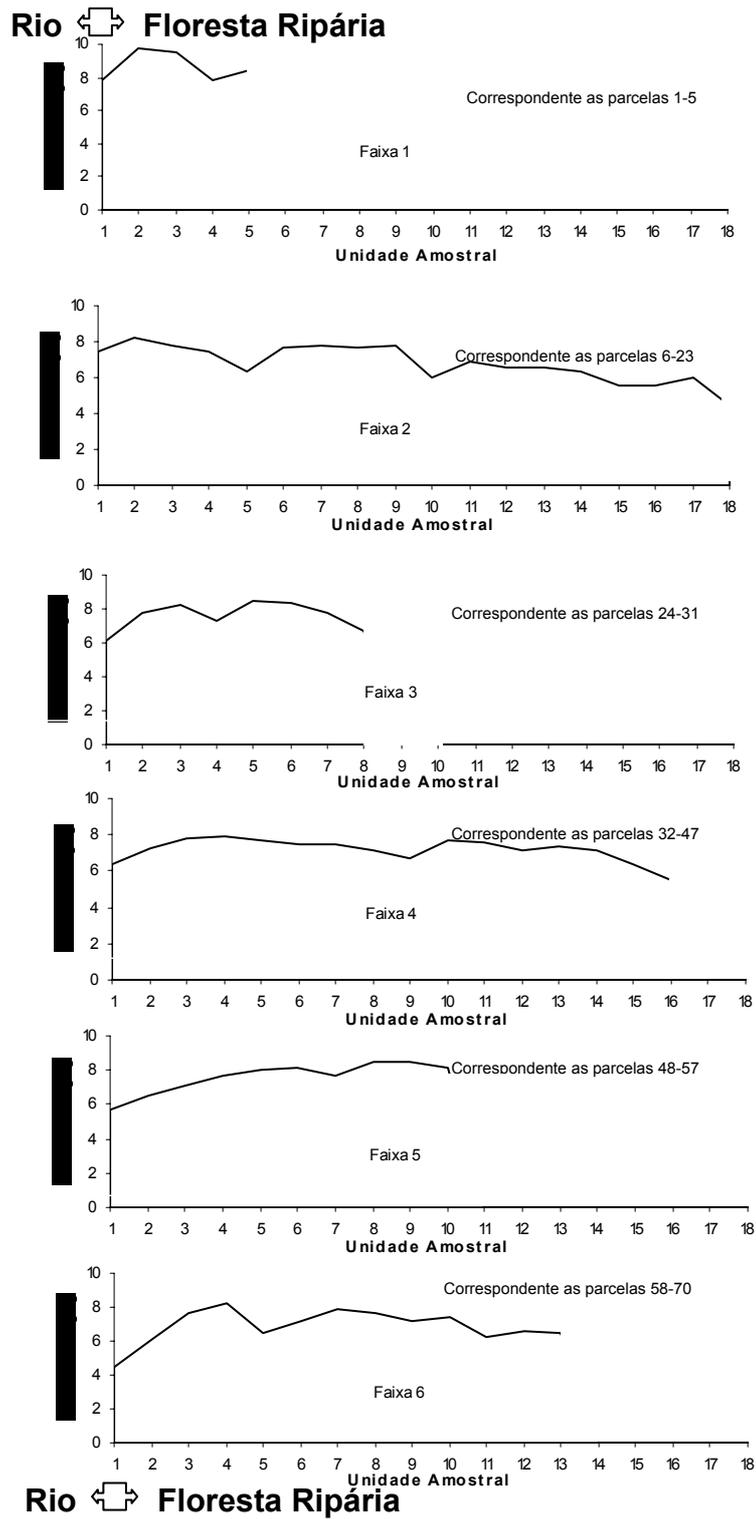


FIGURA 3 — Caracterização da topografia do fragmento, em Floresta Estacional Decidual Ripária, no Baixo Rio Jacuí, Cachoeira do Sul, RS, Brasil.

3.2 Métodos

3.2.1 *Estudo da vegetação*

3.2.1.1 *Amostragem*

A quantificação total (censo) de uma comunidade geralmente não é possível e nem necessária, quando se tem um sistema de amostragem adequado que considera a vegetação como um todo (Oosting, 1956). Além disso, outro aspecto importante é que o sistema de amostragem seja conveniente ao objetivo do pesquisador. O método de transecto (faixa), por exemplo, é ideal e eficiente quando se deseja estudar gradiente ecológico (Brower & Zar, 1984).

Assim, considerando o objetivo de verificar a variação da vegetação dentro do fragmento e a eventual ocorrência de grupos, foram locadas faixas perpendiculares ao rio, distribuídas sistematicamente com 50 m de distância, entre si, na margem do rio. Estas faixas foram subdivididas em subunidades amostrais de 10 m x 10 m (Figura 4).

O fato de o fragmento estudado estar localizado numa curva do rio proporcionou que algumas faixas fossem interceptadas por outras e, assim, apenas três faixas chegaram até a borda da mata. Além disso, as distâncias entre estas faixas foram diferentes nesta porção do fragmento.

A vegetação estudada foi representada por indivíduos maiores de 20 cm de altura, abordados em duas classes de tamanho:

— Classe I: indivíduos com circunferência a 1,3 m do solo (CAP) igual ou maior de 15 cm, observados em subunidades amostrais de 10 m x 10 m. Nesta classe foram considerados indivíduos de espécies arbóreas e arbustivas, os quais foram identificados e medidos (CAP e altura); e cipós que tiveram apenas a CAP medida, não sendo identificado quanto a espécie;

— Classe II: indivíduos com altura igual ou maior de 20 cm e $CAP < 15$ cm, sendo identificados em sub-subunidades amostrais de 1 m x 4 m. Estas subunidades foram avaliadas dentro das parcelas de 10mx10m, intercalando-se duas, entre cada uma amostrada. A primeira unidade na margem e a última (borda) sempre foram observadas. Lianas e ervas (desconsiderando graminóides) foram consideradas quanto à presença da forma de vida.

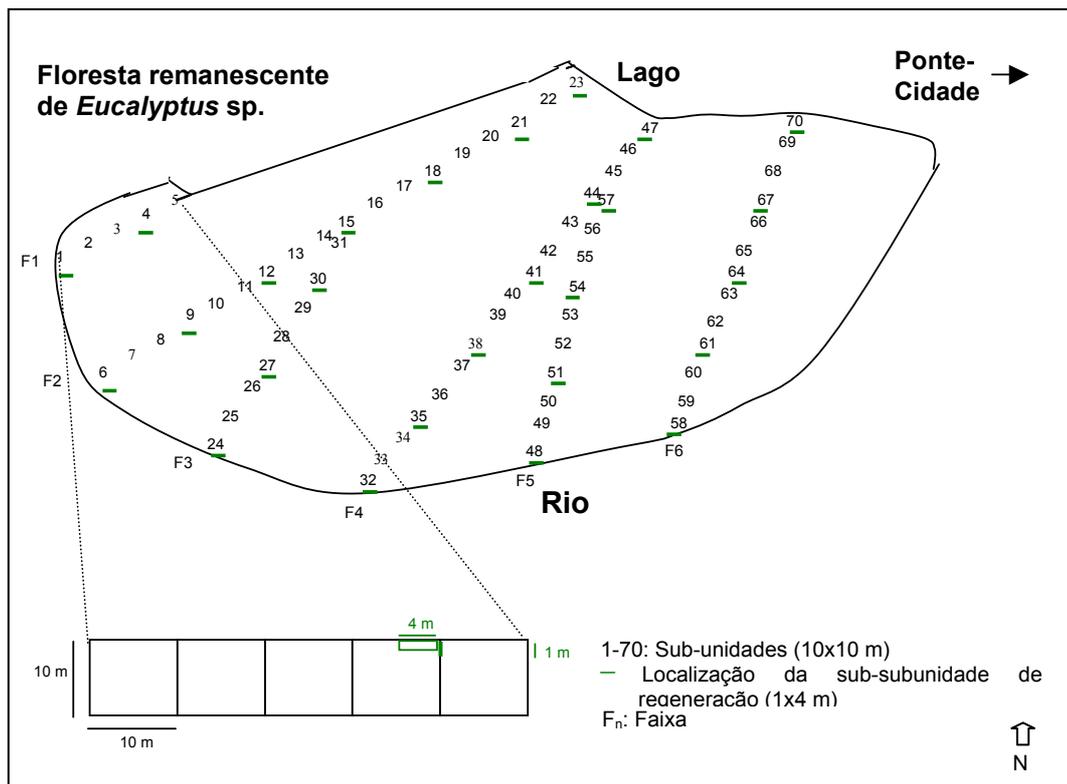


FIGURA 4 — Caracterização da amostragem utilizada no estudo da vegetação em fragmento de Floresta Estacional Decidual Ripária, Baixo Rio Jacuí, Cachoeira do Sul, RS, Brasil.

As espécies arbóreas e arbustivas da classe II foram monitoradas durante dois anos, com a primeira observação realizada em 16 de abril de 2000 e a última em 18 de março de 2002, totalizando sete medições, com intervalo de quatro meses, com exceção da última medição (três meses).

Esta metodologia foi parcialmente baseada em trabalhos de Vieira (1996), que utilizou amostras de 1 m x 5 m e Martinez-Ramos & Soto-Castro (1993) que identificaram, contaram e mapearam plântulas menores de 1 m, a cada três meses, durante 1 ano, considerando-as como recrutadas.

No primeiro mês, foi identificada a maior parte dos indivíduos, que já estavam etiquetados no campo. Quando a identificação não era possível, procurava-se um exemplar em torno da parcela, para identificação por especialistas. Caso não fosse encontrado, esperava-se até que o indivíduo apresentasse característica morfológica para identificação.

Os indivíduos desta classe foram mapeados e etiquetados no campo (Anexo 2), com rotulador. As etiquetas numeradas foram colocadas em fio de cobre e amarradas em torno da plântula (Figura 5).



FIGURA 5 — Caracterização da metodologia de amostragem e medição da regeneração em Floresta Estacional Decidua Ripária, Baixo Rio Jacuí, Cachoeira do Sul, RS, Brasil.

Conforme Braun-Blanquet (1979), a área mínima que representa uma comunidade deve corresponder a um número mínimo de espécies e pode ser obtida através da curva espécie-área. Nesta, o número cumulativo de espécies é plotado em função da área, também cumulativa, cujos eixos ocupados são, respectivamente, da ordenada (y) e abscissa (x) (Brower & Zar, 1984).

Assim, a otimização da amostragem da classe I foi realizada através deste método, conforme já utilizada por Jardim & Hosokawa (1986); Schiavini (1992); Vieira (1996); Longhi (1997); Araujo (1998); Longhi *et al.* (2000) e Felfili & Imanã-Encinas (2001).

A partir desta constatação, pode-se dar veracidade à suficiência amostral, prosseguindo o estudo de agrupamento, já que as espécies são variáveis fundamentais na análise multivariada, realizada para classificação.

Posteriormente, para cada agrupamento (sub-formação vegetal) também foi elaborada uma curva espécie-área, como forma de confirmá-los como menor unidade dentro da comunidade. Este procedimento permite verificar a área mínima que corresponde à unidade básica da classificação fitossociológica (Braun-Blanquet, 1979).

3.2.1.2 *Análise de Cluster*

A determinação de sub-formações florestais (agrupamentos), dentro do fragmento, foi realizada pelo programa *TWINSPAN (Two-way Indicator Species Analysis)*, o qual verifica a ocorrência de padrões na distribuição de espécies, associados às condições ambientais locais constatadas no campo (Hill, 1979).

Na análise multivariada, utilizou-se uma matriz de 70 x 42, considerando as 70 unidades amostrais (linhas), 40 colunas de espécies, uma representando lianas e uma coluna de indivíduos mortos.

Os dados considerados foram de abundância das espécies por parcela na classe I, desprezando-se as espécies com menos de três indivíduos, as quais foram denominadas raras, conforme já descrito por Nascimento (2000), devido serem pouco freqüentes na área. Este procedimento foi baseado na sugestão de Gauch (1982), que considera que as espécies com número reduzido de indivíduos apresentam pouca ou nenhuma influência sobre os resultados dos agrupamentos.

Para execução da análise, os pontos de corte estipulados para as pseudoespécies foram 0, 2, 5, 10 e 20. De forma mais clara, isto pode ser explicado com o seguinte exemplo: as pseudoespécies são assim denominadas porque apenas uma espécie (ex. *Sebastiania commersoniana*) se particiona em uma “série de espécies” (S. c 1, 2, 3, 4 e 5). No caso do nível de corte ser 0, 2, 5, 10, 20, a pseudoespécie 1 teria apenas 1 (um) indivíduo em determinadas parcelas; a pseudoespécie 2 de 2 a 4 indivíduos e, assim, sucessivamente, até *Sebastiania commersoniana* 5 que corresponderia 20 indivíduos na parcela ou mais. Assim, uma espécie que é representada por 8 de indivíduos em determinada amostra, é interpretada como presente em três pseudoespécies, enquanto outra, com 3 indivíduos em duas.

As amostras são classificadas e posteriormente, de forma semelhante, a classificação é feita para espécies utilizando as amostras como base (Hill *et al.*, 1975; Felfili & Sevilha, 2001; Silva, 2002).

Para definição dos agrupamentos, além da análise matemática (multivariada) levou-se em consideração a revisão realizada sobre florestas ripárias, características observadas no campo e possíveis explicações ecológicas para a formação de tais grupos. Conforme Kent & Coker (1992), o número de subdivisões depende do tamanho e característica do conjunto de dados, considerando que não necessariamente todas as divisões são definidas como um grupo, mas aquelas que podem ser verificadas *in loco* e explicadas. Se a divisão

produzir subgrupos que não refletem as características da floresta, estes devem, então, ser mesclados.

O resultado final do *TWINSPAN* é a descrição das divisões realizadas, com respectivos autovalores, unidades amostrais, espécies indicadoras e preferenciais, amostras mal classificadas e na linha divisória de cada agrupamento, além de uma matriz organizada com a classificação hierárquica das amostras e espécies conjuntamente.

Para melhor visualização e discussão dos resultados, foi realizada a análise nodal, acrescentando as espécies raras. A análise nodal é um método que utiliza tabela de dupla entrada (unidades amostrais e espécies). As células são interligadas na tentativa de gerar *nodum*, quando uma célula é interseção para ambas as direções e *subnodum*, quando uma célula é definida em apenas uma direção (Barros, 1986). Esta análise, além de apresentar as características dos grupos estabelecidos na comunidade, permite visualizar claramente a distribuição das espécies nas parcelas e grupos formados, em função da frequência.

3.2.1.3 - *Análise fitossociológica dos agrupamentos*

No estudo da estrutura da floresta, a cada espécie presente foi dada uma valorização fitossociológica dentro do agrupamento, conforme Braun-Blanquet (1979).

A caracterização fitossociológica foi realizada mediante cálculos de parâmetros de densidade, frequência e dominância absoluta e relativa; e a hierarquização a partir do valor de importância (Lamprecht, 1962; Finol, 1971; Braun-Blanquet, 1979; Longhi, 1980; Brower & Zar, 1984; Martins, 1991), em cada agrupamento. Essa análise resulta na estrutura horizontal que reflete a distribuição e ocupação dos indivíduos em determinada área (Lamprecht, 1964; Longhi, 1997).

Para descrição dos agrupamentos de parcelas ou sub-formação vegetal, como biocenose (Dajoz, 1977), foram calculados também os

índices de similaridade e diversidade de espécies (Brower & Zar, 1984, Odum, 1988). Nestes cálculos, os cipós foram considerados como apenas uma espécie, uma vez que só foram identificados quanto à forma de vida.

Na escolha dos índices de diversidade (Índice de Shannon e Simpson) e similaridade (Índice de Sorensen), considerou-se o fato destes serem utilizados em muitas pesquisas (Barros, 1986; Walter, 1995; Vieira, 1996; Longhi, 1997; Araujo, 1998; Pantoja, 2002), permitindo a comparação com outros trabalhos.

a) *Estrutura horizontal:*

— Abundância Absoluta (AA): é o número médio de indivíduos de uma determinada espécie por unidade de área:

$$AA_i = n_i / A$$

— Abundância Relativa (AR): expressa, percentualmente, a proporção de indivíduos de uma espécie em relação ao número de indivíduos do total de espécies:

$$AR_i = (DA_i / \sum DA_i^n) \cdot 100$$

considerando-se que:

n_i = número de indivíduos da espécie i ;

A = área (ha).

— Dominância Absoluta (DoA): é a proporção do espaço ocupado pela espécie, sendo utilizada a área basal (G) para sua determinação:

$$DoA_i = G_i$$

— Dominância Relativa (DoR): expressa o espaço transversal ocupado por uma espécie em função do total de espécies:

$$DoR_i = (G_i / \sum DoA_i^n) \cdot 100$$

considerando-se que:

G_i = área basal da espécie.

— Freqüência Absoluta (*FA*): indica o percentual de parcelas onde ocorre a espécie, representando a distribuição espacial desta na área, sendo calculada por:

$$FA_i = (ua / N_{UA}) \cdot 100$$

— Freqüência Relativa (*FR*): expressa a freqüência de determinada espécie em função de todas as espécies, de forma percentual:

$$FR_i = (FA_i / \sum FA_i^n) \cdot 100$$

considerando-se que:

ua = número de unidades de amostra em que ocorreu a espécie;

N_{UA} = número total de unidades amostrais.

— Valor de Importância (*VI*): este índice foi descrito por Curtis & McIntosh (1951) como forma de hierarquizar cada espécie na floresta, sendo obtido a partir da soma dos valores relativos de densidade, dominância e freqüência. A soma do valor de importância geralmente, é transformado para percentual (*VI%*), o que permite uma análise imediatamente compreensível.

$$VI_i = DR + DoR + FR$$

$$VI_i \% = \frac{IVI_i}{\sum IVI_i^n} \cdot 100$$

b) Diversidade de espécies:

— Índice de Shannon-Wiener ou Shannon (*H'*): Este índice baseia-se na riqueza e equabilidade das espécies.

$$H' = - \sum_i^n (pi \cdot \ln pi)$$

considerando-se que:

$pi = \frac{n_i}{N}$ = probabilidade de importância de cada espécie;

n_i = número de indivíduos da espécie *i*;

N = número total de indivíduos amostrados;

ln = logaritmo neperiano.

Para utilização deste índice na comparação é importante verificar o logaritmo utilizado no cálculo (Brower & Zar, 1984).

– Equabilidade: representa uniformidade do número de indivíduos nas espécies, variando de 0 a 1. Quanto mais próximo de 1 melhor distribuídos estão os indivíduos entre as espécies:

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

sendo que:

S = número de espécies.

– Índice de Simpson (λ): este índice considera a probabilidade de dois indivíduos, tomados aleatoriamente, serem da mesma espécie.

$$\lambda = \frac{\sum n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

c) Similaridade entre sub-formações vegetais:

– Coeficiente de similaridade de Sorensen (CC_s): a comparação da composição específica na vegetação e mecanismos (fase) de regeneração foi realizada, considerando-se apenas aspectos qualitativos. O valor calculado varia de 0, quando não existem espécies comuns, a 1 quando as espécies são comuns para ambos.

$$CC_s = \frac{2c}{s_1 + s_2}$$

considerando-se que,

c = espécies comuns;

s_1 e s_2 = número de espécies em cada sub-formação ou fase da regeneração comparada.

3.2.2 Mecanismos ou fase de regeneração

Os mecanismos ou fases da regeneração estudados foram: fluxo de sementes, banco de sementes do solo e banco de plântulas (método de amostragem já descrita com vegetação), os quais consideraram os agrupamentos verificados no fragmento.

3.2.2.1 Fluxo ou dispersão de sementes

O fluxo de sementes, também estudado por Guevara & Laborde (1993), Caldato *et al.* (1996) e Vieira (1996) representa a quantidade de sementes que chega na superfície do solo num determinado tempo.

A avaliação do fluxo de sementes foi realizada a partir da disposição de 30 coletores (Figura 6) de 1 m x 1 m, distribuídos aleatoriamente (Figura 7), a 50 cm de altura dentro da floresta (Martinez-Ramos & Soto-Castro, 1993; Vieira, 1996).



FIGURA 6 — Coletores utilizados no estudo de fluxo de sementes em Floresta Estacional Decidual Ripária, no Baixo Rio Jacuí, Cachoeira do Sul, RS, Brasil.

A coleta do material depositado considerou o fluxo mensal (Guevara & Laborde, 1993; Martinez-Ramos & Soto-Castro, 1993; Caldato

et al., 1996), cujos propágulos depositados nos coletores foram armazenados em sacos de papel, etiquetados com o número do coletor e levados para separação das sementes.

O estudo foi realizado durante dois anos, a partir de 23 de março de 2000. O primeiro ano foi monitorado com substituição dos coletores danificados ou carregado pelas enchentes; mesmo assim, não foi possível manter na área três coletores (9, 12, 20). No segundo, o acompanhamento foi realizado somente nos coletores que permaneceram na área, com intuito de registrar novas espécies que não tinham ocorrido no primeiro ano.

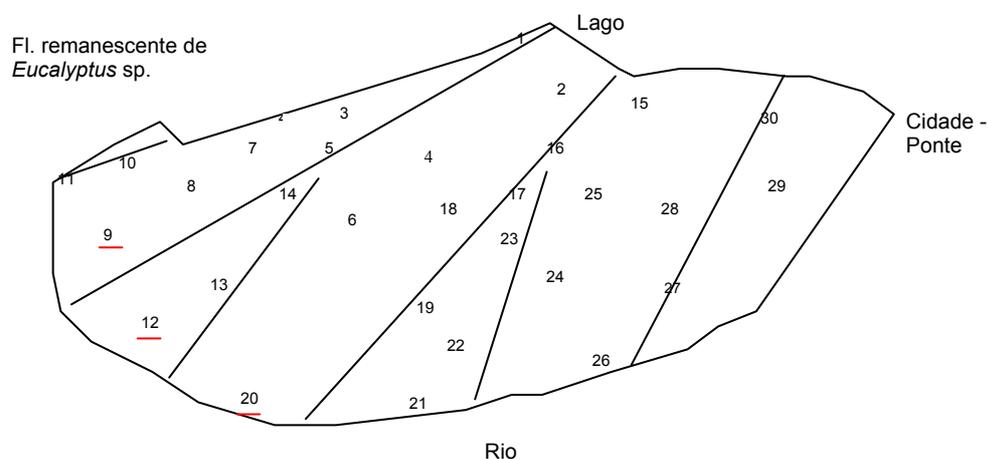


FIGURA 7 – Localização dos coletores de fluxo de sementes em fragmento de Floresta Estacional Decidual Ripária, no Baixo Rio Jacuí, Cachoeira do Sul, RS, Brasil.

Na fase laboratorial, procedeu-se da seguinte maneira: as sementes visíveis (maiores de 1mm), aparentemente saudáveis, foram separadas da serapilheira, remanescentes de insetos e miscelâneas e, então, identificadas e contadas.

Mensalmente, as sementes novas foram cadastradas, numa ficha de registro, com o número da espécie e de sementes (Anexo 3).

Para identificação, foram feitas comparações com coletas locais e fora da área (indivíduos identificados), conhecimento de especialistas,

semeadura e identificação da planta e literaturas ilustradas. Quando eram encontrados frutos intactos, contavam-se as sementes.

Nos dois primeiros meses, as sementes não-identificadas foram submetidas à germinação em germinadores com temperatura e luminosidade controladas. No entanto, a constante e intensa perda de material, causada por microorganismo, impediu o prosseguimento de tal método.

A partir do terceiro mês de coleta as sementes não identificadas foram levadas até a câmara de fluxo, no Laboratório de Biotecnologia do Departamento de Ciências Florestais, na UFSM, onde foram esterilizadas em câmara de fluxo e submetidas à germinação, em sala de incubação, sob condição de luz (± 1000 lux) e temperatura ($\pm 26^{\circ}\text{C}$) controladas (Figura 8).



FIGURA 8 — Procedimento laboratorial para germinação de sementes em câmara de fluxo (a), preparação do material (b) e material em sala de incubação (c).

Após, as sementes terem germinado, foram transplantadas para casa de vegetação até que pudessem ser identificadas.

Para analisar o fluxo de sementes, foi utilizada a média de amostras compostas de coletores nos eventuais agrupamentos de vegetação ocorridos na área. Este procedimento foi adotado em função da perda de coletores, causada pelas enchentes e acesso de pessoas na área, que retiravam a tela receptora dos coletores.

Os coletores próximos, dentro das sub-formações, formaram amostra composta, conforme Tabela 1.

TABELA 1 — Amostras compostas do fluxo de sementes em fragmento de Floresta Estacional Decidual Ripária, no Baixo Rio Jacuí, Cachoeira do Sul, RS, Brasil.

Sub-formação	Amostra	Coletores
1	1	11, 20, 21, 26
1	2	1, 2, 27*
1	3	15, 16
2	1	3, 4, 5
2	2	6, 7, 8, 14
2	3	9, 10, 12, 13
3	1	17, 18, 25
3	2	19, 22, 23, 24
3	3	28, 29, 30

* O coletor 27, apesar de estar no meio-leste, ficou sobre uma parcela classificada como F₁.

Assim, as abundâncias de sementes, dispersadas nos coletores no primeiro ano, foram analisadas, considerando três sub-formações florestais (tratamento) com três repetições cada. Os dados (variáveis discretas- número médio de sementes) foram transformados por logaritmo neperianos e os testes de normalização, homogeneidade da variância foram realizados pelo programa *SigmaStat*.

As médias e variações entre as sub-formações complementaram a avaliação dos resultados, juntamente com a análise gráfica.

Sugere-se este tipo de estudo em áreas em que não ocorre acesso de pessoas estranhas, já que a perda de amostras aumenta a variância e prejudica a análise. Porém, estes efeitos podem ser diminuídos aumentando-se o número de coletores, mesmo que seja necessário diminuir o tamanho destes.

3.2.2.2 — Banco de sementes do solo

Para estudar a densidade e composição do banco de sementes do solo, foram coletadas, aleatoriamente, 30 amostras dos primeiros 5 cm de profundidade, considerando a camada de serapilheira. Os pontos amostrados foram os mesmos utilizados para colocação dos coletores do fluxo de sementes. A coleta foi realizada dia 20 de março de 2000.

A delimitação das amostras foi realizada a partir de gabarito de madeira (0,5 m x 0,5 m), que colocados sobre a superfície do solo permitiram a padronização da amostra (Figura 9).



FIGURA 9 — Procedimento de coleta de banco de sementes do solo.

As amostras foram armazenadas em sacos plásticos, os quais foram devidamente etiquetados com o número do ponto de coleta, sendo, então, levados a germinar em casa de vegetação.

A casa de vegetação, coberta com plástico incolor para impedir o impacto da chuva, foi construída com estruturas de madeira (caixas) na superfície do solo, as quais apresentavam dimensões de 0,5 m x 1,0 m e 0,10 m de profundidade. O material coletado foi espalhado sobre 5 cm de areia esterilizada.

Sobre as caixas, na altura de 50 cm, foram colocados sombrite 50%, o que impede a contaminação de propágulos externos à área. Para verificar a ocorrência de contaminação, foram reservadas quatro testemunhas, com apenas areia esterilizada (Hall & Swaine, 1980; Araujo *et al.*, 2001b).

A distribuição das amostras na casa de vegetação foi feita aleatoriamente, evitando que qualquer agrupamento fosse favorecido.

O experimento foi conduzido durante seis meses, com irrigação e monitoramento diário.

As identificações e contagens foram mensais. Quando a identificação não foi possível, o indivíduo recebeu uma etiqueta com um número, o qual foi descrito na ficha de campo. Nesse caso, foram observados eventos de floração¹ (momento de repicagem) dos indivíduos não-identificados. Em várias ocasiões, o material foi transplantado para sacos com substrato de solo e areia, na proporção de 3:1, sendo irrigado até que fosse possível a identificação.

O transplante, apesar de necessário, muitas vezes levou à perda de indivíduos, prejudicando a identificação.

Os indivíduos, após identificação, foram classificados quanto à forma de vida (Font-Quer, 1989):

¹ O banco de sementes do solo apresenta uma grande proporção de espécies de ciclo curto, que poderiam frutificar e dispersar no local, contaminando a coleta.

- árvore: vegetal lenhoso com altura ≥ 5 m, com fuste principal bem definido;
- arbusto: vegetal lenhoso menor de 5 m, ramificado desde a base;
- erva: vegetal não-lignificado. Nessa forma de vida foram incluídos os indivíduos graminiformes;
- liana: vegetal com hábito sarmentoso.

A identificação foi realizada por especialistas e com base em literaturas apropriadas (Lorenzi, 1994; Lorenzi, 1998a; Lorenzi, 1998b).

No quarto mês, quando o número de sementes germinadas apresentou decréscimo considerável, o material coletado em cada bandeja foi revolvido para que as sementes pequenas (pouca reserva) pudessem germinar.

Para análise estatística, foram considerados os pontos de amostra simples dentro dos eventuais grupamentos de vegetação ocorridos na área. Os dados de densidade de sementes no solo foram transformados por logaritmo neperiano, submetidos a teste para verificação da distribuição normal e homogeneidade da variância e, então, realizada análise de variância simples, utilizando-se o programa *SigmaStat*.

A densidade de germinação no tempo e potencial florístico, quanto à forma de vida, foi representada por análise gráfica.

3.2.2.3 Banco de plântulas

O estudo do banco de plântulas (regeneração) foi realizado por análise de variância simples, cuja normalização dos dados de densidade de indivíduos nas parcelas foi obtida a partir de transformação por logaritmo neperiano (\ln), utilizando o programa *SigmaStat*.

Com objetivo de obter informações sobre a dinâmica e comparar a tolerância das espécies nos diferentes agrupamentos, foram calculadas as taxas de mortalidade (r_{mo}) durante os dois anos de estudo, baseadas na fórmula logarítmica de Lieberman *et al.* (1985), utilizada por Cabral

(1999); e ingresso (r_i) e mudança (r_{mu}), das espécies, utilizada por Chagas (2000):

$$r_{mo} \% = \left\{ \left[\left(\frac{N_1 - m}{N_1} \right)^{1/t} \right] - 1 \right\} \bullet 100$$

$$r_i \% = \left\{ \left[\left(\frac{N_1 + i}{N_1} \right)^{1/t} \right] - 1 \right\} \bullet 100$$

$$r_{mu} \% = \left\{ \left[\left(\frac{N_2}{N_1} \right)^{1/t} \right] - 1 \right\} \bullet 100$$

considerando-se que,

N_1 = número de indivíduos na primeira medição;

N_2 = número de indivíduos na última medição;

I = indivíduos ingressados;

M = indivíduos mortos;

T = tempo em anos.

Para efeito de comparação, a taxa de mortalidade também foi calculada conforme Still (1996), que utilizou equação logarítmica para estudo de regeneração, observando-se valores bastante similares, o que proporcionou maior segurança na utilização das equações.

3.2.2.4 - Observações complementares

Com o objetivo de complementar as informações relacionadas aos mecanismos de regeneração, o trabalho foi acompanhado por estudo de fenologia, observando-se, mensalmente, durante dois anos, evento de frutificação das espécies amostradas no estudo da vegetação.

As espécies estudadas foram aquelas que apresentaram cinco ou mais indivíduos amostrados, das quais aquelas com maior representatividades tiveram cinco indivíduos sorteados.

As observações foram feitas utilizando-se binóculo e, freqüentemente, com coleta de material botânico.