

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**

**INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS**

**DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA**

**Desenvolvimento de Metodologia para Análise de Impacto e Monitoramento Ambiental a partir do Estudo do Metabolismo de Sistemas Aquáticos Utilizando os Processos de Decomposição e Colonização Foliar por Macroinvertebrados como Indicativo da Qualidade Ecológica da Água.**

**ANDRÉ FRAINER BARBOSA**

Monografia apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Biologia

**Dr. Gilberto Gonçalves Rodrigues**

Orientador

Porto Alegre, dezembro de 2005



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS**

**Desenvolvimento de Metodologia para Análise de Impacto e Monitoramento Ambiental a partir do Estudo do Metabolismo de Sistemas Aquáticos Utilizando os Processos de Decomposição e Colonização Foliar por Macroinvertebrados como Indicativo da Qualidade Ecológica Da água.**

*André Frainer Barbosa*

*“A relação do homem com a natureza é imediatamente sua relação com o homem, do mesmo modo que a relação com o homem é imediatamente sua relação com a natureza, sua própria determinação natural.”*

Karl Marx

Aos rios, arroios, riachos, igarapés e ribeirões tão maltratados nesse nosso país e mundo.

Ao rio das Antas.

Ao rio Uruguai.

Ao rio Pelotas.

## AGRADECIMENTOS

A minha família, meus pais, James e Liège, pela formação e incentivo, irmãos, Gustavo e Eduardo, pela amizade e, minhas avós pelo exemplo de vida;

À Melina Duarte. Obrigado pela companhia e apoio;

Aos amigos que me deram uma grande força em campo: Gil, Melina, Edu, Verônica, Andrés, Lucas, Moisés, Floresta, Fábio, João, Horácio;

Eduardo Verônica e Cecília pelo companherismo, amizade e ajuda em laboratório;

Família Ruppenthal, pela hospedagem em Lajeado;

Lucas Milanezi e Moisés da Luz pela dedicada amizade e ajuda na realização do levantamento florístico. Andrés Fernandez pelo compañerismo revolucionario;

Ao Fábio S. Vilella, pelo apoio, incentivo e por agilizar o desenvolvimento deste projeto pela FEPAM, SEMA e Biolaw;

À Biolaw, na pessoa de Adriano Cunha pela viabilização deste projeto;

Aos técnicos da FEPAM: Ana Lúcia, Raquel e todo pessoal envolvido nesse projeto que deram apoio fundamental para a realização deste trabalho; ao Fernando Floresta; aos queridos motoristas que me agüentaram por nove longas viagens mensais e se tornaram grandes, eternos e saudosos amigos em meu peito: João Centena e Horácio (*in memoriam*);

Ao Centro de Ecologia (direção, funcionários e técnicos) e pela infra-estrutura (salas, laboratórios e equipamentos) disponibilizados;

Ao Departamento de Ecologia (professores, funcionários e colegas);

Profa. Teresinha Guerra e Prof. Fernando Becker pelas sugestões de correção do trabalho;

Ao meu orientador Gilberto Gonçalves Rodrigues, a quem sou imensamente grato. Com sua orientação pude realizar este trabalho com confiança e apoio permanentes;

E em especial, ao povo brasileiro que mantém financiando o ensino superior público nacional.

## SUMÁRIO

Resumo .....	10
Abstract .....	11
1. Introdução .....	12
1.1. Objetivos .....	17
2. Material e Métodos .....	18
2.1. Área de Estudo .....	18
2.1.1. Caracterização da região: aspectos geomorfológicos e vegetacionais .....	18
2.1.2. Bacia Hidrográfica U30 .....	19
2.1.3. Sub-bacia hidrográfica Lajeado Grande .....	20
2.1.3.1. Perfil sócio-econômico .....	20
2.1.3.2. Estações amostrais de coleta no arroio Lajeado Grande e Lajeado Eral Novo .....	21
2.2. Material e Métodos .....	24
2.2.1. Confecção das bolsas-de-folhço .....	24
2.2.2. Procedimentos em campo .....	26
2.2.3. Procedimentos em laboratório .....	27
2.2.3.1. Procedimentos com o material foliar .....	27
2.2.3.2. Características morfométricas das folhas de canela-guaicá ( <i>Ocotea puberula</i> ) .....	27
2.2.3.3. Procedimentos com o material circundante às folhas .....	28
2.2.3.4. Identificação dos macroinvertebrados .....	28
2.2.3.5. Análise dos dados .....	29
3. Resultados .....	30
3.1. Características morfológicas e florísticas das estações de coletazação das Estações de Coleta .....	30
3.2. Variáveis ambientais relativas às estações de coleta .....	35
3.3. Características morfométricas das folhas de canela-guaicá ( <i>Ocotea puberula</i> ) Macroinvertebrados bentônicos .....	36
3.4. Decomposição foliar de canela-guaicá ( <i>Ocotea puberula</i> ) .....	36
3.5. Macroinvertebrados bentônicos .....	41
3.6. Macroinvertebrados bentônicos x Degradação foliar de <i>Ocotea puberula</i> .....	51
3.7. Disponibilidade de recursos .....	54
4. Discussão .....	55
4.1. Desenvolvimento de metodologia a partir de estudos de colonização e decomposição foliar por macroinvertebrados .....	56
4.2. Características morfométricas das folhas de canela-guaicá ( <i>Ocotea puberula</i> ) .....	61
4.3. Macroinvertebrados bentônicos x Degradação foliar de <i>Ocotea puberula</i> .....	61
5. Conclusões .....	66
6. Referências bibliográficas .....	68
7. Anexos .....	75

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1- a) Mapa do Estado do Rio Grande do Sul. No detalhe, área correspondente à bacia hidrográfica U30. Fonte: Brasil Visto do Espaço, 2004; b) Bacia Hidrográfica U30. Fonte: FEPAM, 2004..... - 19 -
- Figura 2- Hidrografia da sub-bacia do Arroio Lajeado Grande. Em verde estão demarcadas as Estações de Coleta utilizadas no experimento de decomposição foliar e colonização por macroinvertebrados ao longo dessa sub-bacia. .... - 22 -
- Figura 3- Famílias e número de espécies amostradas nas estações de coleta da sub-bacia Lajeado Grande, RS, nos períodos de 12 de abril e 17 de maio de 2005. .... - 32 -
- Figura 4- Número de famílias e espécies inventariadas nas estações de coleta da sub-bacia do Lajeado Grande, RS, nos períodos de 12 de abril e 17 de maio de 2005. .... - 33 -
- Figura 5- Taxas de decomposição de *Ocotea puberula* (Lauraceae) nas estações de coleta da sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, RS, no período de novembro de 2004 a maio de 2005. .... - 37 -
- Figura 6(a-f)- Taxas de decomposição de *Ocotea puberula* nas estações de coleta da sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, RS, no período de novembro de 2004 a maio de 2005. a) estação de coleta PSM; b) estação de coleta PSJ; c) estação de coleta CITRESU; d) estação de coleta LEN 7,7; e) estação de coleta LEN 15; f) estação de coleta LG 9,2. .... - 38 -
- Figura 7(a-c)- Taxas de decomposição de *Ocotea puberula* (LAURACEAE) nas estações de coleta da sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, RS, no período de novembro de 2004 a maio de 2005. a) estação de coleta LG 37,8; b) estação de coleta LG 56; c) estação de coleta LG 79..... - 39 -
- Figura 8- Percentual de macroinvertebrados bentônicos coletados em bolsas-de-folhíço nas estações de coleta da sub-bacia hidrográfica Lajeado Grande, no período de novembro de 2004 a maio de 2005. .... - 42 -
- Figura 9(a-f)- Colonização de macroinvertebrados (média  $\pm$  dp) em folhas de canela-guaicá (*Ocotea puberula*, Lauraceae) em experimentos conduzidos nas estações de coleta da sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, Alto Uruguai, RS, no período de novembro 2004 a maio 2005. a) estação de coleta PSM; b) estação de coleta PSJ; c) estação de coleta CITRESU; d) estação de coleta LEN 7,7; e) estação de coleta LEN 15; f) estação de coleta LG 9,2..... - 43 -
- Figura 10(a-c)- Colonização de macroinvertebrados (média  $\pm$  dp) em folhas de canela-guaicá (*Ocotea puberula*, Lauraceae) em experimentos conduzidos nas estações de coleta da sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, Alto Uruguai, RS, no período de novembro 2004 a maio 2005. a) estação de coleta LG 37,8; b) estação de coleta LG 56; c) estação de coleta LG 79..... - 44 -
- Figura 11- Densidade média ( $\text{ind.g}^{-1}$ ) de macroinvertebrados bentônicos em folhas de canela-guaicá (*Ocotea puberula*, Lauraceae) em experimentos conduzidos nas estações de coleta da sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, RS, no período de novembro de 2004 a maio de 2005. .... - 49 -
- Figura 12- Abundância relativa ( $\text{ind.bolsa}^{-1}$ ) de macroinvertebrados bentônicos em folhas de canela-guaicá (*Ocotea puberula*, Lauraceae) em experimentos conduzidos nas

estações de coleta da sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, RS, no período de novembro de 2004 a maio de 2005..... - 50 -

Figura 13 (a-b)- Taxas do processamento de decomposição foliar de *Ocotea puberula* (Lauraceae) e densidade média de macroinvertebrados bentônicos em bolsas-de-folhiço expostas na sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, no período de novembro de 2004 a maio de 2005. a) EC PSM; b) EC PSJ..... - 51 -

Figura 14(a-d)- Taxas do processamento de decomposição foliar de *Ocotea puberula* (Lauraceae) e densidade média de macroinvertebrados bentônicos em bolsas-de-folhiço expostas na sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, no período de novembro de 2004 a maio de 2005. a) EC CITRESU; b) EC LEN 7,7; c) EC LEN 15; d) EC LG 37,8. .... - 52 -

Figura 15(a-c)- Taxas do processamento de decomposição foliar de *Ocotea puberula* (Lauraceae) e densidade média de macroinvertebrados bentônicos em bolsas-de-folhiço expostas na sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, no período de novembro de 2004 a maio de 2005. a) EC LG 9,2; b) EC LG 56; d) EC LG 79. .... - 53 -

Figura 16- Dispersão dos coeficientes de decomposição ( $-k$ ) obtidos ao final de experimentos de decomposição foliar com *Ocotea puberula* (Lauraceae) nas estações de coleta da sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, Alto Uruguai, RS. .... - 63 -

Figura 17- Distribuição espacial dos valores  $k$  obtidos ao final de experimentos de decomposição foliar com *Ocotea puberula* (Lauraceae) nas estações de coleta da sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, Alto Uruguai, RS. Imagem de Satélite fonte: Embrapa (2005). .... - 64 -

Figura 18- Visualização gráfica a partir de agrupamentos numéricos relativos à disponibilidade de recursos (em  $g.ind^{-1}$ ) nas estações de coleta da sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, compreendendo o período de exposição  $t_{15}$  (novembro de 2004) a  $t_{180}$  (maio de 2005). .... - 65 -

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1- Coordenadas geográficas, descrição e localização espacial das estações de coleta selecionadas para este estudo, da sub-bacia hidrográfica Lajeado Grande, noroeste do RS. .... - 22 -
- Tabela 2- Relação das estações de coleta da bacia hidrográfica Lajeado Grande e os tempos de exposição com retirada de bolsas-de-folhíço..... - 25 -
- Tabela 3- Períodos de retirada das bolsas-de-folhíço expostas nos dias 16 e 17 de novembro de 2004 e tempo de exposição total do material ( $t_{\text{dias}}$ ) na sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, RS..... - 27 -
- Tabela 4- Literatura consultada para identificação dos macroinvertebrados bentônicos.- 29 -
- Tabela 5- Valores  $-k$  calculados para *Ocotea puberula* nas estações de coleta da sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, RS, após o término do experimento, no período de novembro de 2004 a maio de 2005..... - 39 -
- Tabela 6- Número total de macroinvertebrados bentônicos por taxon presente em bolsas-de-folhíço coletados nas estações de coleta da sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, no período de novembro de 2004 e maio de 2005. Dipt = Diptera, Não-Dipt = Insetos Não-Diptera, Crus = Crustacea, Moll = Mollusca, Anne = Annelida, Acari, Coll = Collembola, Nema = Nematoda, Plat = Platyelminthes. .... - 41 -
- Tabela 7- Valores de recurso disponível por organismo macroinvertebrado ( $g.ind^{-1}$ ) nas estações de coleta da sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, no período de novembro de 2004 a maio de 2005..... - 54 -
- Tabela 8- Disponibilidade de recursos ( $g.ind^{-1}$ ) nas estações de coleta da sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, no período de novembro de 2004 a maio de 2005.- 54 -

## TABELA DE ANEXOS

Anexo 1- Informações sobre o nome científico e usualmente utilizado (nome popular), caracterização fitogeográfica e hábito das espécies em uma avaliação florística realizada no período de 12 de abril de 2004 na EC LG 9,2, sub-bacia hidrográfica Lajeado Grande, Alto Uruguai, RS. ....	- 75 -
Anexo 2- Informações sobre o nome científico e usualmente utilizado (nome popular), caracterização fitogeográfica e hábito das espécies em uma avaliação florística realizada no período de 12 de abril de 2004 na EC LG 37,8, sub-bacia hidrográfica Lajeado Grande, Alto Uruguai, RS. ....	- 76 -
Anexo 3- Informações sobre o nome científico e usualmente utilizado (nome popular), caracterização fitogeográfica e hábito das espécies em uma avaliação florística realizada no período de 12 de abril de 2004 na EC LG 56, sub-bacia hidrográfica Lajeado Grande, Alto Uruguai, RS. ....	- 76 -
Anexo 4- Informações sobre o nome científico e usualmente utilizado (nome popular), caracterização fitogeográfica e hábito das espécies em uma avaliação florística realizada no período de 12 de abril de 2004 na EC LG 79, sub-bacia hidrográfica Lajeado Grande, Alto Uruguai, RS. ....	- 77 -
Anexo 5- Informações sobre o nome científico e usualmente utilizado (nome popular), caracterização fitogeográfica e hábito das espécies em uma avaliação florística realizada no período de 12 de abril de 2004 na EC LEN 7,7, sub-bacia hidrográfica Lajeado Grande, Alto Uruguai, RS. ....	- 79 -
Anexo 6- Informações sobre o nome científico e usualmente utilizado (nome popular), caracterização fitogeográfica e hábito das espécies em uma avaliação florística realizada no período de 12 de abril de 2004 na EC LEN 15, sub-bacia hidrográfica Lajeado Grande, Alto Uruguai, RS. ....	- 80 -
Anexo 7- Informações sobre o nome científico e usualmente utilizado (nome popular), caracterização fitogeográfica e hábito das espécies em uma avaliação florística realizada no período de 12 de abril de 2004 na EC PSM, sub-bacia hidrográfica Lajeado Grande, Alto Uruguai, RS. ....	- 81 -
Anexo 8- Informações sobre o nome científico e usualmente utilizado (nome popular), caracterização fitogeográfica e hábito das espécies em uma avaliação florística realizada no período de 12 de abril de 2004 na EC PSJ, sub-bacia hidrográfica Lajeado Grande, Alto Uruguai, RS. ....	- 81 -
Anexo 9- Informações sobre o nome científico e usualmente utilizado (nome popular), caracterização fitogeográfica e hábito das espécies em uma avaliação florística realizada no período de 12 de abril de 2004 na EC CITRESU, sub-bacia hidrográfica Lajeado Grande, Alto Uruguai, RS. ....	- 83 -
Anexo 10 Apoio visual para análise da qualidade da água .....	- 84 -
Anexo 11- Bolsa-de-folhíço utilizada no experimento de decomposição foliar e colonização por macroinvertebrados.....	- 86 -
Anexo 12- Estações de coleta (a) LG 79 e (b) LG 37,8. ....	- 87 -
Anexo 13- Vista da Estação de coleta PSJ. (a) Montante de PSJ e (b) local de coleta de parâmetros físicos da EC PSJ. ....	- 88 -
Anexo 14- Estação de coleta PSM .....	- 88 -
Anexo 15- Panfleto informativo distribuído à população ribeirinha.....	- 89 -

## RESUMO

A zona ripária desempenha um papel muito importante na manutenção da qualidade ecológica dos cursos d'água de pequeno e médio porte. A entrada de material alóctone e a decomposição do material vegetal são processos centrais na dinâmica do metabolismo dos sistemas lóticos. O processo de decomposição foliar garante o aporte de matéria e energia para esses ambientes heterotróficos. Durante a decomposição foliar ocorre uma sucessão estrutural e funcional na comunidade de invertebrados bentônicos, os quais estão relacionados com o consumo e processamento do material foliar. Alterações na comunidade bentônica influenciam no retardamento e/ou aceleração dos processos bio-ecológicos envolvidos. A utilização de valores de riqueza, abundância e densidade média de invertebrados bentônicos associados ao processamento de material alóctone pode indicar a natureza do metabolismo do sistema aquático e, a longo prazo, servir como indicador de qualidade ecológica da água. Este estudo objetivou desenvolver e aplicar uma análise de impacto ambiental baseada em critérios ecossistêmicos – decomposição foliar e colonização por macroinvertebrados -, em trechos de arroios circundados por atividades suínícolas. Para o presente estudo, selecionou-se junto à Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM-RS) a sub-bacia hidrográfica Lajeado Grande (LG), na região Noroeste do Estado do RS, a qual faz parte da área de abrangência da Floresta Estacional Decidual, atualmente comprometida com o uso intensivo da terra, através das práticas agrícolas e atividades suínícolas. Ao longo dessa bacia foram selecionadas nove estações de coleta (EC) para o estudo da decomposição foliar e colonização do folhiço por invertebrados bentônicos. Em cada EC um total de 36 bolsas, contendo cada uma quatro gramas de folhas secas de *Ocotea puberula* (Lauraceae), foram expostas em novembro de 2004. Quatro bolsas-de-folhiço por EC foram retiradas nos períodos pós-exposição de 1 dia, 15, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias, usando-se rede de mão de malha de 200µm. Os valores de decomposição foliar obtidos foram analisados estatisticamente através de um modelo exponencial não-linear para a determinação da taxa de decaimento foliar diária ( $-k$ ), bem como o remanescente de massa foliar em cada período e a relação com a densidade de organismos bentônicos. Pode-se separar as ECs entre aquelas com valores  $k$  baixos ( $< 0,003$ ), para as ECs impactadas por atividades suínícolas; valor médio de  $k$  (entre 0,004 e 0,005), nas ECs com impactos por atividades suínícolas moderado; e, as ECs que apresentaram valor  $k$  alto ( $> 0,006$ ), nas quais não se apresentaram impactos por atividades suínícolas. Verificou-se relação entre alta densidade média de macroinvertebrados nas bolsas-de-folhiço e decomposição foliar rápida. Assim, as ECs com menores perturbações antrópicas apresentaram rápida decomposição foliar e aumento da densidade média de organismos ao longo do período de exposição das bolsas-de-folhiço. Já as ECs mais impactadas por atividades suínícolas não apresentaram aumento da densidade média no período de exposição. A análise ambiental baseada em critérios ecossistêmicos permitiu a obtenção de um cenário mais confiável no que diz respeito à tomada de decisões por órgãos e instituições ambientais.

**Palavras chave:** mata ciliar; sistemas lóticos; decomposição foliar; macroinvertebrados bentônicos; análise de impacto ambiental.

### ABSTRACT

The riparian zone plays an important part in maintaining the ecological quality of low and mid-order streams. The input of allocthonous organic matter and its following decomposition are central processes in the dynamic of the lotic system metabolism. The process of litter decomposition assures the input of matter and energy to these heterotrophic environments. During litter breakdown, a functional and structural succession occurs on the benthic macroinvertebrate community related to the consumption and processing of the litter. Alterations in the benthic community affect the velocity of the biological processes involved in the leaf breakdown. Richness, abundance and density of the invertebrate community associated to the litter decomposition processes may show the nature of the aquatic system metabolism and in a long term may be used as a ecological quality indicator of the system. This study aimed to develop and to apply an easy bioassay analyses based on ecosystems criteria – litter decay and macro invertebrate colonization – in streams reaches surrounded by pig breeding. For this study it was chosen the Lajeado Grande basin (LG), located in Rio Grande do Sul northwest region. The basin is located in the broadleaf subtropical forest area, which has been worked on for several years, especially for agricultural and pig breeding. On this basin nine Sample Stations were selected for the study of litter decomposition and colonization by benthic macroinvertebrates. In November of 2004, a total number of forty litter-bags, each one containing four grams of *Ocotea puberula* (Lauraceae) dry weight leaves, were incubated in each SS. The litter-bags were removed in the post-incubation time of 1 day, 15, 30, 60, 90, 120, 150 and 180 days using a 200 $\mu$ m mesh bag. The decay values were analyzed through a non-linear exponential model to determine the daily litter decay rate ( $-k$ ) for each exposition time and the relation with the benthic macroinvertebrates density. It was possible to divide the nine SSs into those which presented  $k$  values below 0,003 (the ones impacted by pig breeding), those which presented medium  $k$  values (between 0,004 and 0,005, and moderated pig breeding activity impact) and those which presented  $k$  values above 0,006 (with no pig breeding impact). It was verified a relationship between high macro invertebrate density and fast litter decomposition rate. Thus, the SSs with lower anthropic perturbations presented high litter decomposition rate and increasing on mean macroinvertebrate mean density during study exposition time. The impacted SSs, on the contrary, neither showed fast litter decomposition rate nor high mean density values on the study exposition time. The environmental analyses based on an ecosystemic criterion allowed a more complete assessment approach, especially for the environmental agencies and institutions decision makers. This study proposes a methodology of biomonitoring and environmental impact analysis for low order lotic systems through the use of ecosystem processes, here the leaf litter decomposition process.

**Key-words:** riparian zone; lotic systems; leaf breakdown; benthic macroinvertebrates; bioassessment.

## 1. INTRODUÇÃO

Cursos d'água estão entre os sistemas naturais mais alterados e impactados do mundo (Jungwirth *et al.*, 2002; Malmqvist, 2002), sendo refletores das condições do entorno do próprio curso d'água, pois estes sistemas captam as características circundantes (Lemos, 2003).

No Brasil, as conseqüências do cenário promovido por técnicas de manejo agropecuárias errôneas, ausência de políticas públicas de saneamento adequadas, entre outros, ou, simplesmente, por descaso da população, vêm gerando alta degradação ecológica dos sistemas lóticos.

Em um contexto ecológico, os cursos d'água estão inseridos em bacias hidrográficas de diferentes formações geológicas. O leito deste sistema pode percorrer desde áreas planas à altamente inclinadas, de áreas desérticas à áreas de densa vegetação e atualmente entre áreas de agricultura extensiva.

Sistemas lóticos podem apresentar extensões de dezenas e até milhares de quilômetros, sendo classificados como arroios de primeira ordem no caso das nascentes, atingindo até a classificação de rios de 12<sup>a</sup> ordem, como é o caso do rio Amazonas (Giller & Malmqvist, 1998).

Devido à diversidade de ambientes que compõem uma bacia hidrográfica, e à heterogeneidade dos componentes pertencentes ao sistema lótico, é que tal sistema deve ser visto como parte integrante de um mosaico de manchas no âmbito de estudo da bacia hidrográfica (Wiens, 2002), apresentando, ele próprio, manchas que podem ser estudadas sob diferentes escalas espaciais e temporais (Royer & Minshal, 2003; Wiens, 2002; Malmqvist, 2002; Giller & Malmqvist, 1998).

Do ponto de vista ecossistêmico, a matéria e energia desses sistemas origina-se, basicamente, por dois processos. O primeiro, dependente diretamente da incidência luminosa, é denominado de 'produção primária' e consiste na realização de fotossíntese por algas e/ou macrófitas aquáticas (Esteves, 1988). Esse tipo de produção ocorre em rios de média e alta ordem, ou mesmo em cursos d'água de baixa ordem com condições de dossel aberto que permitem incidência da luz solar. Sistemas onde predomina esse tipo de

produção são ditos autotróficos. A produção secundária está relacionada ao consumo do material previamente produzido por organismos autotróficos. Em arroios de baixa ordem, a produção secundária envolve o aporte de material alóctone e sua assimilação por organismos consumidores (detritívoros/herbívoros) dentro do sistema (Giller & Malmqvist, 1998).

Cursos d'água de ordens iniciais têm como característica serem sistemas heterotróficos (Odum, 1983; Webster & Benfield, 1986), adquirindo praticamente 100% de sua energia e matéria da vegetação circundante (Webster & Benfield, 1986; Kaushik & Hynes, 1971) que entra nesse sistema. A importância do material alóctone na estruturação da comunidade aquática, especialmente a comunidade bentônica, através de sua decomposição já foi verificada em diversos trabalhos (*e.g.*, Kaushik & Hynes, 1971; Bird & Kaushik, 1992; Linklater, 1995; Ivanov, 1997).

O processo de decomposição envolve a ação de diversos organismos, tais como fungos hyphomycetes (*e.g.*, Kaushik & Hynes, 1971; Suberkropp *et al.*, 1983; Baldy, Gessner & Chauvet, 1995) macroinvertebrados bentônicos (*e.g.*, Bird & Kaushik, 1992; Linklater, 1995; Webster *et al.* 1999; Rodrigues, 2001; Gonçalves, Santos & Esteves, 2004) e até, em sistemas tropicais, peixes (Gessner & Chauvet, 2002). Tal processo, segundo Webster & Benfield (1986), pode ser dividido em três fases, a saber, primeiramente, (1) há perda de material foliar através de quebra mecânica; em seguida, (2) há a decomposição através da ação microbiana e, por fim, (3) a colonização de invertebrados bentônicos.

Esse processo é espécie-específico no que se refere à taxa de decomposição foliar, visto o material vegetal diferir quanto à correlação C:N, apresentar diferentes quantidades e qualidades de compostos secundários, diferentes teores de lignina e presença ou ausência de pilosidade. Baseado nessas características, o material vegetal é comumente dividido entre aqueles que apresentam perda de massa foliar rápida, e os que têm perda de massa foliar lenta, ou refratários (Webster & Benfield, 1986).

Em uma revisão bibliográfica Webster & Benfield (1986) verificaram a ocorrência de taxas de degradação foliar similares quanto ao grau de parentesco das espécies vegetais, relacionando-se famílias de plantas vasculares. Ainda, de modo mais amplo, sabe-se que

ordens taxonômicas de angiospermas possuem semelhança quanto aos compostos secundários armazenados.

O processamento da taxa de decomposição está ligado também à estrutura da comunidade dos organismos bentônicos, em termos de composição e riqueza de espécies, abundância e densidade. Do mesmo modo, a estrutura da comunidade bentônica depende da qualidade e quantidade do material alóctone (Webster & Benfield, 1986), ressaltando, assim, a importância do aporte e deriva de material alóctone proveniente da mata ciliar.

A mata ciliar contribui também, em nível de ecossistema, na armazenagem de água na bacia hidrográfica, filtragem superficial de sedimentos provenientes do entorno (Lowrance *et al.* 1984; Smith, 1992; Watzin & McIntosh, 1999) e na ciclagem geoquímica de nutrientes (Lima & Zakia, 2000). A perda da mata ciliar provoca efeitos de assoreamento dos cursos d'água e aumento do número de inundações ocorrentes (Smith, 1992).

Em estudos de recuperação de sistemas lóticos se considera o entendimento dos aspectos físicos inerentes ao sistema (e.g., Jungwirth *et al.*, 2002; Projeto PLANAGUA/GTZ, 1998). No entanto, a utilização de espécies nativas na reabilitação e recuperação dos cursos d'água também devem ser levada em consideração, respeitando-se as diferentes categorias sucessionais (Rodrigues & Gandolfi, 2000).

Apesar da relevância da mata circundante ao curso d'água, no que se refere à sua qualidade e quantidade, estudos a respeito da integridade ecológica de arroios não levam em consideração aspectos vegetacionais (ver Bjorkland *et al.*, 1999). A vegetação ripária, ou mais abrangentemente, a mata ciliar, aparece geralmente como mancha terrestre formando corredores em abordagens de ecologia de paisagem. Contudo não se costuma estudar essas manchas como pertencentes a um sistema aquático, integrando-o, em estudos de ecologia de riachos ou mesmo em ecologia de paisagens (Wiens, 2002; Ward *et al.*, 2002). Estudos com esse enfoque têm sido realizados em uma área de Mata Atlântica no nordeste do Rio Grande do Sul (Gilberto Rodrigues, comunicação pessoal) no projeto 'Padrões e processos ecológicos em cursos d'água numa abordagem de ecologia de paisagens'.

O estudo de processos ecológicos em sistemas aquáticos envolvendo a decomposição foliar leva em conta material vegetal (folhas, galhos e troncos) e diásporos (flores e frutos). Esse material pode ficar retido no córrego ou ser levado à deriva rio abaixo, sendo a retenção em poças ou em obstáculos na margem o evento mais comum (Webster *et al.*, 1999). A dinâmica de deriva de diásporos tanto à montante como a jusante de um determinado trecho demonstra a influência dos cursos d'água na formação da vegetação circundante – mata ciliar. Esse processo interliga os sistemas terrestre e aquático, formando assim, um ecossistema único.

A colonização foliar por macroinvertebrados bentônicos está relacionada a diferentes necessidades do organismo, tais como forrageamento (e.g., retalhadores, coletores, minadores) e proteção contra predadores (e.g., outros macroinvertebrados, peixes). As espécies de plantas, por sua vez, apresentam diversos tipos de defesas contra invertebrados no ambiente terrestre, como defesas químicas (compostos secundários) e defesas mecânicas (tricomias, dureza foliar), além de características de valor nutricional (Gauer, 2000). No ambiente terrestre, este conjunto de caracteres foliares influencia o crescimento e desenvolvimento dos invertebrados (Feeny, 1970), e pode permanecer atuando durante certo tempo no processo de decomposição foliar no ambiente aquático.

A adaptabilidade dos organismos às espécies vegetais circundantes também pode influenciar o processo de colonização e degradação do material foliar. Sabe-se que o material alóctone proveniente de espécies vegetais exóticas tem menor diversidade de colonizadores (Bärlocher & Graça, 2002) e tem retardado seu processo de decomposição foliar (Casas & Gessner, 1999), embora isso nem sempre ocorra, como afirma o título de Bärlocher & Graça (2002).

A taxa de perda de material foliar é analisada através de um modelo exponencial não-linear baseado no tempo em que o material vegetal permanece exposto no sistema aquático. O valor  $k$ , como é denominado o coeficiente de decomposição, foi inicialmente proposto por Jenny *et al.*, (1949) e Olson (1963) (*apud* Webster & Benfield, *op. cit.*). Métodos matemáticos alternativos envolvem considerações quanto à temperatura, bem como outras variáveis (ver revisão sobre modelos matemáticos de Webster & Benfield, 1986).

Este estudo busca através deste modelo matemático, analisar a decomposição foliar de uma espécie nativa como forma de verificar a qualidade ecológica de sistemas lóticos de baixa ordem, utilizando-se, para isso aspectos de padrão e processos ecológicos.

Recentemente, Gessner & Chauvet (2002) relataram a importância do uso de análises de padrão e processo em estudos a respeito da integridade (*sensu* Gessner & Chauvet, 2002) de sistemas lóticos.

Nijboer *et al.* (2005), revisando índices de integridade biológica (e.g., Bioassessment) elaborados com a utilização de poucos *taxa* ou mesmo com a totalidade da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, verificaram que o uso, tanto de alguns grupos taxonômicos como o conjunto de taxa indicadores ou ainda, de dados qualitativos pode resultar em classificações precipitadas da qualidade d'água. Assim, eles sugerem a utilização de todos os *taxa* para caracterizar a comunidade de macroinvertebrados em programas de avaliação e monitoramento de impacto ambiental.

Dessa maneira, o desenvolvimento e a utilização de uma metodologia que permita uma visão mais ampla da integridade do curso d'água, a partir da qual se pode inferir sobre o funcionamento do metabolismo do sistema associados aos padrões da comunidade de macroinvertebrados pode resultar em um protocolo que permita o uso por agências, instituições e/ou órgãos ambientais.

## 1.1. Objetivos

### *Objetivos gerais:*

- i) Analisar a qualidade ecológica da água a partir da análise dos processos ecológicos relacionados à decomposição foliar de *Ocotea puberula* (Lauraceae) na bacia hidrográfica do Lajeado Grande, região U30, pertencente à bacia hidrográfica do Rio Uruguai, Rio Grande do Sul.

### *Objetivos específicos:*

- a) Verificar a taxa de degradação foliar de *O. puberula* ao longo da sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, região U30, pertencente à Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai, Rio Grande do Sul.
- b) Analisar a variação temporal e espacial da colonização de substrato natural por macroinvertebrados bentônicos, relacionando o peso foliar remanescente de *O. puberula* com a densidade da comunidade de macroinvertebrados bentônicos;
- c) Verificar relações entre a taxa de degradação foliar e a colonização por macroinvertebrados bentônicos - itens (a) e (b) – a fim de identificar trechos da sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande mais impactados em função das atividades antrópicas, especialmente a suinocultura e o desmatamento;
- d) Realizar um inventariamento florístico em cada EC;
- e) Propor metodologia de análise de impacto e biomonitoramento a partir da utilização de parâmetros de decomposição foliar e estrutura (composição, abundância relativa e densidade média) da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, como subsídio ao licenciamento de atividades suinícolas na região através da cooperação FEPAM/SEMA.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Área de Estudo

#### 2.1.1. Caracterização da região: aspectos geomorfológicos e vegetacionais

A região do Alto Uruguai, Bacia Hidrográfica U30, localizada na região noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (Figura 1) apresenta, quanto aos aspectos geomorfológicos, unidades de relevo plano a suave, principalmente nas proximidades das nascentes; relevo suave/moderado em direção ao Rio Uruguai; e relevo acentuado intercalado com superfície alúvio-coluvionar nas proximidades da foz com o Rio Uruguai (FEPAM, 2004).

Quanto à formação vegetacional da região do Alto Uruguai, o tipo florestal predominante é a Floresta Estacional Decidual, que se estende do noroeste do Rio Grande do Sul até o norte da Província de Entre Rios, na Argentina e sudoeste do Estado do Paraná. Rambo (1956) descreve que a ‘mata virgem’ do Alto Uruguai partia das margens do Rio Ijuí, e desenvolvia-se em direção nordeste, no ‘maior núcleo de mato fechado do Estado’, nas bacias hidrográficas dos rios Comandai, Santo Cristo, Santo Rosa, Inhacorá e Lajeado Grande, por onde se estendia uma ‘vastíssima região de matas planas, levemente onduladas’.

Verificava-se também na região a ocorrência de diversas áreas de campos, hoje praticamente substituídas na sua totalidade por monoculturas. Rambo (1956) assinalou a existência dessas áreas naturais em ‘reentrâncias de campos geralmente situados no alto dos divisores de água’. Na época de sua observação, o autor já constatava que entre as bacias do Rio Turvo e do Inhacorá<sup>1</sup> havia grande movimentação de imigrantes colonizando a região e valendo-se de extrativismo para obter seu primeiro sustento.

Hoje, a área das cabeceiras dos rios (i.e., planalto) está quase que completamente convertida em zonas de monocultura intensiva, com o predomínio de culturas sazonais

---

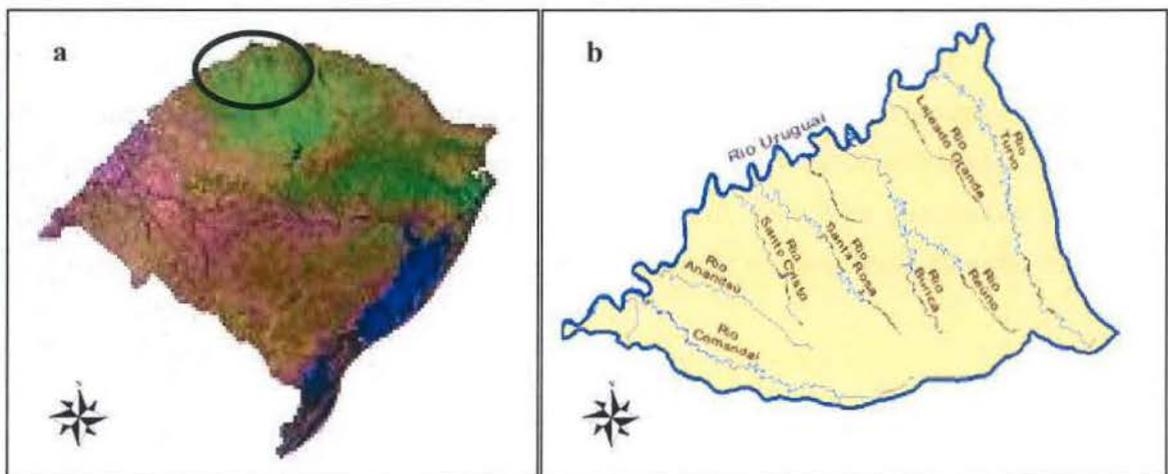
<sup>1</sup> Entre as bacias do rio Turvo e do rio Inhacorá se encontra a sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande.

como a soja, o milho e o trigo. As formações próximas ao Rio Uruguai ainda guardam um pouco da mata original devido, principalmente, ao relevo que contém o avanço da monocultura e mantém pequenas propriedades com sistemas tipo roça.

### 2.1.2. *Bacia Hidrográfica U30*

Para o presente estudo foi selecionada a sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, pertencente à Bacia U30 da Região Hidrográfica do Rio Uruguai (Figura 1).

A Bacia U30 é uma unidade do Sistema Estadual de Recursos Hídricos. Sua área total é de 10.756,75 km<sup>2</sup>, sendo composta por diversos afluentes do Rio Uruguai, como os arroios Santa Rosa, Santo Cristo, Comandai e Turvo, além do Arroio Lajeado Grande (FEPAM, 2004).



**Figura 1-** a) Mapa do Estado do Rio Grande do Sul. No detalhe, área correspondente à bacia hidrográfica U30. Fonte: Brasil Visto do Espaço, 2004; b) Bacia Hidrográfica U30. Fonte: FEPAM, 2004.

### *2.1.3. Sub-bacia Hidrográfica Lajeado Grande*

O arroio Lajeado Grande possui 525,38 km<sup>2</sup> de área, com 85,33 km de extensão do curso principal, perímetro de 125,17 Km e rede de drenagem de 323,71 km. O desnível do talvegue é de 3,52 m/km (FEPAM, 2004).

Segundo o mesmo autor, a precipitação anual na região varia entre 1700 mm e 1900 mm. Entre os anos de 1977 e 2001, o verão apresentou precipitação entre 470 mm e 450 mm. Outono apresentou precipitação de 400 mm a 430 mm. Inverno apresentou precipitação de 350 a 420 mm. A primavera apresentou precipitação entre 490 mm e 540 mm. Entre os anos de 1977 e 2001 os maiores valores de precipitação foram obtidos em outubro de 1997 (602 mm) e os menores, em janeiro de 1982 (9 mm).

A vazão média na foz do Lajeado Grande no rio Uruguai é estimada em 15,3 m<sup>3</sup>/s, ou seja, 921 mm, o que confere à bacia uma vazão específica de 29,21 l/s/km<sup>2</sup> (FEPAM, 2004).

As nascentes do Arroio Lajeado Grande localizam-se nos municípios de Campo Novo e Sede Nova. O principal afluente do Lajeado Grande é o Arroio Lajeado Erval Novo, cujas nascentes encontram-se nos municípios de Humaitá, Três Passos e Bom Progresso. Outro afluente importante é o Lajeado Crissiumal, cujas nascentes encontram-se no município de Crissiumal. Ainda, encontra-se na porção final da sub-bacia, em contato com o Rio Uruguai, o município de Tiradentes do Sul. Essa área encontra-se acerca de 40Km do Parque Estadual do Turvo, sendo esse o maior remanescente florestal da região, apresentando 7.491,40 ha.

#### *2.1.3.1. Perfil socioeconômico*

Na região predominam as pequenas e médias propriedades. Destaca-se a produção de suínos e aves, os quais fazem parte da cadeia produtiva de grandes empresas do setor.

Os municípios de Crissiumal, Três Passos, Bom Progresso, Sede Nova e Campo Novo aproveitam as áreas de relevo pouco acidentado para agricultura intensiva, destacando-se as culturas de soja, milho e trigo. Três Passos é o município da sub-bacia com maior diversidade de empreendimentos, sendo a maioria voltada para o setor varejista.

A região apresenta índices de desenvolvimento (IDESE) abaixo da média do Estado (índice IDESE 0,751), sendo Três Passos o melhor classificado, apresentando índice IDESE 0,741, e Tiradentes do Sul o pior classificado, apresentando índice IDESE 0,592 (IBGE *apud* FEPAM 2004).

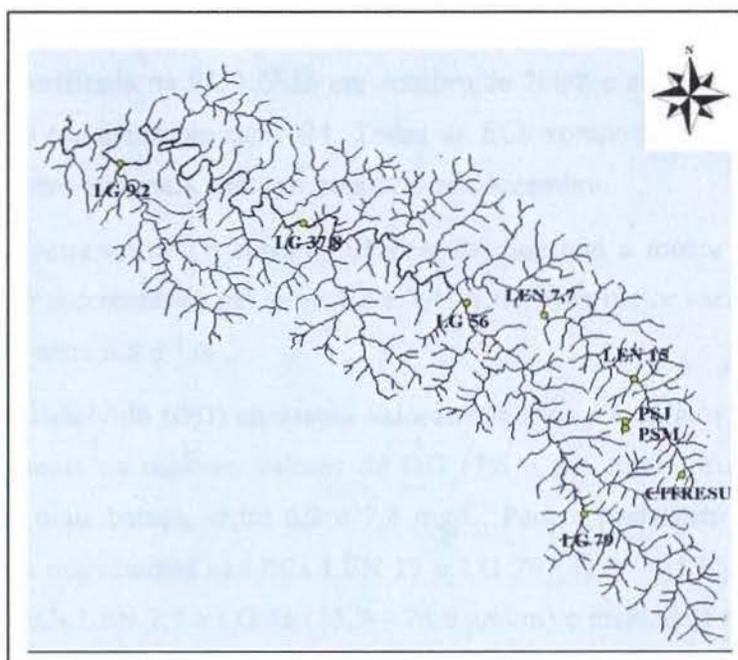
A criação de suínos exerce forte impacto sobre a qualidade da água disponível para consumo dos municípios, especialmente em Três Passos onde a captação de água que ocorre no Lajeado Erval Novo já foi suspensa diversas vezes devido a eventos críticos por problemas qualitativos (FEPAM, 2004).

#### *2.1.3.2. Estações amostrais de coleta no Arroio Lajeado Grande e Lajeado Erval Novo*

Foram selecionadas nove Estações de Coleta (EC), sendo quatro ECs no Arroio Lajeado Grande (LG) e cinco ECs no Arroio Lajeado Erval Novo (LEN), distribuídas da nascente à foz desses arroios (Fig. 2).

A denominação das ECs obedeceu o seguinte critério: sigla do arroio correspondente (LG ou LEN) e distância da EC até a foz daquele arroio. Assim, foram selecionadas uma EC à 9,2 Km da foz desse arroio com o Rio Uruguai, denominada LG 9,2; duas ECs intermediárias, denominadas LG 37,8 e LG 56; e outra próxima a nascente do Lajeado Grande, denominada LG 79. (Fig. 2)

No Arroio Erval Novo, selecionou-se uma EC a 7,7 Km da foz desse arroio com o Arroio Lajeado Grande, denominada LEN 7,7; outra intermediária, denominada LEN 15; e três ECs nas nascentes do Lajeado Erval Novo, que não obedecem o critério de nomenclatura estipulado, sendo denominadas PSM e PŞJ (montante e jusante de uma propriedade suinícola); e CITRESU, a jusante de um aterro sanitário (Fig. 2).



**Figura 2-** Hidrografia da sub-bacia do Arroio Lajeado Grande. Em verde estão demarcadas as Estações de Coleta utilizadas no experimento de decomposição foliar e colonização por macroinvertebrados ao longo dessa sub-bacia.

**Tabela 1-** Coordenadas geográficas, descrição e localização espacial das estações de coleta selecionadas para este estudo, da sub-bacia hidrográfica Lajeado Grande, noroeste do RS.

EC	Coordenadas geográficas UTM		Descrição e localização
	W	S	
LG 9,2	-54,185	-27,411	Lajeado Grande (próximo à foz com rio Uruguai)
LG 79,0	-53,930	-27,601	Lajeado Grande (nascente)
LG 37,8	-54,083	-27,446	Lajeado Grande (trecho intermediário represado)
LG 56,0	-53,994	-27,491	Lajeado Grande (trecho intermediário)
LEN 7,7	-53,996	-27,480	Tributário Erval Novo (próximo à foz com LG)
LEN 15	-53,903	-27,531	Tributário Erval Novo (trecho intermediário)
CITRESU	-53,879	-27,569	Tributário Erval Novo (nascente 1)
PSJ	-53,908	-27,555	Tributário Erval Novo (nascente 2 jusante)
PSM	-53,908	-27,557	Tributário Erval Novo (nascente 2 montante)

A partir de dados provenientes da FEPAM (Ana Lúcia Rodrigues, comunicação pessoal), pode-se verificar os parâmetros físicos e químicos da sub-bacia hidrográfica de Lajeado Grande no período compreendido entre outubro de 2004 a janeiro de 2005.

As ECs da sub-bacia do Lajeado Grande apresentam temperatura da água nos momentos de coleta variando de 15,6 °C a 24,2 °C, com valores mínimos mais baixos em

direção à nascente e valores máximos mais altos em direção à foz. A temperatura mais baixa (15,6°C) foi verificada na EC LG 56 em outubro de 2004, e a mais alta temperatura (24,2°C) na LG 9,2 em dezembro de 2004. Todas as ECs apresentaram as temperaturas mais baixas em outubro e as mais altas temperaturas em dezembro.

O pH varia entre 6,8 a 7,6 entre as ECs. A EC que tem a menor variação nesse parâmetro é LEN 15 apresentando pH entre 7,2 e 7,4. A EC com maior variação para pH é LG 79, com valores entre 6,8 e 7,6.

O oxigênio dissolvido (OD) apresenta valores mínimos e máximos entre 6,2 a 8,6 mg/L. LG 79 apresenta os maiores valores de OD (7,6 – 8,6 mg/L) e as demais ECs apresentam valores mais baixos, entre 6,2 e 7,8 mg/L. Para o parâmetro condutividade, verificam-se valores mais baixos nas ECs LEN 15 e LG 79 (42,0 – 55,5  $\mu\text{S/cm}$ ), valores intermediários nas ECs LEN 7,7 e LG 56 (55,7 – 74,6  $\mu\text{S/cm}$ ) e mais altos nas ECs LG 9,2 e LG 37,8 (64,5 e 87,5  $\mu\text{S/cm}$ ).

DQO variou entre 5,0 e 8,0 mg/L na sub-bacia. DBO apresentou valores para a sub-bacia entre 1,8 e 2,9 mg/L. Sólidos totais têm valores compreendidos entre 41 e 189 mg/L. LEN 15 apresentou o valor mais baixo (41 mg/L) em outubro de 2004 e LG 79 o valor mais alto (189 mg/L) em janeiro de 2005.

As ECs PSM, PSJ e CITRESU têm informações a respeito dos parâmetros físicos e químicos compreendendo o período entre outubro de 2003 a janeiro de 2004. PSJ apresenta valores para oxigênio dissolvido entre 4,72 e 6,56 mg/L. Na EC PSM os valores compreendidos para OD ficaram entre 4,93 – 6,16 mg/L. Em PSM os valores para DQO ficaram entre 11,44 e 49,55 e em PSJ, entre 7,39 e 38,15. Para o parâmetro DBO, PSJ apresentou valores entre 3,1 e 11,15 e PSM entre 0,42 e 11,32 mg/L. Essas ECs apresentam valores para sólidos totais entre 8 e 100 mg/L, em PSM, e 25 e 334 mg/L, em PSJ.

Os níveis de vazão aumentam em direção a foz. LEN 15 apresenta 0,60  $\text{m}^3/\text{s}$  ( $dp = \pm 0,37$ ), LEN 7,7 apresenta 1,21  $\text{m}^3/\text{s}$  ( $dp = \pm 0,75$ ). LG 9,2 apresenta 5,92  $\text{m}^3/\text{s}$  ( $dp = \pm 3,68$ ), LG 37,8 apresenta 4,20  $\text{m}^3/\text{s}$  ( $dp = \pm 2,61$ ), LG 56 apresenta 2,32  $\text{m}^3/\text{s}$  ( $dp = \pm 1,44$ ) e LG 79 apresenta 0,99  $\text{m}^3/\text{s}$  ( $dp = \pm 0,62$ ). PSJ, PSM e CITRESU não apresentam valores para vazão.

## 2.2. Material e Métodos

Para as análises de impacto e monitoramento ambiental dos arroios Lajeado Grande e Lajeado Erval Novo, procurou-se desenvolver uma metodologia a partir de estudos do metabolismo do sistema aquático, utilizando os processos de decomposição e colonização foliar por macroinvertebrados como indicativo da qualidade da água. Essa metodologia vem sendo desenvolvida pelo Núcleo de Estudos em Mata Ciliar do Departamento de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Este método consiste na exposição de bolsas de serapilheira ou bolsas de folhiço por um tempo determinado e na análise da colonização e decomposição foliar por macroinvertebrados. A partir da retirada das bolsas e análise do material remanescente é determinado um coeficiente de processamento de decomposição ( $k$ ) relacionado ao tempo e atividade biológica associada às características físicas e químicas dos ambientes aquáticos.

### 2.2.1. Confeção das bolsas-de-folhiço

Para o estudo de colonização e decomposição foliar por macroinvertebrados foi escolhida a espécie arbórea *Ocotea puberula* (canela-guaicá) da família Lauraceae, a qual verificou-se ser freqüente na região após uma campanha piloto, realizada em outubro de 2004.

Nesta ocasião, foram coletadas folhas de *O. puberula* na área de estudo para o preparo das bolsas-de-folhiço para os experimentos de colonização e decomposição foliar. O material foliar coletado foi levado ao laboratório e submetido à secagem natural (processo que durou três a quatro semanas). Após a secagem, uma fração de quatro gramas foi pesada em balança analítica e acondicionada em bolsas. O peso seco utilizado para as bolsas foi de aproximadamente  $4,0 \pm 0,0200$ , medidos em balança analítica com precisão de 0,001g. Esse peso representa cerca de quinze unidades foliares de canela-guaicá.

As bolsas-de-folhiço são de material resistente (nylon) e têm tamanho de malha de 0,5 cm x 1,0 cm.



### 2.2.2. *Procedimentos em campo*

As 340 bolsas-de-folhíço foram expostas, na sua totalidade, nos dias 16 e 17 de novembro de 2004. Em cada estação de coleta o conjunto de bolsas-de-folhíço foi dividido em quatro grupos a serem fixados em diferentes pontos da mesma EC, obtendo-se uma maior representatividade do trecho em estudo. As bolsas-de-folhíço foram fixadas individualmente nas margens com fios de nylon em troncos ou raízes de árvores pertencentes à zona ripária, sempre que possível. Na ausência de qualquer tipo natural que possibilitasse a fixação do material, utilizaram-se estacas de madeira fixadas na margem.

Os locais foram escolhidos de acordo com as características do trecho levando em consideração a fluxo d'água, tipo de substrato e exposição em local sombreado.

As bolsas de folhíço foram retiradas nos períodos  $t_1$ ,  $t_{15}$ ,  $t_{30}$ ,  $t_{60}$ ,  $t_{120}$ ,  $t_{150}$  e  $t_{180}$ , (Tabela 3) sendo que nesses períodos quatro bolsas-de-folhíço foram retiradas por EC. Retirou-se sempre a bolsa-de-folhíço que estivesse em posição acima das demais na coluna d'água. Para a retirada do material utilizou-se rede retangular de mão com abertura de 30cm x 20cm, e malha de 200 $\mu$ m. O material foi acondicionado em sacos plásticos e transportado em isopor termicamente isolado até o laboratório.

Neste momento também foram realizadas coletas de dados referentes às variáveis físicas da água (profundidade da coluna d'água, temperatura, condutividade, pH e oxigênio dissolvido), tipo de substrato, vegetação ciliar e foram desenhados croquis da área de estudo.

Ainda, em cada EC fez-se um perfil transversal da calha dos cursos d'água, coletando-se medidas de profundidade a cada 1 metro de distância, entre as margens direita e esquerda. As ECs LG 37,8 e LG 9,2 não tiveram esses dados completamente medidos devido a alta profundidade (LG 37,8) e velocidade da corrente no centro da calha (LG 9,2).

Para a florística foram realizadas duas campanhas amostrais na região. Foram identificadas todas as espécies vegetais presentes em uma das margens de cada EC, entre 25m a montante e 25m a jusante do local de fixação das bolsas-de-folhíço.

**Tabela 3-** Períodos de retirada das bolsas-de-folhíço expostas nos dias 16 e 17 de novembro de 2004 e tempo de exposição total do material ( $t_{\text{dias}}$ ) na sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, RS.

Período	2004				2005			
	novembro	dezembro	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	
tempo de exposição (dias)	$t_1$	$t_{14}$	$t_{28}$	$t_{62}$	$t_{93}$	$t_{119}$	$t_{147}$	$t_{182}$
data de retirada	17.11.04	30.11.04	14.12.04	17.01.05	17.02.05	15.03.05	12.04.05	17.05.05
do material	18.11.04	01.11.04	15.02.04	18.01.05	18.02.05	16.03.05	13.04.05	18.05.05

### 2.2.3. Procedimento em laboratório

#### 2.2.3.1. Procedimento com o material foliar

Ao chegar ao laboratório, o material coletado foi lavado em água corrente, sob peneira de 200 $\mu\text{m}$  e o material aderido às folhas (material circundante) foi cuidadosamente retirado e acondicionado em potes plásticos de 100 ml e fixados em álcool 70%.

O material foliar, após separação, foi colocado em cadinhos de papel alumínio, seco em estufa à temperatura de 60°C até atingir peso constante (48 horas). Após a secagem, o material foliar remanescente foi pesado em balança analítica com precisão de 0,001g.

#### 2.2.3.2. Características morfométricas das folhas de canela-guaicá (*Ocotea puberula*)

Para determinar as características morfométricas das folhas de canela-guaicá foram tomadas as medidas de largura (L), espessura (E) e comprimento (C) das folhas (n=7) localizadas entre a 9ª e a 20ª inserção do ramo, contadas a partir do ápice (1ª. inserção), utilizando para isto régua milimetrada e paquímetro.

Para as medidas de dureza foliar que compreende a massa necessária para perfurar  $1\text{mm}^2$  na região central da folha foi utilizado o equipamento denominado perfurômetro (Gauer, 2000).

Além disto, foram obtidas também medidas de tensão foliar, determinada a partir das medidas de largura (L), espessura (E) e a tração necessária para o rompimento da lâmina foliar (R), utilizando-se um equipamento adaptado denominado dinamômetro (Sonsinski, 2005). A força de tensão da lâmina (F) é obtido da seguinte maneira:  $F = R.(L.E)^{-1}$  e expresso em  $\text{Newton.mm}^{-2}$  (Grime *et al.*, 1993).

#### *2.2.3.3. Procedimento com o material circundante às folhas*

O material circundante presente no folhiço remanescente das bolsas consiste numa grande quantidade de material biológico, composto por perifiton (i.e., fungos, algas e bactérias) e pelos macroinvertebrados bentônicos aderidos diretamente às partes vegetativas ou ao redor do material, constituindo-se em parte da comunidade bentônica. Esse material circundante foi conservado em álcool 70% e após, triado e separado em estereomicroscópico e identificado em nível taxonômico de grande grupo. Cada grupo foi durante a triagem acondicionado em frascos de 6 e 10ml para posterior identificação mais acurada.

#### *2.2.3.4. Identificação dos macroinvertebrados*

A identificação dos macroinvertebrados foi feito com auxílio de chaves de identificação e consulta a pesquisadores (Tab. 4).

**Tabela 4-** Literatura consultada para identificação dos macroinvertebrados bentônicos.

<i>Taxa</i>	<i>Literatura consultada</i>
<b>Diptera</b>	Trivinho-Strixino & Strixino (1995); Wiederholm (1983); Fernández & Domínguez (2001)
<b>Coleoptera</b>	Nagel (1989); Wichard, Arens & Eisenbeis (1995); McCafferty (1981); Fernandez & Dominguez (2001); Wallace (1990)
<b>Trichoptera</b>	McCafferty (1981); Stehr (1987); Fern (2001); Waringer & Graf (1997); Hickin (1968)
<b>Ephemeroptera</b>	Fern (2001); Wichard, Arens & Eisenbeis (1995); Nagel (1989); Stehr (1987); Elliot et al. (1988)
<b>Plecoptera</b>	Fern (2001); Nagel (1989); Wichard, Arens & Eisenbeis (1995)
<b>Odonata</b>	Stehr (1987), Nagel (1989)
<b>Outros Insecta</b>	McCafferty (1981), Fernández & Domínguez (2001)
<b>Crustacea</b>	Nagel (1989); McCafferty (1981), Fernández & Domínguez (2001)
<b>Oligochaeta</b>	Marchese & Brinkhurst (1989)
<b>Acari</b>	McCafferty (1981)
<b>Collembola</b>	Wichard, Arens & Eisenbeis (1995)

#### 2.2.3.5. Análise dos dados

Para a análise da degradação foliar foi utilizado um modelo exponencial proposto inicialmente por Olsen em 1963 (*apud* Webster & Benfield, 1986).

O valor de degradação foliar é calculado através de um modelo matemático não-linear, que considera o peso remanescente no período de exposição (dias<sup>-1</sup>), como segue:

$$M_t = M_o e^{(-k.t)}$$

onde, **M<sub>t</sub>** refere-se à massa foliar ao final do experimento, **M<sub>o</sub>** refere-se à massa foliar inicial, **e** refere-se ao coeficiente exponencial, **-k** ao coeficiente a ser calculado e **t** ao tempo de exposição.<sup>2</sup>

Esse modelo exponencial parte do pressuposto de que a taxa de massa foliar perdida equivale à massa restante subtraída da massa inicial. Para calcular-se **k**, utiliza-se como

<sup>2</sup> Originalmente essa fórmula está descrita em inglês com a letra **W** (weight) ao invés de **M** (massa), como segue:  $W_t = W_o \cdot e^{(-k.t)}$ . Cabe aqui definir a utilização do termo 'massa' como a tradução mais correta ao invés do termo 'peso'.

**M**<sub>0</sub>, ou massa foliar inicial, a massa em  $t_1$ , isto é, a massa obtida nas primeiras 24h de exposição.

Após cada coleta, seca-se o material conforme descrito anteriormente, e subtrai-se a massa obtido em  $t_x$  (tempo da coleta) da massa inicial  $t_1$ . Obtém-se, assim, a porcentagem de material foliar remanescente, ou %**R**.

Os macroinvertebrados triados e identificados, são tabulados em grandes grupos taxonômicos. Foram analisadas as riquezas de taxa, a abundância total e a abundância de cada grupo, além da densidade média, que consiste no número de indivíduos totais pela massa foliar de *O. puberula* remanescente em cada  $t_x$  em cada EC por período de coleta.

Foi considerada a razão de gramas foliares remanescentes (g) de *O. puberula* pela abundância relativa (ind.bolsa<sup>-1</sup>) de macroinvertebrados, obtendo-se a relação de g.ind<sup>-1</sup>, como medida de disponibilidade de recursos. Obteve-se, para todos os valores, a média e o desvio padrão para cada EC em cada período de coleta de dados.

### 3. RESULTADOS

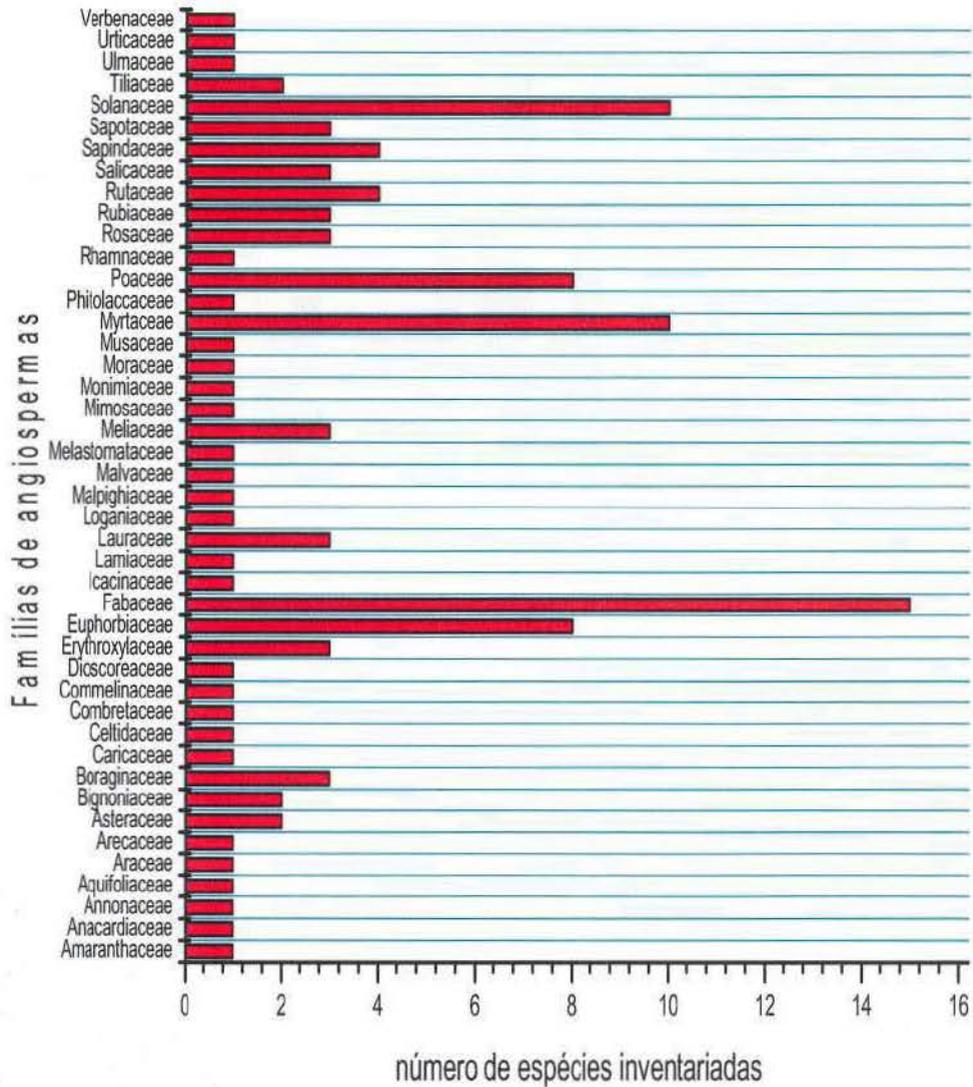
#### 3.1. Características morfológicas e florísticas das estações de coleta

As estações de coleta da sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande tiveram verificadas a composição florística e a estrutura morfológica do leito e da calha dos arroios, nas estações de coleta. O inventário florístico (famílias e espécies vegetais) por estação de coleta consta em Anexos 1 a 9.

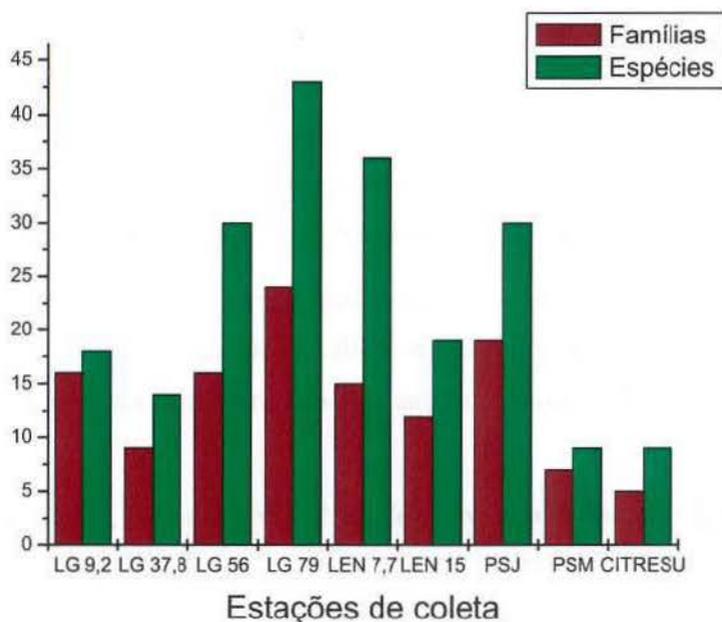
Com relação às características morfológicas das estações de coleta, verificou-se a existência de cursos d'água apresentando desde 2 metros de largura, até 30 metros de largura. O leito dos arroios constitui-se de areia/silte em alguns trechos e seixos/blocos de basalto em outros.

Foram inventariadas 116 espécies vegetais, pertencentes a 44 famílias de angiospermas. A família com maior número de representantes é Fabaceae (leguminosa), com 15 espécies identificadas; Myrtaceae e Solanaceae apresentam 10 espécies cada; Poaceae e Euphorbiaceae, apresentam 8 espécies cada. As demais famílias identificadas apresentam entre 1 e 4 espécies vegetais (Figura 3). A relação entre famílias e espécies por estação de coleta consta na figura 4.

Euphorbiaceae ocorre em oito ECs, Fabaceae e Solanaceae ocorrem em oito ECs e Sapindaceae e Lauraceae em cinco ECs. As espécies mais frequentes são: *Cupania vernalis*, ocorrendo em 6 ECs, *Hovenia dulcis*, *Lonchocarpus sp.*, e *Acacia bonariensis* *Ateleia glaziowiana* ocorrendo em 5 ECs. *Eugenia uniflora*, *Bauhinia forficata*, *Solanum sp.* e *Morus nigra* ocorrem em 4 ECs (ver Anexo 1 a 9). As espécies amostradas *H. dulcis*, *A. bonariensis* e *M. nigra* são espécies exóticas.



**Figura 3-** Famílias e número de espécies amostradas nas estações de coleta da sub-bacia Lajeado Grande, RS, nos períodos de 12 de abril e 17 de maio de 2005.



**Figura 4-** Número de famílias e espécies inventariadas nas estações de coleta da sub-bacia do Lajeado Grande, RS, nos períodos de 12 de abril e 17 de maio de 2005.

**PSM** – Nesta EC nove espécies vegetais foram inventariadas pertencentes a sete famílias (Figura 4). Do ponto de vista fisionômico esta EC não apresenta cobertura de dossel e encontra-se a montante de uma propriedade suinícola. Tem a formação de um pequeno banhado, com dois metros de largura, logo que o “*fio d’água*” verte da nascente e serve de bebedouro para o gado.

**PSJ** – Essa EC apresenta cobertura de dossel em torno de 50% da largura do arroio, com vegetação proveniente de um pequeno trecho em apenas uma das margens, o qual apresentou 19 famílias de angiospermas e 30 espécies vegetais. Encontra-se à jusante de uma propriedade suinícola em atividade desde a década de 70, a qual possui pocilga com cerca de 700 porcos. A calha do arroio é de 3,8 metros de largura e a lâmina d’água de 0,80 metros de largura.

**CITRESU** – Em CITRESU a cobertura de dossel de menos de 25% da largura do arroio. Essa EC apresentou 9 espécies vegetais pertencentes a 6 famílias, em uma área de menos de cinco metros de largura, ao longo do curso d'água. Encontra-se a jusante do aterro sanitário municipal, sendo que entre os dois, ao longo do curso d'água, há uma área de banhado com cerca de 100 metros de comprimento. O arroio possui 3 metros de largura da calha e 0,90m de largura da lâmina d'água. Seu leito é formado por blocos de basalto..

**LEN 15** – Essa EC apresenta em torno de 25% da largura do arroio coberta por dossel e cinco metros de largura de mata ciliar. Apresentou 12 famílias vegetais e 19 espécies (Figura 4). Apresenta leito formado por seixos e blocos de basalto e largura da calha de 6 metros.

**LEN 7,7** – Nessa EC o dossel cobre 25% do arroio e a mata ciliar tem largura de 5 metros nesse trecho, a qual apresentou 15 famílias e 36 espécies (Figura 4). Formada por seixo e blocos de basalto e também por areia no leito do arroio, LEN 7,7 apresenta 14 metros de largura de calha.

**LG 79** - A mata ciliar apresenta ao longo da EC um mínimo de quinze metros de largura de vegetação arbórea e arbustiva, composta essa última essencialmente por crissiumal (taquara da espécie *Bambusia trini*) e a primeira por diversas espécies de canelas (Lauraceae), entre as quais destaca-se *Ocotea puberula* (canela-guaicá), e algumas leguminosas. Ao todo foram identificadas 24 famílias e 43 morfo-espécies vegetais (Figura 4). Encontra-se em região de baixo declive, cuja paisagem é composta por leves ondulações no terreno. O leito é formado por blocos de basalto. A calha apresenta 5,9 metros de largura com cobertura total de dossel. O entorno da área é utilizado para agricultura intensiva, com plantios alternados ao longo do ano de soja, milho, trigo e azevém.

**LG 56** – A largura da mata ciliar é de até dez metros. Foram identificadas nessa EC 30 espécies vegetais pertencentes a 16 famílias (Figura 4). A calha possui 16,90 metros de largura e cobertura de dossel entre 25% e 50% da largura do arroio. Próxima da foz do Lajeado Erval Novo com o Lajeado Grande, essa EC apresenta declive atenuado em direção ao planalto. O leito desse trecho é formado por blocos de basalto.

**LG 37,8** – Ao longo desse trecho foram identificadas 9 famílias e 14 espécies vegetais (Figura 4). Essa EC apresenta pequena barragem (cerca de dois metros de altura de

muro) transformando o arroio em um ambiente de reservatório por uma extensão de 1 Km. A largura da calha na EC é 30 metros. O leito é formado por deposição de areia e silte. LG 37,8 não apresenta cobertura de dossel.

**LG 9,2** - A cobertura de dossel é menor que 25% da largura do arroio. A mata ciliar apresenta 19 espécies vegetais pertencentes à 16 famílias (Figura 4). Próxima à foz com o Rio Uruguai, essa EC está inserida em região de declive acentuado. A atividade predominante na região é agricultura do tipo 'roça', voltada basicamente para subsistência. O leito desse trecho é formado por seixos de basalto e deposição de areia. A largura da calha é de 20 metros.

### **3.2. Variáveis ambientais relativas às estações de coleta**

A temperatura da água nos momentos de coleta apresentou média de 20,8 °C (dp = ±0,6) no mês mais frio (maio 2004) e 25,71 °C (dp = ±0,6) no mês mais quente (março 2005).

O oxigênio dissolvido apresentou valores entre 6,12 mg/L (dp = ±1,39) em fevereiro de 2005 e 13,66 (dp = ±9,33) em novembro de 2004. A EC PSM apresentou a média entre outubro de 2004 e maio de 2005 mais baixa (5,2 mg/L ± 1,37) e a EC LG 56 apresentou a média para o mesmo período, mais alta (7,96 mg/L ±0,30).

A condutividade apresentou menores valores em abril de 2005 (55,28 , dp = ±7,7) e maiores valores em novembro de 2004 (60,62 , dp = ±16,38). LEN 15 apresentou a menor média para o período (47,2 , ±4,8) e LG 37,8 a maior média para o período (66,03 , ±16,).

As ECs PSM, PSJ e CITRESU apresentam valores médios para pH entre 5,75 e 7,15 (média 6,59 para PSM e 6,75 para PSJ e CITRESU). LEN 15 apresenta pH entre 6,93 e 7,69 (média = 7,36). LEN 7,7 tem valores para esse parâmetro entre 6,6 e 8,13 (média = 7,52). LG 9,2 apresenta pH entre 5,57 e 8,14 (média = 7,18). LG 37,8 tem valores entre 4,83 e 7,83 (média = 6,97). LG 56 tem valores entre 7,39 e 8,35 (média = 7,85). LG 79 apresenta valores de pH entre 7,17 e 7,4 (média = 7,25).

O coeficiente de variação do fluxo d'água foi maior em PSJ, LEN 7,7, LG 56 e (1,30%, 1,27%, 1,13%, respectivamente). CITRESU apresentou coeficiente de variação de fluxo 0,66; LEN 15 apresentou 0,46; LG 9,2 apresentou 0,43; e LG 79 apresentou 0,27. LG 37,8 não teve a medida de variação de fluxo medida devido à característica de reservatório. PSM teve variação de fluxo igual a zero.

### **3.3. Características morfométricas das folhas de canela-guaicá (*Ocotea puberula*)**

Em relação às características morfométricas das folhas de canela-guaicá obteve-se uma largura média das folhas de  $33,98 \pm 4,8$  mm, espessura média de 0,23 e comprimento de  $10,8 \pm 1,1$  mm. A relação comprimento/largura foi de 3:1.

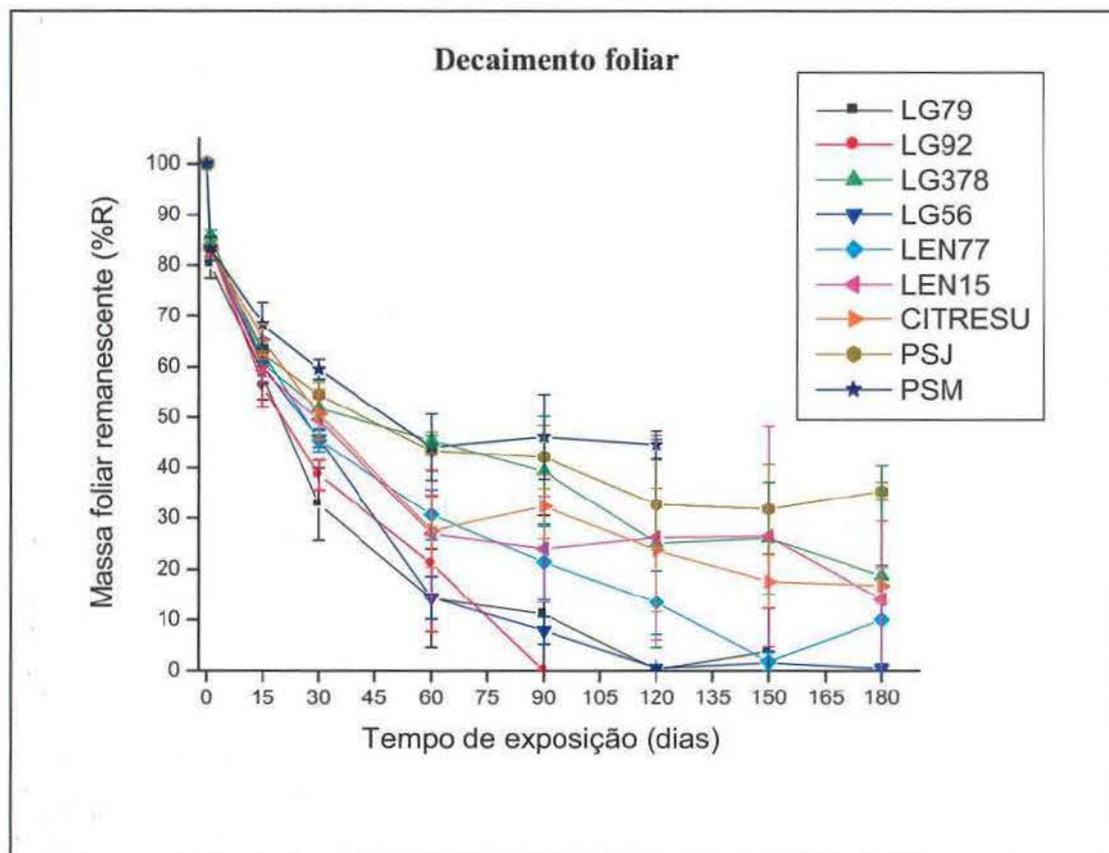
A dureza média das folhas obtidas através da medida de massa necessária para perfurar  $1\text{mm}^2$  na região central das folhas foi de  $23,73\text{gf}\cdot\text{mm}^{-2}$  (dp 2,27), enquanto a tensão foliar média foi de  $0.19$  Newton. $\text{mm}^{-2}$ .

### **3.4. Decomposição foliar de canela-guaicá (*Ocotea puberula*)**

A degradação total de canela-guaicá ocorreu a partir de  $t_{90}$  (EC 9,2). LG 79 e LG 56 tiveram o término do experimento em  $t_{120}$  com a decomposição completa do material foliar. LEN 7,7 apresentou decomposição completa das folhas de canela-guaicá em  $t_{150}$ . PSM não apresenta dados de decomposição em  $t_{182}$  devido à perda de bolsas-de-folhíço na estação de coleta. Em  $t_{180}$  cinco ECs apresentavam material foliar remanescente (%R), quer sejam: PSM, PSJ, CITRESU, LG 37,8, LEN 15.

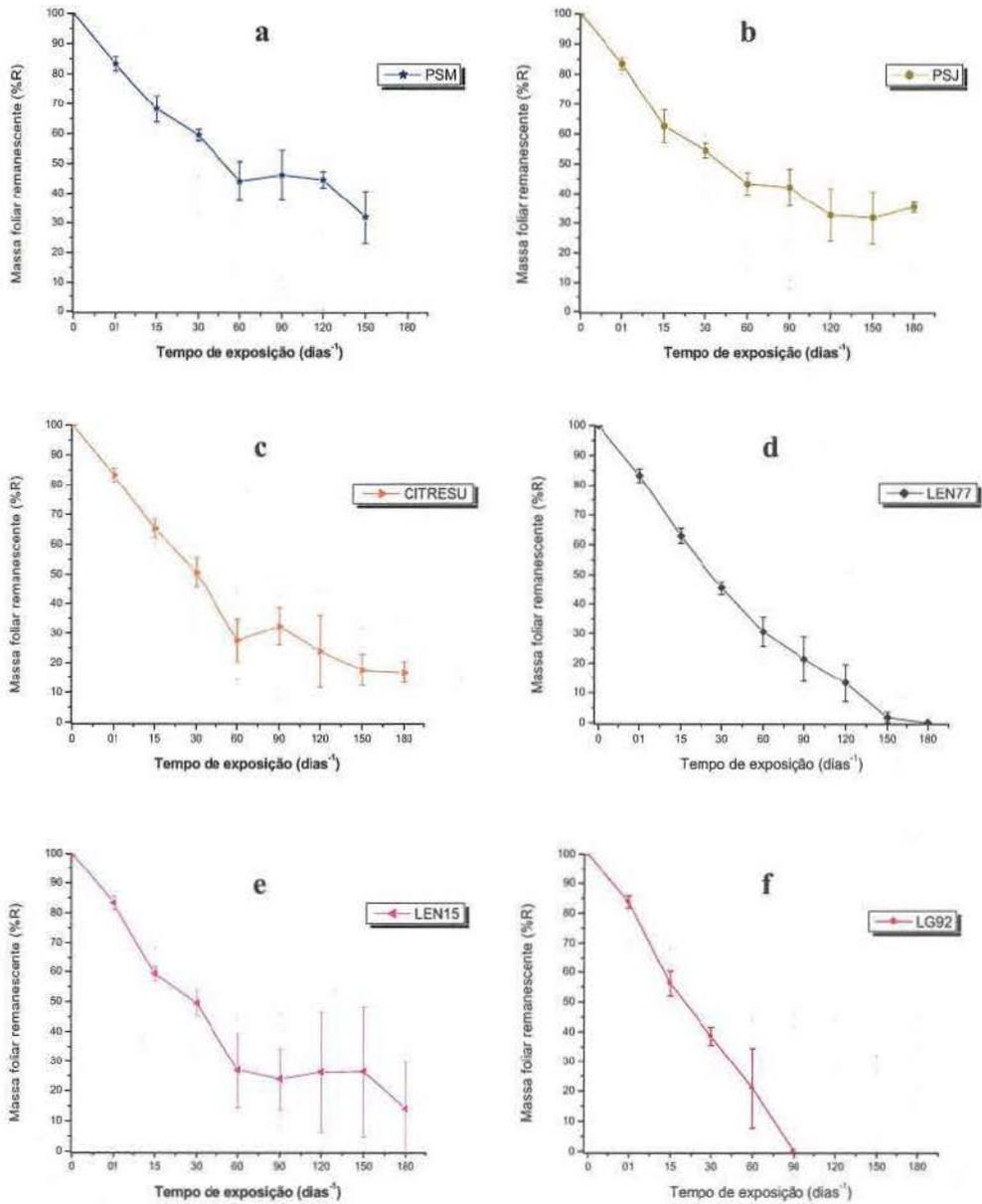
Quatro ECs tiveram bolsas-de-folhíço retiradas no período de 24 horas. São elas: PSJ, LG 9,2, LG 37,8 e LG 79. A taxa de degradação média de *Ocotea puberula* nas primeiras 24 horas de exposição é de 16,63%, com perda foliar média de 0,66g. Nesse período a EC 79 apresenta 80,15 %R ( $\pm 2,68\text{dp}$ ) de material remanescente; EC 37,8 apresenta 85,75 %R ( $\pm 1,10\text{dp}$ ); EC 9,2 apresenta 83,68 R% ( $\pm 2,03\text{dp}$ ); e EC PSJ apresenta 83,51 %R ( $\pm 1,98\text{dp}$ ).

A massa inicial para as demais ECs foi calculada a partir da média obtida nessas quatro ECs ( $M_{0(x)} = 3,086\text{g}$ ). O percentual de material foliar remanescente em 24 horas para as ECs que não tiveram esse dado obtido em campo foi de 83,27%.

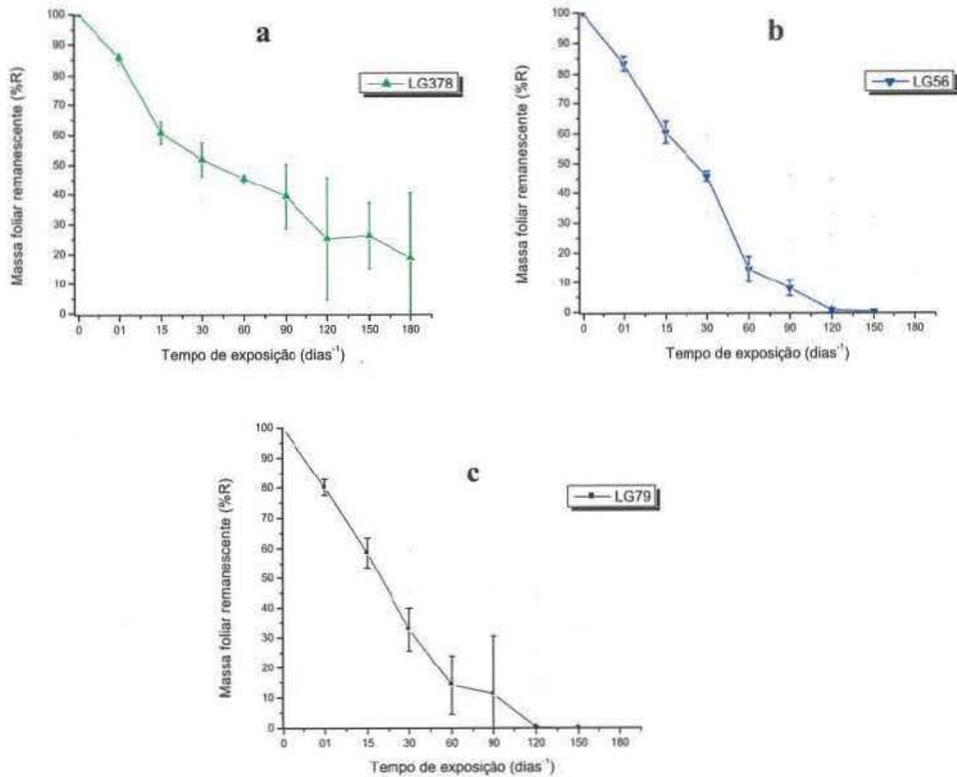


**Figura 5-** Taxas de decomposição de *Ocotea puberula* (Lauraceae) nas estações de coleta da sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, RS, no período de novembro de 2004 a maio de 2005.

As figura 6(a-f) a 7(a-c) mostram as taxas de decomposição de *Ocotea puberula* nas estações de coleta da sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, RS, no período de novembro de 2004 a maio de 2005.



**Figura 6(a-f)-** Taxas de decomposição de *Ocotea puberula* nas estações de coleta da sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, RS, no período de novembro de 2004 a maio de 2005. a) estação de coleta PSM; b) estação de coleta PSJ; c) estação de coleta CITRESU; d) estação de coleta LEN 7,7; e) estação de coleta LEN 15; f) estação de coleta LG 9,2.



**Figura 7(a-c)-** Taxas de decomposição de *Ocotea puberula* (LAURACEAE) nas estações de coleta da sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, RS, no período de novembro de 2004 a maio de 2005. a) estação de coleta LG 37,8; b) estação de coleta LG 56; c) estação de coleta LG 79.

A tabela 5 apresenta os valores  $k$  calculados após o término do experimento de decomposição de *O. puberula* em cada estação de coleta na sub-bacia hidrográfica Lajeado Grande.

**Tabela 5-** Valores  $-k$  calculados para *Ocotea puberula* nas estações de coleta da sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, RS, após o término do experimento, no período de novembro de 2004 a maio de 2005.

EC	K (dia <sup>-1</sup> )
LG 56.0	-0,013328
LG 9.2	-0,011272
LG 79.0	-0,009464
LEN 7.7	-0,005580
LEN 15	-0,004738
CITRESU	-0,004305
LG 37.8	-0,004049
PSM	-0,003312
PSJ	-0,002509

**PSM** - O experimento de decomposição encerrou em  $t_{150}$ , devido à perda do material em exposição. A taxa de material foliar remanescente em  $t_{150}$  foi 31,85%. O valor  $k$  calculado para essa EC foi de -0,003312. Há uma estabilização na perda de material foliar entre  $t_{60}$  e  $t_{120}$ , apresentando 44,05 % de material remanescente (%R) ( $dp = \pm 6,58$ ) e 44,51 %R ( $dp = \pm 2,72$ ), respectivamente. (Fig. 6a)

**PSJ** - Essa EC apresentou em  $t_{180}$  35,35 %R, sendo  $k = -0,002509$ . A perda de material foliar foi constante em  $t_{60}$  (43,33 %R,  $dp = \pm 3,77$ ) e  $t_{90}$  (42,15 %R,  $dp = \pm 6,19$ ) e entre  $t_{120}$  (32,71 %R,  $dp = \pm 8,79$ ) e  $t_{180}$  (35,35 %R,  $dp = \pm 1,76$ ). (Fig. 6b)

**CITRESU** - Em  $t_{180}$  havia 16,71 %R, sendo  $k = -0,004305$ . Houve estabilização da perda de material foliar entre  $t_{60}$  (27,5 %R,  $dp = \pm 7,16$ ) e  $t_{120}$  (23,75 %R,  $dp = \pm 12,16$ ) e, depois, entre  $t_{150}$  (17,58 %R,  $dp = \pm 5,26$ ) e  $t_{180}$  (16,79 %R,  $dp = \pm 3,49$ ). (Fig. 6c)

**LEN 7,7** - A decomposição encerrou em  $t_{180}$ . Em  $t_{15}$ , LEN 7,7 apresentou 62,98 %R ( $dp = \pm 2,51$ ). O período  $t_{150}$  apresentou 1,76 %R ( $dp = \pm 1,79$ ) e  $t_{180}$  apresentou 9,98 %R ( $dp = \pm 10,74$ ). O valor  $k$  calculado foi de -0,005580. (Fig. 6d)

**LEN 15** - Em  $t_{180}$  havia 14,03 R% e o valor  $k = -0,004738$ . Há estabilização na perda de material foliar entre  $t_{60}$  e  $t_{120}$  ( $t_{60} = 26,95$  %R,  $dp = \pm 12,36$ ;  $t_{90} = 23,98$  %R,  $dp = \pm 10,43$ ;  $t_{120} = 26,23$  %R,  $dp = \pm 20,18$ ). Também entre  $t_{150}$  ( $t_{150} = 16,44$  %R,  $dp = \pm 21,74$ ) e  $t_{180}$  ( $t_{180} = 14,03$  %R,  $dp = \pm 15,36$ ) há estabilização na taxa de perda de material foliar. (Fig. 6e)

**LG 9,2** - O período de decomposição foliar encerrou em  $t_{60}$ , com valor  $k = -0,011272$ . No período  $t_{60}$  havia 21,07 %R ( $dp = \pm 13,37$ ). (Fig. 6f)

**LG 37,8** - Em  $t_{180}$  havia 18,67% ( $dp = \pm 21,68$ ). de material foliar remanescente. O valor  $k$  calculado para esse período foi -0,004049. Há uma estabilização da perda de material foliar em  $t_{120}$  e  $t_{150}$  (25,07 %R e 26,05 %R, respectivamente). (Fig. 7a)

**LG 56** - O estudo de decomposição se encerrou em  $t_{180}$ , com valor  $k$  calculado em -0,013328. O período  $t_{120}$  apresentou 0,47 %R ( $dp = \pm 0,62$ ),  $t_{150}$  apresentou 1,46 ( $dp = \pm 2,3$ ) e  $t_{180}$  apresentou 0,399 %R ( $dp = \pm 0,89$ ). (Fig. 7b)

**LG 79** - A decomposição foliar encerrou em  $t_{150}$ , com valor  $k$  calculado em -0,009464. O período  $t_{60}$  apresentou 14,26 %R ( $dp = \pm 9,71$ ),  $t_{90}$  apresentou 11,12 %R ( $dp =$

$\pm 19,43$ ),  $t_{120}$  apresentou 0,25 %R ( $dp = \pm 0,30$ ) e  $t_{150}$  apresentou 3,8 %R ( $dp = \pm 8,5$ ). (Fig. 7c)

### 3.5. Macroinvertebrados bentônicos

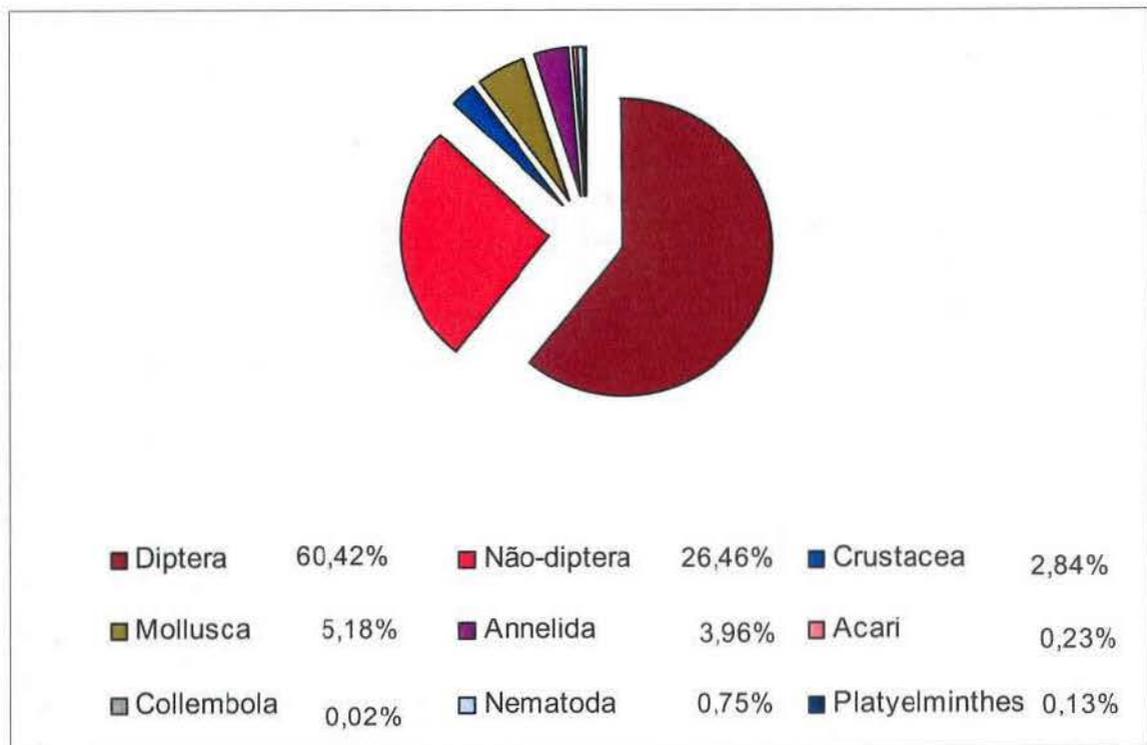
A análise da colonização de macroinvertebrados bentônicos em bolsas-de-folhíço contendo folhas de canela-guaicá ocorreu nos períodos  $t_1$ ,  $t_{15}$ ,  $t_{30}$ ,  $t_{60}$ ,  $t_{90}$  e  $t_{180}$ . Nos períodos  $t_{120}$  e  $t_{150}$  não foram contabilizados a abundância total e densidade média dos macroinvertebrados bentônicos devido ao curto tempo para o processamento do material biológico (separação, triagem e identificação dos organismos).

A tabela 6 mostra o número total de macroinvertebrados bentônicos por taxon presente em bolsas-de-folhíço coletadas em nove estações de coleta da sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, no período de novembro de 2004 e maio de 2005.

**Tabela 6-** Número total de macroinvertebrados bentônicos por taxon presente em bolsas-de-folhíço coletados nas estações de coleta da sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, no período de novembro de 2004 e maio de 2005. Dipt = Diptera, Não-Dipt = Insetos Não-Diptera, Crus = Crustacea, Moll = Mollusca, Anne = Annelida, Acari, Coll = Collembola, Nema = Nematoda, Plat = Platyelminthes.

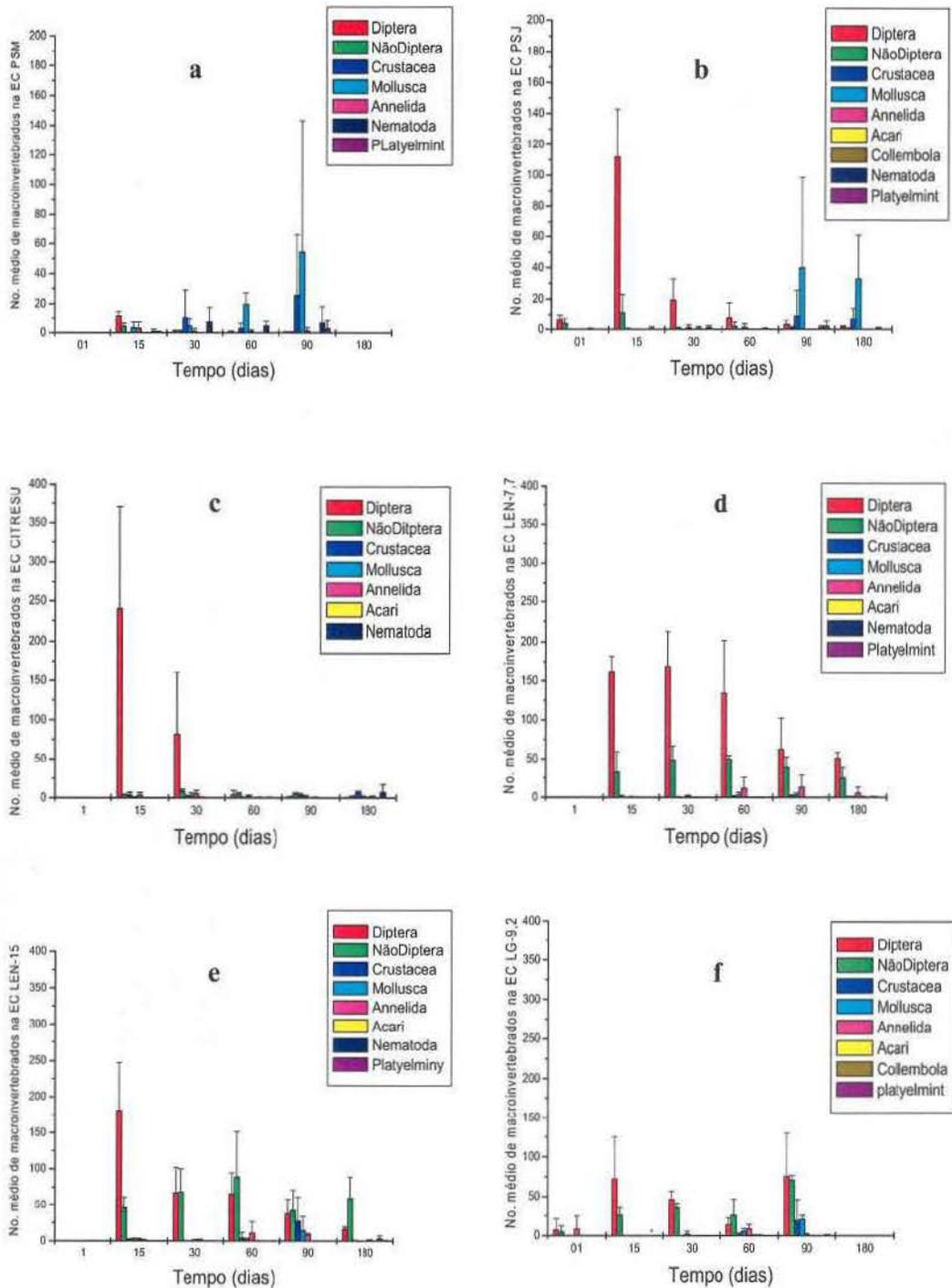
<i>Taxa</i>	Dipt	Nãp-Dipt	Crus	Moll	Anne	Acari	Coll	Nema	Plat	<i>Total</i>
<i>ECs</i>										
PSM	29	12	118	243	16	0	0	58	10	486
PSJ	570	72	51	225	0	2	1	14	6	941
CITRESU	979	64	38	20	26	7	0	15	0	1149
LEN 7,7	1419	470	11	20	78	0	0	0	0	1998
LEN 15	1047	808	74	39	59	11	0	6	1	2045
LG 9,2	425	279	4	22	58	2	1	0	0	791
LG 37,8	482	370	56	79	190	1	1	2	0	1181
LG 56	1021	604	7	8	56	0	0	0	0	1696
LG 79	1722	691	3	4	21	6	0	0	0	2447
<b>TOTAL</b>	<b>7694</b>	<b>3370</b>	<b>362</b>	<b>660</b>	<b>504</b>	<b>29</b>	<b>3</b>	<b>95</b>	<b>17</b>	<b>12734</b>

Nos experimentos de colonização de canela-guaicá foram coletados 12.734 organismos. Desses, 11.064 pertencem à classe Insecta (Diptera, 7.694 e Não-Diptera, 3.370); 362 pertencem à Crustacea; 660 à Mollusca; 504 à Annelida; Acari e Collembola juntos totalizaram 32 indivíduos; e Platyelminthes e Nematoda totalizaram 112 indivíduos (Fig 8).

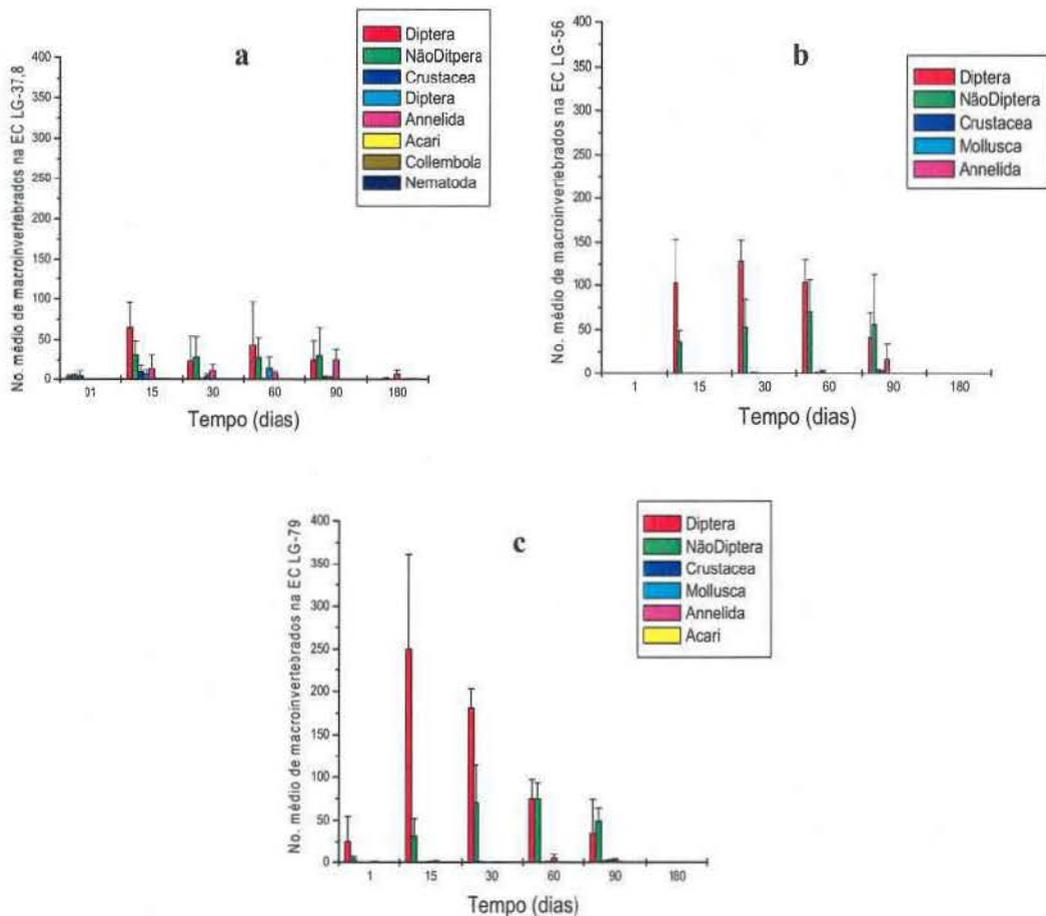


**Figura 8-** Percentual de macroinvertebrados bentônicos coletados em bolsas-de-folhiço nas estações de coleta da sub-bacia hidrográfica Lajeado Grande, no período de novembro de 2004 a maio de 2005.

As figuras 9(a-f) e 10(a-c) mostram a colonização de macroinvertebrados (média  $\pm$  dp) em folhas de canela-guaicá (*Ocotea puberula*, Lauraceae) em experimentos conduzidos nas estações de coleta da sub bacia hidrográfica do Lajeado Grande, Alto Uruguai, RS, no período de novembro 2004 a maio 2005 por EC.



**Figura 9(a-f)**- Colonização de macroinvertebrados (média  $\pm$  dp) em folhas de canela-guaicá (*Ocotea puberula*, Lauraceae) em experimentos conduzidos nas estações de coleta da sub bacia hidrográfica do Lajeado Grande, Alto Uruguai, RS, no período de novembro 2004 a maio 2005. a) estação de coleta PSM; b) estação de coleta PSJ; c) estação de coleta CITRESU; d) estação de coleta LEN 7,7; e) estação de coleta LEN 15; f) estação de coleta LG 9,2.



**Figura 10(a-c)-** Colonização de macroinvertebrados (média  $\pm$  dp) em folhas de canela-guaicá (*Ocotea puberula*, Lauraceae) em experimentos conduzidos nas estações de coleta da sub bacia hidrográfica do Lajeado Grande, Alto Uruguai, RS, no período de novembro 2004 a maio 2005. a) estação de coleta LG 37,8; b) estação de coleta LG 56; c) estação de coleta LG 79.

**PSM -** O estudo de colonização de folhas de canela-guaicá por macroinvertebrados ocorreu nos períodos  $t_{15}$ ,  $t_{30}$ ,  $t_{60}$  e  $t_{90}$  (Fig. 9a). No total foram coletados 486 organismos. Os taxa presentes no período amostral foram: Diptera, Insecta Não-Diptera, Crustacea, Mollusca, Annelida, Nematoda e Platyelminthes.

A colonização de macroinvertebrados bentônicos em PSM apresentou aumento da densidade média entre  $t_{15}$  ( $9,34 \text{ ind.g}^{-1}$ ) e  $t_{90}$  ( $49,53 \text{ ind.g}^{-1}$ ). (Fig. 11)

Também entre  $t_{15}$  e  $t_{90}$  houve aumento na abundância relativa ( $t_{15} = 24,5 \text{ ind.bolsa}^{-1}$  e  $t_{90} = 91,66 \text{ ind.bolsa}^{-1}$ ), principalmente devido ao aumento da abundância de bivalves (Mollusca) ( $t_{15} = 3,5 \text{ ind.bolsa}^{-1}$  e  $t_{90} = 54 \text{ ind.bolsa}^{-1}$ ). (Fig. 12)

No período  $t_{15}$ , Diptera representou 50% do total. Nos períodos  $t_{30}$ ,  $t_{60}$  e  $t_{90}$  Diptera representou 2,66%, 2,29% e 0,34%, respectivamente. (Fig. 9a). O grupo mais abundante em  $t_{30}$  foi Crustacea (Ostracoda), com 43% do total amostral. Os períodos de  $t_{60}$  e  $t_{90}$  registraram maior abundância de Mollusca (Bivalvia), com 68% e 59% do total para o período, respectivamente.

**PSJ** - O experimento de colonização ocorreu em  $t_1$ ,  $t_{15}$ ,  $t_{30}$ ,  $t_{60}$ ,  $t_{90}$  e  $t_{180}$  (Figura 9b). Foram coletados 941 organismos ao todo pertencentes aos grupos Diptera, Não-Diptera, Crustacea, Mollusca, Acari, Collembola, Nematoda e Platyelminthes.

PSJ apresentou oscilação nos valores de densidade média, com maiores valores em  $t_{15}$  ( $49,32 \text{ ind.g}^{-1}$ ),  $t_{90}$  ( $33,42 \text{ ind.g}^{-1}$ ) e  $t_{180}$  ( $30,17 \text{ ind.g}^{-1}$ ) e menores valores em  $t_1$  ( $3,13 \text{ ind.g}^{-1}$ ),  $t_{30}$  ( $10,51 \text{ ind.g}^{-1}$ ) e  $t_{60}$  ( $6,71 \text{ ind.g}^{-1}$ ). (Fig. 11)

A abundância relativa acompanhou os valores de densidade, com maiores valores em  $t_{15}$  ( $124 \text{ ind.bolsa}^{-1}$ ),  $t_{90}$  ( $57 \text{ ind.bolsa}^{-1}$ ) e em  $t_{180}$  ( $42,66 \text{ ind.bolsa}^{-1}$ ). (Fig. 12)

O período de  $t_{15}$  apresentou 90,17% de Diptera. A abundância em  $t_{90}$  e  $t_{180}$  se deveu à ocorrência de moluscos bivalves, os quais corresponderam a 70% e 77%, respectivamente, do total amostral.

**CITRESU** - O experimento de colonização em *Ocotea puberula* correu em  $t_{15}$ ,  $t_{30}$ ,  $t_{60}$ ,  $t_{90}$  e  $t_{180}$ . Registraram-se 1149 organismos, sendo representados os grupos Diptera, Insetos Não-Diptera, Crustacea, Mollusca, Annelida, Acari e Nematoda. No período de exposição  $t_{14}$  ocorreram 753 organismos; em  $t_{28}$  ocorreram 296 organismos;  $t_{62}$  apresentou 33 organismos;  $t_{92}$  apresentou 30 organismos; e em  $t_{182}$  ocorreram 37 organismos. (Fig. 9c)

CITRESU apresentou declínio na densidade média de organismos de acordo com o tempo de exposição. A densidade média em  $t_{15}$  foi de  $91,62 \text{ ind.g}^{-1}$ ;  $t_{30}$ ,  $48,61 \text{ ind.g}^{-1}$ ;  $t_{60}$ ,  $9,94 \text{ ind.g}^{-1}$ ; e  $t_{90}$ ,  $7,71 \text{ ind.g}^{-1}$ . (Fig. 11)

A abundância relativa também apresentou declínio entre  $t_{15}$  ( $251 \text{ ind.bolsa}^{-1}$ ) e  $t_{180}$  ( $18,5 \text{ ind.bolsa}^{-1}$ ), sendo que em  $t_{90}$  ocorreram  $10 \text{ ind.bolsa}^{-1}$ . (Fig. 12)

A representatividade de Diptera diminuiu de acordo com o tempo de exposição ( $t_{15} = 95,62\%$ ;  $t_{30} = 82,43\%$ ;  $t_{60} = 33,33\%$ ;  $t_{90} = 6,66\%$  e  $t_{180} = 5,4\%$ ). Nos períodos  $t_{90}$  e  $t_{180}$  houve aumento da representatividade de Crustacea (Ostracoda), o qual apresentou 33% e 35%, respectivamente. (Fig. 9c)

**LEN 7,7** - A colonização de macroinvertebrados em folhas de canela-guiacá ocorreu nos períodos  $t_{15}$ ,  $t_{30}$ ,  $t_{60}$  e  $t_{90}$ . 1419 organismos foram observados, sendo representados os grupos Diptera, Insetos Não-Diptera, Annelida, Mollusca e Crustacea. (Fig. 9d)

Houve aumento na densidade média até  $t_{60}$  ( $t_{15} = 77,56 \text{ ind.g}^{-1}$ ,  $t_{30} = 120,18 \text{ ind.g}^{-1}$ ,  $t_{60} = 161,54 \text{ ind.g}^{-1}$ ). Em  $t_{90}$  há uma diminuição da densidade média ( $t_{90} = 137,53 \text{ ind.g}^{-1}$ ), com posterior aumento nesse parâmetro em  $t_{180}$  ( $206,48 \text{ ind.g}^{-1}$ ). (Fig. 11)

A abundância relativa em  $t_{15}$  é de  $196 \text{ ind.bolsa}^{-1}$ , em  $t_{30}$  é igual a  $219 \text{ ind.bolsa}^{-1}$  e em  $t_{60}$  é de  $198,33 \text{ ind.bolsa}^{-1}$ . Em  $t_{90}$  e  $t_{180}$  há diminuição na abundância relativa ( $t_{90} = 118 \text{ ind.bolsa}^{-1}$  e  $t_{180} = 82,5 \text{ ind.bolsa}^{-1}$ ). (Fig. 12)

Entre os períodos  $t_{15}$  e  $t_{90}$  houve diminuição da representatividade de Diptera ( $t_{15} = 82,91\%$ ,  $t_{30} = 77,17\%$ ,  $t_{60} = 67,56\%$  e  $t_{90} = 52,60\%$ ) e aumento da representatividade de Não-Diptera ( $t_{15} = 16\%$ ,  $t_{30} = 22\%$ ,  $t_{60} = 25\%$  e  $t_{90} = 32\%$ ). (Fig. 9d)

**LEN 15** - O período de colonização de macroinvertebrados compreendeu  $t_{15}$ ,  $t_{30}$ ,  $t_{60}$ ,  $t_{90}$  e  $t_{180}$ . Essa EC apresentou 2045 organismos ao total, representando os grupos Diptera, Insetos Não-Diptera, Crustacea, Mollusca, Annelida, Acari, Nematoda e Platyelminthes. (Fig. 9e)

A colonização de canela-guiacá por macroinvertebrados apresentou oscilação quanto ao valor de densidade média ( $t_{15} = 97,67 \text{ ind.g}^{-1}$ ,  $t_{30} = 69,29 \text{ ind.g}^{-1}$ ,  $t_{60} = 157,79 \text{ ind.g}^{-1}$ ,  $t_{90} = 135,40 \text{ ind.g}^{-1}$  e  $t_{180} = 146,08 \text{ ind.g}^{-1}$ ). (Fig. 11)

No período amostral houve um aumento na abundância relativa média até  $t_{60}$  ( $t_{15} = 232 \text{ ind.bolsa}^{-1}$ ,  $t_{30} = 137,66 \text{ ind.bolsa}^{-1}$  e  $t_{60} = 170,66 \text{ ind.bolsa}^{-1}$ ), com posterior declínio nesse parâmetro ( $t_{90} = 130 \text{ ind.bolsa}^{-1}$  e  $t_{180} = 82 \text{ ind.bolsa}^{-1}$ ). (Fig. 12)

Houve diminuição da representatividade de Diptera ao longo do período amostral ( $t_{15} = 77,87\%$ ,  $t_{30} = 48,67\%$ ,  $t_{60} = 38,28\%$ ,  $t_{90} = 28,85\%$  e  $t_{180} = 20,12\%$ ). Insetos Não-

Diptera tiveram aumento na representatividade em  $t_{30}$  (49%),  $t_{60}$  (52%) e  $t_{180}$  (73%). (Fig. 9e)

**LG 9,2** - Observou-se a colonização de macroinvertebrados em  $t_1$ ,  $t_{15}$ ,  $t_{30}$  e  $t_{60}$ . ocorreram 791 organismos pertencentes aos grupos: Diptera, Insetos Não-Diptera, Mollusca, Annelida, Crustacea, Acari e Collembola. (Fig. 9f).

A colonização de macroinvertebrados em folhas de canela-guaicá na EC LG 9,2 teve aumento na densidade média relacionado com o tempo de exposição ( $t_{15} = 43,26 \text{ ind.g}^{-1}$ ,  $t_{30} = 54,11 \text{ ind.g}^{-1}$  e  $t_{60} = 65,78 \text{ ind.g}^{-1}$ ). (Fig. 11)

A abundância relativa foi, em  $t_1$  igual a  $20 \text{ ind.bolsa}^{-1}$ ; em  $t_{15}$  igual a  $97,66 \text{ ind.bolsa}^{-1}$ ;  $t_{30}$  apresentou  $83,66 \text{ ind.bolsa}^{-1}$ ; e  $t_{60}$  apresentou  $55,66 \text{ ind.bolsa}^{-1}$ . (Fig. 12)

No período  $t_{15}$  Diptera representou 73,72% e insetos Não-Diptera representaram os demais 26,28%. Diptera representou, em  $t_{30}$ , 55,38%, e em  $t_{60}$ , 25,15%. Insetos Não-Diptera representaram, em  $t_{30}$ , 42,23%, e em  $t_{60}$ , 46,1%. (Fig. 9f).

**LG 37,8** - O período de análise compreendido para colonização de macroinvertebrados correspondeu a  $t_1$ ,  $t_{15}$ ,  $t_{30}$ ,  $t_{60}$  e  $t_{90}$  e  $t_{180}$ . Nesse período foram verificados os grupos Diptera, Insetos Não-Diptera, Crustacea, Mollusca, Annelida, Acari, Collembola e Nematoda. (Fig. 10a)

A densidade média foi, em  $t_{15}$  igual a  $52,25 \text{ ind.g}^{-1}$ . No período  $t_{60}$ , a densidade média foi  $51,75 \text{ ind.g}^{-1}$ ; em  $t_{90}$  esse parâmetro foi  $53,60 \text{ ind.g}^{-1}$ . Os menores valores de densidade média foram registrados em  $t_1$  ( $3,19 \text{ ind.g}^{-1}$ ),  $t_{30}$  ( $32,80 \text{ ind.g}^{-1}$ ) e  $t_{180}$  ( $11,37 \text{ ind.g}^{-1}$ ). (Fig. 11)

A abundância relativa média oscilou ao longo do período amostral. O período  $t_{15}$  apresentou o maior valor para esse parâmetro ( $127 \text{ ind.bolsa}^{-1}$ ).  $t_{30}$  apresentou  $68 \text{ ind.bolsa}^{-1}$ ;  $t_{60}$ ,  $94 \text{ ind.bolsa}^{-1}$ ;  $t_{90}$ ,  $84,33 \text{ ind.bolsa}^{-1}$ ; e  $t_{180}$ ,  $8,5 \text{ ind.bolsa}^{-1}$ . (Fig. 12)

Em todos os períodos amostrais, os grupos mais representativos foram os insetos Diptera ( $t_1 = 25\%$ ,  $t_{15} = 50,92\%$ ,  $t_{30} = 35,29\%$ ,  $t_{60} = 45,74\%$ ,  $t_{90} = 30,04\%$ ) e Não-Diptera ( $t_1 = 36,36\%$ ,  $t_{15} = 24,67\%$ ,  $t_{30} = 41,66\%$ ,  $t_{60} = 29,78\%$ ,  $t_{90} = 35,96\%$ ). O período  $t_{180}$  não registrou ocorrência de Diptera e Não-Diptera, apresentando 76% de Annelida, Oligochaeta. (Fig. 10a)

**LG 56** - O período de estudo de colonização refere-se a  $t_{15}$ ,  $t_{30}$ ,  $t_{60}$  e  $t_{90}$ . Os grupos Diptera, Insetos Não-Diptera, Crustacea, Mollusca e Annelida ocorreram no período. (Fig. 10b)

Houve aumento da densidade média de organismos colonizadores de folhas de canela-guaicá com o período de exposição ( $t_{15} = 57,16 \text{ ind.g}^{-1}$ ,  $t_{30} = 99,00 \text{ ind.g}^{-1}$ ,  $t_{60} = 303,51 \text{ ind.g}^{-1}$  e  $t_{90} = 369,22 \text{ ind.g}^{-1}$ ). (Fig. 11)

A abundância relativa total foi, a partir de  $t_{15}$ , sempre maior que  $100 \text{ ind.bolsa}^{-1}$  ( $t_{15} = 138,5 \text{ ind.bolsa}^{-1}$ ,  $t_{30} = 181,66 \text{ ind.bolsa}^{-1}$ ,  $t_{60} = 175 \text{ ind.bolsa}^{-1}$  e  $t_{90} = 116,33 \text{ ind.bolsa}^{-1}$ ). (Fig. 12)

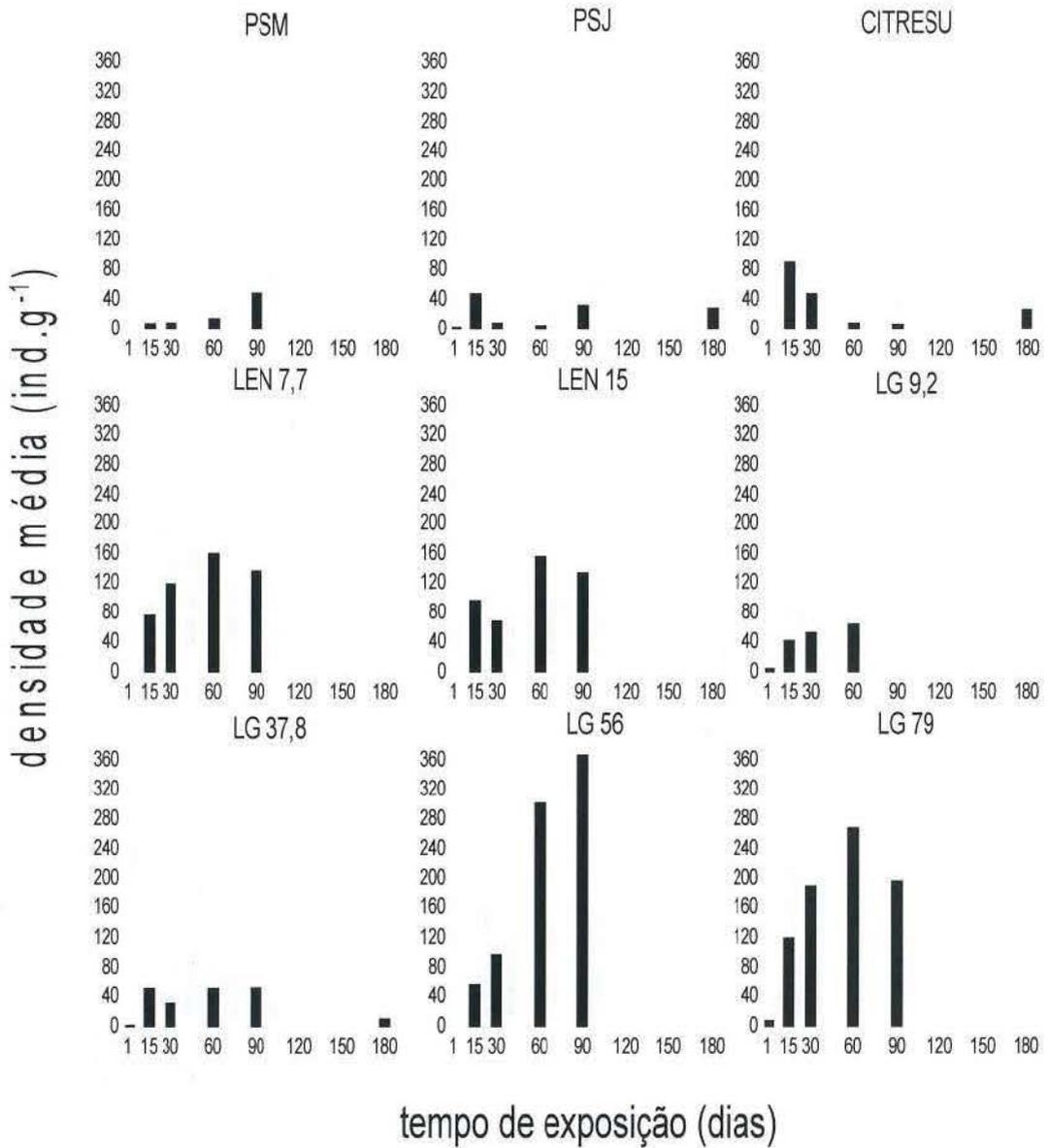
Houve maior representatividade de Diptera em  $t_{15}$  (74,01%),  $t_{30}$  (70,46%) e  $t_{60}$  (58,86%). Apenas em  $t_{90}$  insetos Não-Diptera (48%) são mais abundantes que Diptera (35,24%). (Fig. 10b)

**LG 79** - O período de estudo de colonização refere-se a  $t_1$ ,  $t_{15}$ ,  $t_{30}$ ,  $t_{60}$  e  $t_{90}$ . Ocorreram, no período amostral, os grupos Diptera, Insetos Não-Diptera, Crustacea, Mollusca, Annelida, Acari. (Fig. 10c)

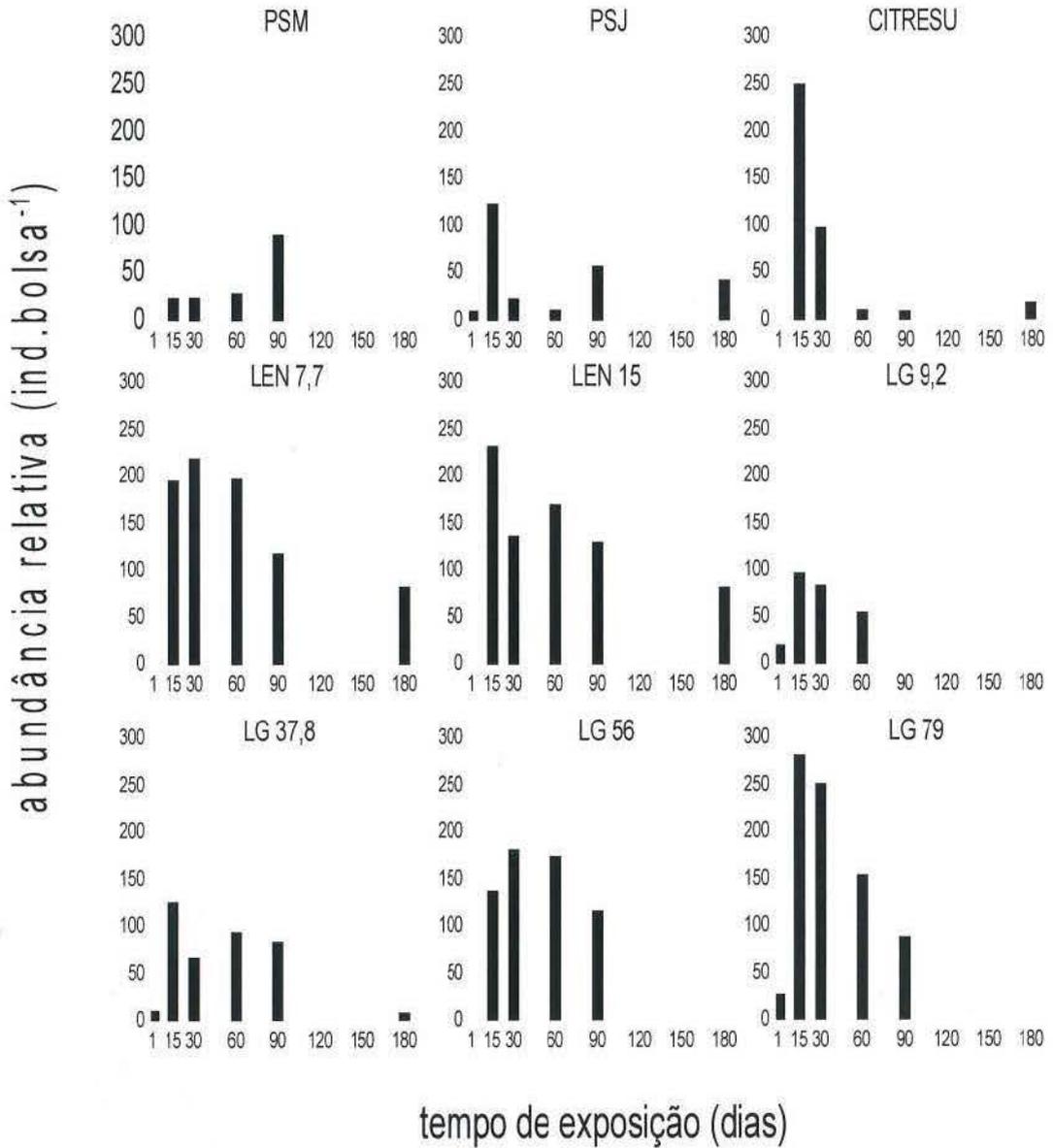
LG 79 apresentou aumento na densidade média de organismos colonizadores entre  $t_1$  e  $t_{60}$  ( $t_1 = 9 \text{ ind.g}^{-1}$ ,  $t_{15} = 120,37 \text{ ind.g}^{-1}$ ,  $t_{30} = 191,54 \text{ ind.g}^{-1}$ ,  $t_{60} = 270,00 \text{ ind.g}^{-1}$ ). Em  $t_{90}$  há um decréscimo na densidade média em relação à  $t_{60}$  ( $t_{90} = 197,70 \text{ ind.g}^{-1}$ ). (Fig. 11)

A abundância relativa média foi maior em  $t_{15}$ , com  $282,333 \text{ ind.bolsa}^{-1}$ . Essa abundância relativa diminuiu em  $t_{30}$  ( $252 \text{ ind.bolsa}^{-1}$ ),  $t_{60}$  ( $154,667 \text{ ind.bolsa}^{-1}$ ) e  $t_{90}$  ( $88 \text{ ind.bolsa}^{-1}$ ). (Fig. 12)

Os principais grupos colonizadores foram os insetos (Diptera e Não-Diptera), com dominância de Diptera em  $t_{15}$  (88,55%) e  $t_{30}$  (71,83%). Em  $t_{60}$  Diptera e Não-Diptera corresponderam, cada um a 48% dos organismos presentes e em  $t_{90}$ , Não-Diptera correspondeu a 56%, sendo que Diptera apresentou 39,39% do total no período. (Fig. 10c)



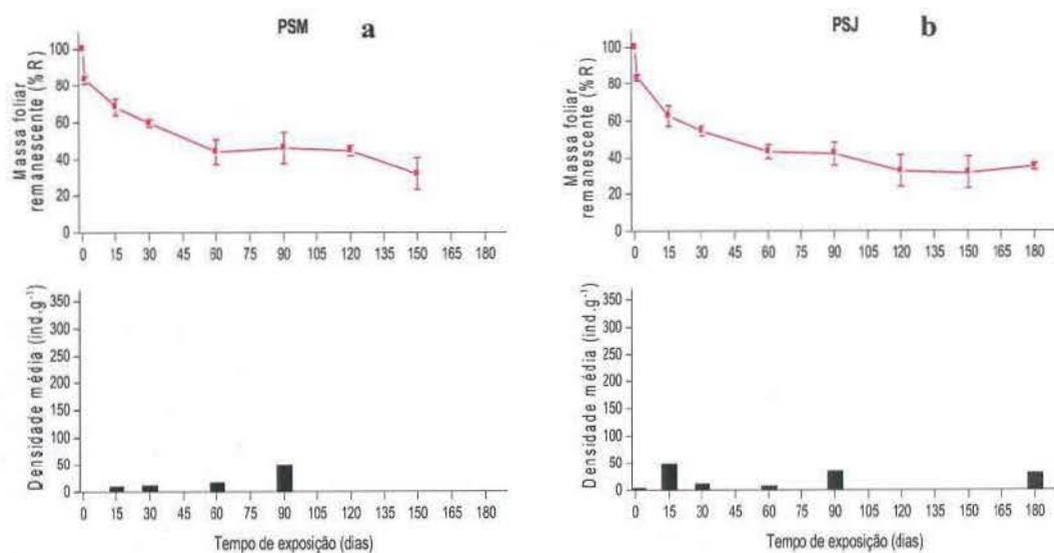
**Figura 11-** Densidade média (ind.g<sup>-1</sup>) de macroinvertebrados bentônicos em folhas de canela-guiacá (*Ocotea puberula*, Lauraceae) em experimentos conduzidos nas estações de coleta da sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, RS, no período de novembro de 2004 a maio de 2005.



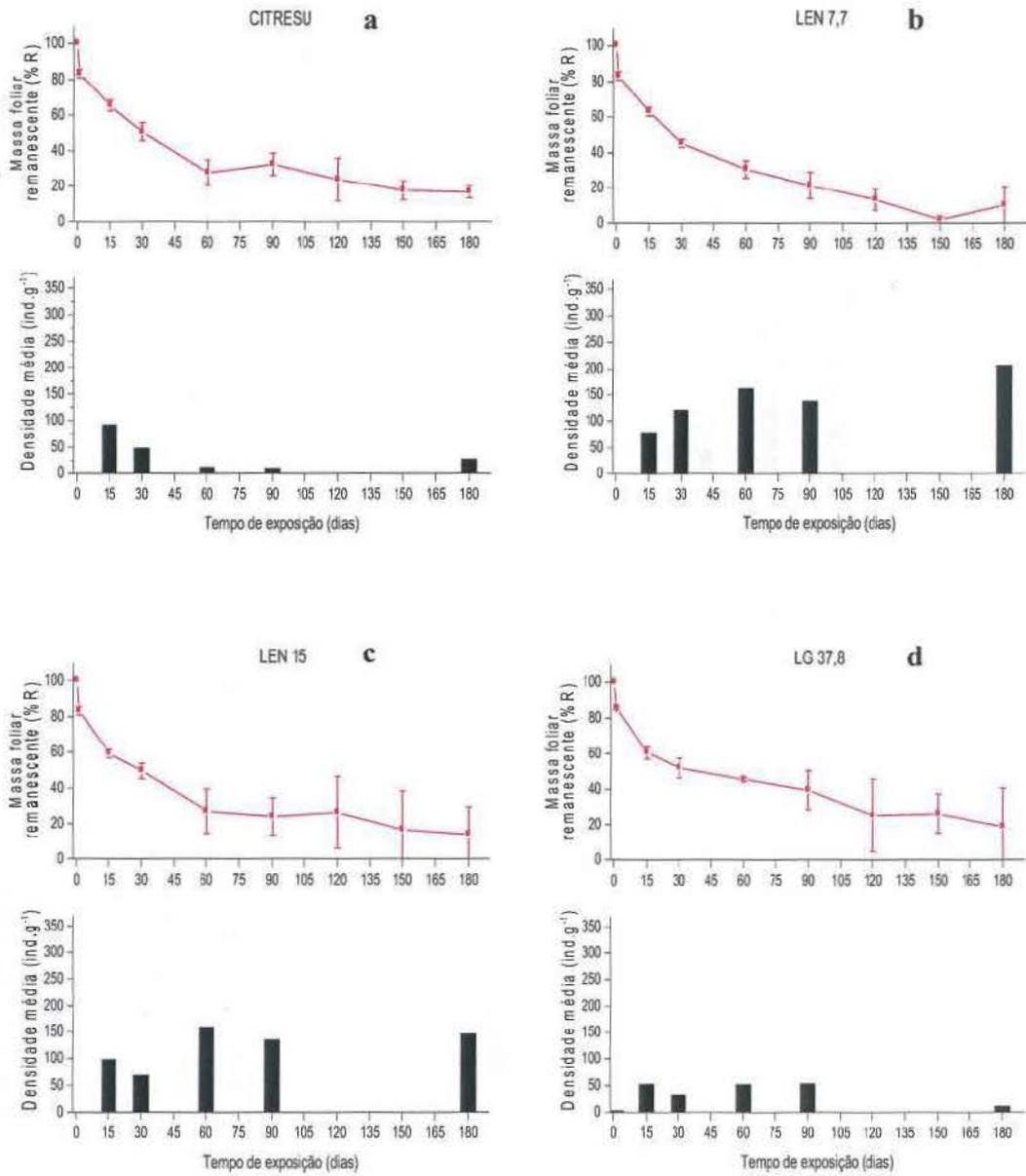
**Figura 12-** Abundância relativa (ind.bolsa<sup>-1</sup>) de macroinvertebrados bentônicos em folhas de canela-guiacá (*Ocotea puberula*, Lauraceae) em experimentos conduzidos nas estações de coleta da sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, RS, no período de novembro de 2004 a maio de 2005.

### 3.6. Macroinvertebrados bentônicos x Degradação foliar de *Ocotea puberula*

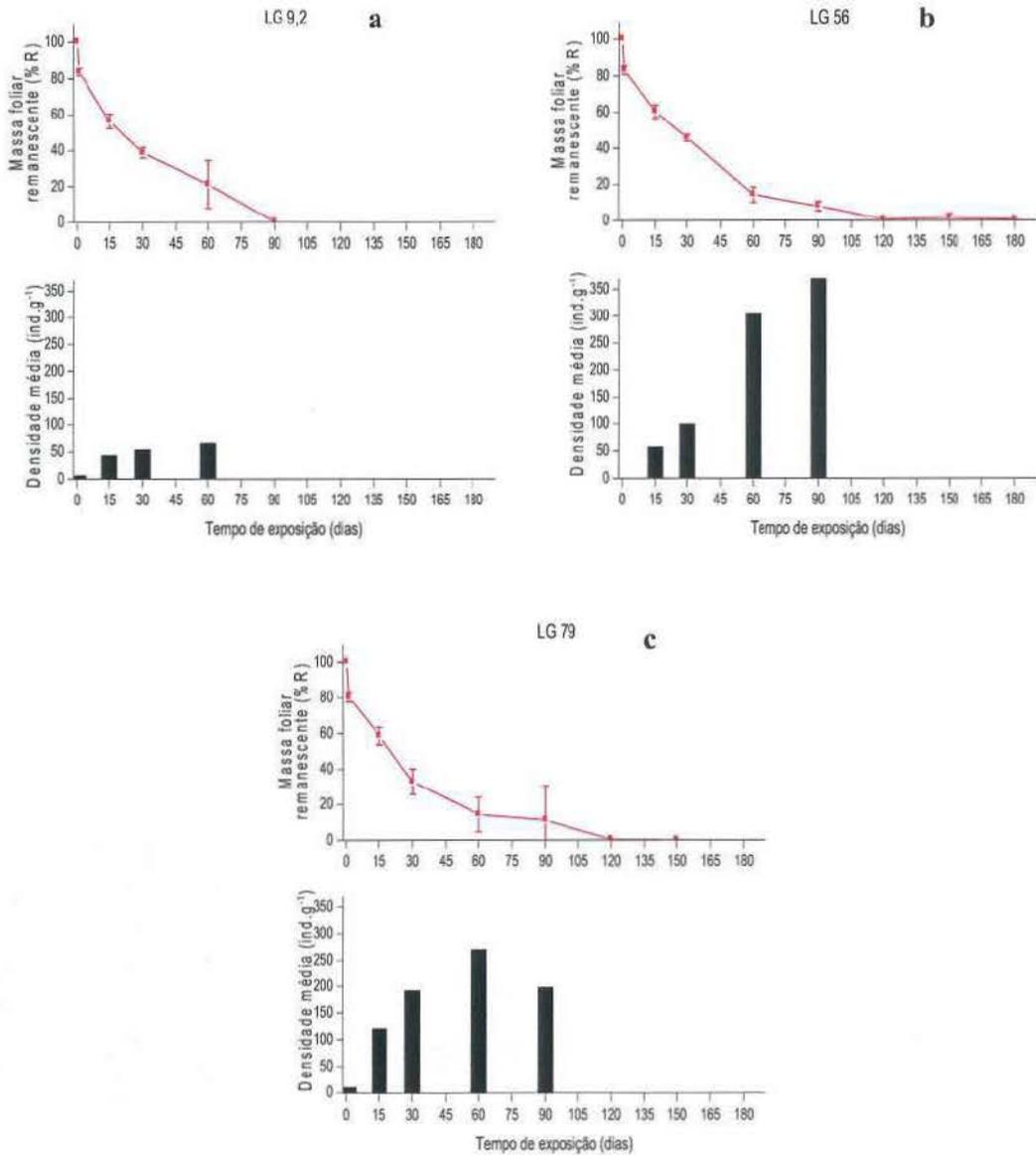
A partir da análise de densidade média ( $\text{ind.g}^{-1}$ ) de macroinvertebrados bentônicos na colonização de folhas de *O. puberula* na sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, verificou-se distintos padrões de colonização de macroinvertebrados nas diferentes estações de coleta. As figuras 13 (a-b), 14 (a-d) e 15(a-c) apresentam os valores de densidade média de macroinvertebrados e as taxas do processamento de decomposição foliar em cada estação de coleta da sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, no período de novembro de maio de 2005.



**Figura 13 (a-b)-** Taxas do processamento de decomposição foliar de *Ocotea puberula* (Lauraceae) e densidade média de macroinvertebrados bentônicos em bolsas-de-folhiço expostas na sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, no período de novembro de 2004 a maio de 2005. a) EC PSM; b) EC PSJ.



**Figura 14(a-d)-** Taxas do processamento de decomposição foliar de *Ocotea puberula* (Lauraceae) e densidade média de macroinvertebrados bentônicos em bolsas-de-folhíço expostas na sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, no período de novembro de 2004 a maio de 2005. a) EC CITRESU; b) EC LEN 7,7; c) EC LEN 15; d) EC LG 37,8.



**Figura 15(a-c)**- Taxas do processamento de decomposição foliar de *Ocotea puberula* (Lauraceae) e densidade média de macroinvertebrados bentônicos em bolsas-de-folhíço expostas na sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, no período de novembro de 2004 a maio de 2005. a) EC LG 9,2; b) EC LG 56; d) EC LG 79.

### 3.7. Disponibilidade de recursos

A tabela 7 apresenta os valores de recurso disponível (em  $\text{g.ind}^{-1}$ ) para as estações de coleta da sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande.

**Tabela 7-** Valores de recurso disponível por organismo macroinvertebrado ( $\text{g.ind}^{-1}$ ) nas estações de coleta da sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, no período de novembro de 2004 a maio de 2005.

ECs	PSM	PSJ	CITRESU	LEN 15	LEN 7,7	LG 79	LG 56	LG 37,8	LG 9,2
<b>Tempo</b>									
t <sub>1</sub>		0,319				0,111		0,313	0,023
t <sub>15</sub>	0,107	0,020	0,011	0,010	0,013	0,008	0,017	0,019	0,018
t <sub>30</sub>	0,096	0,095	0,020	0,014	0,008	0,005	0,010	0,030	0,015
t <sub>60</sub>	0,061	0,149	0,101	0,006	0,006	0,004	0,003	0,019	0,015
t <sub>90</sub>	0,020	0,030	0,130	0,007	0,007	0,005	0,003	0,019	
t <sub>180</sub>		0,033	0,036	0,007	0,005			0,088	

Os valores obtidos em cada estação de coleta e por período amostral foram posteriormente agrupados numericamente entre aqueles valores que apresentam baixa disponibilidade de recursos ( $< 0,002 \text{ g.ind}^{-1}$ ), os que apresentam disponibilidade de recursos moderada ( $0,002$  a  $0,1 \text{ g.ind}^{-1}$ ) e aqueles que apresentam alta disponibilidade de recursos ( $> 0,1 \text{ g.ind}^{-1}$ ).

A tabela 8 apresenta a relação da disponibilidade de recursos agrupados nas três categorias (baixa disponibilidade, disponibilidade moderada e alta disponibilidade) em relação ao tempo de exposição entre as estações de coleta da sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande. As ECs com maior disponibilidade de recursos ficaram agrupadas à esquerda e as ECs com menor disponibilidade de recursos, à direita.

**Tabela 8-** Disponibilidade de recursos ( $\text{g.ind}^{-1}$ ) nas estações de coleta da sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, no período de novembro de 2004 a maio de 2005.      alta disponibilidade de recursos,      disponibilidade de recursos moderada e,      poucos recursos remanescentes.

ECs	PSJ	PSM	CITRESU	LG 37,8	LG 9,2	LEN 15	LEN 7,7	LG 56	LG 79
<b>Tempo</b>									
t <sub>15</sub>	0,020	0,107	0,011	0,019	0,023	0,010	0,013	0,017	0,008
t <sub>30</sub>	0,095	0,096	0,021	0,030	0,018	0,014	0,008	0,010	0,005
t <sub>60</sub>	0,149	0,061	0,101	0,019	0,015	0,006	0,006	0,003	0,004
t <sub>90</sub>	0,030	0,020	0,130	0,019		0,007	0,007	0,003	0,005
t <sub>180</sub>	0,033		0,036	0,088		0,007	0,005		

#### 4. DISCUSSÃO

A crescente necessidade de recuperação dos diversos recursos naturais explorados diretamente ou alterados indiretamente por ações antrópicas, bem como a pressão exercida por parte da população civil organizada exigindo atitudes governamentais e institucionais de proteção ao meio-ambiente geram um cenário de preocupação geral com os rumos do contexto ambiental.

Inserido nesse cenário, o desenvolvimento e aprimoramento de metodologias para análises e monitoramento ambiental disponíveis aos órgãos privado e público, urge em expandir o horizonte de avaliações ambientais disponíveis, a fim de proporcionar ferramentas adequadas para análises de impacto ambiental nos diferentes meios naturais existentes.

O universo de ferramentas utilizadas para análises ambientais em sistemas de água doce não é pequeno. Diversos são os estudos que fazem uso de metodologias baseadas em análises químicas, físicas, morfométricas e biológicas dos cursos d'água (e.g., Johnson *et al.* 1993; Resh & Jackson, 1993; Nagasaka & Nakamura, 1999; Galdean *et al.*, 2000; Marques & Barbosa, 2001). Contudo, geralmente essas metodologias são aplicadas separadamente, sem observar o sistema (lótico ou lêntico) como um todo ou, como um ecossistema propriamente dito, composto de tantas variáveis quanto for possível nomeá-las.

No estudo de impacto ambiental de sistemas de água doce, é importante primeiramente ressaltar a conectividade do curso d'água com o restante da paisagem, desde a zona ripária até os declives de morros pertencentes àquela bacia de drenagem. Junto à isso, há as variáveis físicas e químicas encontradas na água e aquelas das rochas e fontes de poluição nos arredores do sistema lótico. Traduzindo esses fatores, destacam-se os aspectos biológicos da comunidade de vertebrados (peixes, aves e anuros) e invertebrados. O estudo a partir do reconhecimento dessas inter-relações vislumbra perspectivas de maior amplitude no entendimento e detecção de alterações ambientais. Vilella (2002) e Vilella *et al.* (2004) analisaram a ecologia de uma comunidade aquática de um riacho de 1ª ordem na Mata Atlântica no sul do Brasil, verificando as relações entre variáveis estruturais (físicas e limnológicas) e bióticas (estrutura da comunidade e interações inter-específicas).

Dessa maneira, análises envolvendo o metabolismo de sistemas aquáticos de baixa ordem podem prover informações de todos os parâmetros citados, resumidos em uma atividade biológica facilmente compreensível, quer seja o estudo do processo de decomposição foliar (Gessner & Chauvet, 2002; Pascoal *et. al.* 2003) ou até mesmo a relação entre estes processos e os aspectos da estrutura de comunidades (Casas & Gessner, 1999)

A fim de se utilizar o processo de decomposição vegetal como um instrumento para programas de avaliações rápidas e/ou análise de impacto ou até mesmo monitoramento ambiental a longo prazo faz-se necessário uma padronização das técnicas em estudos de decaimento foliar com o objetivo de serem obtidos parâmetros de fácil comparação entre os diversos estudos que vêm sendo realizados. Esta proposta metodológica visa agir como indicativo da qualidade ecológica dos sistemas aquáticos.

Neste caso, os sistemas lóticos de baixa ordem foram objeto de estudo, a partir do estudo do processo de decomposição foliar e colonização por macroinvertebrados bentônicos na sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, Alto Uruguai, noroeste do Rio Grande do Sul.

#### **4.1. Desenvolvimento de metodologia a partir de estudos de colonização e decomposição foliar por macroinvertebrados**

Estudos clássicos realizados por Kaushik & Hynes (1971), Benfield, Paul & Webster (1979) e Webster & Benfield (1986), demonstram que há diferenças significativas referentes às taxas de decomposição nos processos de degradação vegetal em função das diferentes técnicas aplicadas. Estas, por sua vez, ocorrem em função dos diferentes procedimentos executados na elaboração do experimento, os quais vão desde espécie vegetal empregada, materiais vegetais utilizados, quantidade de biomassa, tamanhos de malha das bolsas-de-folhioço, redes de mão; local de exposição das bolsas; coleta do material, análise dos dados de colonização de macroinvertebrados.

O estudo do processo de decomposição pode ser feito através de partes vegetativas ou reprodutivas, sendo as folhas o material mais comumente utilizado, principalmente por apresentar taxas de decomposição mais altas (Kaushik & Hynes, 1971), se decompondo no período de meses, enquanto que galhos e troncos têm o processo de decomposição estendido por anos (Kaushik & Hynes, 1971; Benfield, Paul & Webster, 1979). Da mesma forma, partes reprodutivas devem apresentar taxas de decomposição mais rápidas do que folhas. Estudos com decomposição de frutos podem ser interessantes, devido aos frutos apresentarem uma unidade amostral bastante definida e terem certa importância ecológica em ambientes aquáticos, servindo de alimento para alguns organismos aquáticos, como por exemplo, peixes.

A escolha da espécie vegetal a ser utilizada é de suma importância para a correta análise posterior dos dados. Primeiramente, espécies nativas devem ser preferidas a espécies exóticas, visto aquelas permitirem adaptabilidade da comunidade de macroinvertebrados, enquanto as últimas apresentarem recursos novos ao ambiente. A categoria sucessional das espécies vegetais utilizada também influencia na taxa de decomposição (Gilberto Rodrigues, comunicação pessoal). Espécies vegetais apresentam diversos tipos de defesa contra herbivoria terrestre (Feeny, 1970), e essas defesas podem permanecer no sistema lótico influenciando a colonização e decomposição. Espécies pioneiras apresentam reservas químicas (alcalóides) para defesa contra herbivoria, enquanto espécies tidas como secundárias ou climáticas apresentam, essencialmente, defesas físicas, como maiores concentrações de lignina e fibras (Poorter *et. al.* 2004).

Nesse estudo, durante o delineamento experimental, percebeu-se que *Ocotea puberula* (canela-guaicá), da família Lauraceae, destacava-se entre os indivíduos arbóreos comumente presentes na região, devido principalmente a suas inflorescências que facilitariam sua identificação taxonômica, sendo uma das espécies perenifólias mais importantes na fisionomia da região (Leite, 2002), e também por esta espécie apresentar hábito pioneiro até secundário tardio, e ter ampla distribuição no continente sul-americano, ocorrendo do Uruguai até as Guianas (Backes & Irgang, 2003).

Com relação a proveniência do material vegetal é preferível que seja coletado na área de estudo e que a espécie seja nativa da região.

Para a coleta das folhas para os experimentos de colonização e decomposição, é preferível coletar material de um ou poucos indivíduos apenas a fim de se evitar possíveis diferenças no que se referem a adaptações morfológicas e fisiológicas a distintos ambientes (Gauer, 2000), i.e., diferentes qualidades de solo, diferentes intensidades luminosas, entre outros fatores.

A utilização de folhas inteiras deve ser privilegiada, visto folhas quebradas apresentarem maior quantidade de área exposta, aumentando assim, seu coeficiente de decomposição (Benfield *et al.*, 1979). A coloração das folhas também deve ser observada e deve-se utilizar folhas que não apresentem algum tipo de deteriorização, principalmente no que se refere a fungos.

Quanto à quantidade de biomassa foliar a ser utilizada, maiores quantidades vegetais podem ocasionar diferenças microclimáticas entre as folhas que estão em contato com a água em movimento, na parte externa da bolsa-de-folhíço, em relação as folhas na parte internas, protegidas da quebra mecânica. Nesse ambiente interno pode haver ausência de oxigênio, o que acarreta em um processo de decomposição anaeróbico (Webster & Benfield, 1986).

A massa foliar utilizada em cada bolsa-de-folhíço também deve ser padronizada. O uso inferior a 4,0 g de folhas mostrou-se adequado para os experimentos. Estudos de degradação com macrófitas aquáticas costumam utilizar entre 15 e 20 gramas de talos e folhas secas nas bolsas-de-folhíço (Pompêo & Moschini-Carlos, 2003). Já estudos com material foliar praticamente nunca ultrapassam os 10 gramas de peso seco (Benfield *et al.*, 1979). Padronizamos para este estudo uma quantidade de biomassa foliar seca de 4 gramas.

Estudos envolvendo colonização e decomposição foliar em microbacias tem da mesma forma apresentado resultados satisfatórios, como por exemplo os trabalhos realizados pelo Núcleo de Estudos em Mata Ciliar, na Bacia Hidrográfica do Rio Maquiné, Rio Grande do Sul, (Ruppenthal *et al.*, 2005; Nin *et al.*, 2005; Silveria & Rodrigues, 2005) utilizando folhas de diversas espécies nativas da região (como por exemplo: *Ficus organensis*, *Casearia sylvestris*, *Alchornea triplinervia*, *A. granulosa*, *Guapira opposita*, *Inga uruguensis*, *Trema micrantha*, *Nectandra megapotamica*, *N. oppositifolia*, *Campomanesia xanthocarpa*, *Gochnatia polymorpha*, *Myrceugenia glaucecens*,

*Pachystroma longifolium*, *Myrcine lorentziana*), como também exóticas (*Populus tremuloides*) de diversas categorias sucessionais em trechos de primeiro e segunda ordens.

Em laboratório, o procedimento com o material também deve ser padronizado. A biomassa é determinada a partir do peso seco do material em questão, com isso, costuma-se secar o material vegetal em estufa ou ao natural. Nesse estudo, as folhas de canela-guaicá foram deixadas secar ao natural, levando um período de três a quatro semanas para a completa secagem das folhas.

Não obstante, cuidados devem ser tomados na coleta de material em campo, bem como a escolha da rede e a malha a ser utilizada para retirar as bolsas. Isto é essencial para que o material circundante às folhas e às bolsas não seja perdido. Rede de mão com malha de 200µm são comumente utilizados para a análise da macrofauna bentônica e neste caso é adequado também para a análise de material particulado.

O tamanho da malha da bolsa-de-folhicho tem sido alvo de muitos estudos, uma vez que esta pode influenciar a perda de material orgânico particulado se for de um tamanho consideravelmente maior do que as partículas fragmentadas das folhas ou, se for de um tamanho muito menor pode propiciar um microhabitat não compatível com as características do ambiente em estudo, através do isolamento das folhas em relação ao exterior, podendo ocasionar assim, um ambiente com poucos nutrientes disponíveis e, até mesmo, ausência de oxigênio (Webster & Benfield, 1986). Geralmente, o que se imagina com a utilização de malhas de aberturas pequenas (<1mm) é que há exclusão de macroinvertebrados, especialmente, fragmentadores (Kaushik & Hynes, 1971). Porém, diversos estudos demonstram que espécies caracteristicamente tidas como fragmentadoras não são comumente encontradas em estudos de decomposição (Gonçalves *et al.*, 2004; Linklater, 1995; Pascoal *et al.*, 2003). Webster *et al.* (1979) demonstraram que folhas acondicionadas em bolsas de malha de 3mm se decompunham mais ligeiramente que em bolsas de malha de 1mm. Kaushik & Hynes (1971) não encontraram diferenças significativas entre experimentos com exclusão e sem exclusão de macroinvertebrados. Apesar disso, estudos comparando a colonização de substratos artificiais e substratos naturais (folhas) (Bird & Kaushik, 1992), ou entre folhas e sedimento (Ivanov, 1997) verificam maior abundância de macroinvertebrados bentônicos no material vegetal. Desse

modo, admite-se a importância dos macroinvertebrados bentônicos no processo de decomposição, ainda que por via indireta, i.e., alimentando-se dos fungos colonizadores e promovendo o rápido crescimento desses (Webster & Benfield, 1986).

Para a determinação do peso seco inicial considerou-se o peso após 24 horas de exposição. Alguns autores argumentam que o material foliar deva sofrer processo de lixiviação i.e., quebra mecânica ocorrente nas primeiras 24 horas em contato com a água antes de iniciar o experimento (Kaushik & Hynes, 1971; Iversen, 1973; Fjellheim & Raddum, 1988; Bird & Kaushik, 1992), a fim de não calcular erroneamente o coeficiente de decomposição (k). Contudo, como afirmam Gessner & Konstanz (1989), a decomposição não deve ser estudada em termos cronológicos facilmente distinguíveis (1, Lixiação; 2, colonização de microorganismos – fungos e bactérias; e 3, colonização por macroinvertebrados) mas como a soma de diversos fatores e componentes que atuam simultaneamente.

A definição do local de exposição compreende dificuldades em relação ao ponto de fixação e representatividade do mesmo (Webster *et al.*, 1979). Para sistemas de baixas ordens, costuma-se prender as bolsas-de-folhíço às margens, amarrá-las ao fundo do leito ou deixá-las amarradas a bóias. Preferiu-se amarrar as bolsas em raízes expostas ou troncos da zona ripária. O conjunto de bolsas selecionado para cada EC foi dividido, em campo, em quatro pontos de fixação, obtendo-se assim uma amostragem ampliada do sistema heterogêneo em questão. Escolheu-se pontos de características intermediárias entre zonas de remanso e zonas de corredeiras. O rápido movimento da água em zonas de corredeira pode acelerar o processo de decomposição apenas devido a quebra mecânica exercida no experimento. Já zonas de remanso podem permitir um acúmulo de material biológico por sobre as bolsas, exercendo assim o efeito anaeróbio anunciado anteriormente.

Para a retirada das bolsas, obedeceu-se o critério da menor perturbação possível. Visto as bolsas ficarem juntas umas as outras em cada um dos quatro agrupamentos descritos anteriormente, retirou-se a bolsa imersa que estivesse acima das demais, sem, dessa maneira, ocasionar danos às outras bolsas que permaneceriam imersas para retiradas posteriores.

#### 4.2. Características morfométricas das folhas de canela-guaicá (*Ocotea puberula*)

Com relação às características morfométricas das folhas de canela-guaicá obtidas através de testes de dureza e tensão foliar, estas servem para caracterizar as espécies utilizadas a fim de, em um segundo momento, contabilizarmos quais as espécies que podem ser utilizadas mais comumente em experimentos simultâneos em diferentes bacias hidrográficas ou até mesmo em diferentes regiões. Estas características servem para estudos posteriores que possam vir a relacionar a existência de colonização espécie-específico de organismos macroinvertebrados retalhadores que se alimentam de espécies vegetais e verificar ainda dados referentes ao consumo vegetal.

#### 4.3. Macroinvertebrados bentônicos x Degradação foliar de *Ocotea puberula*

Nas ECs em que a degradação de canela-guaicá foi rápida ( $k = >-0,009$ ), houve aumento progressivo em relação ao tempo de exposição na densidade média de macroinvertebrados. Das três ECs que apresentaram esse comportamento, apenas LG 9,2 não apresentou alta abundância relativa em comparação com as demais ECs. Isso se deve ao fato dessa EC apresentar grande volume d'água, cobertura de dossel parcial e, tratando-se de foz, influências do curso a jusante – no caso o Rio Uruguai – que alteram o metabolismo do sistema. Poole (2002) relata a importância de perceber as influências advindas de cursos d'água a jusante e montante na dinâmica dos cursos d'água. As outras duas ECs apresentam cobertura de dossel em quase toda largura do trecho em estudo, LG 56 apresentou a maior densidade média entre todas as ECs. LG 79 apresentou a maior abundância relativa entre todas as ECs.

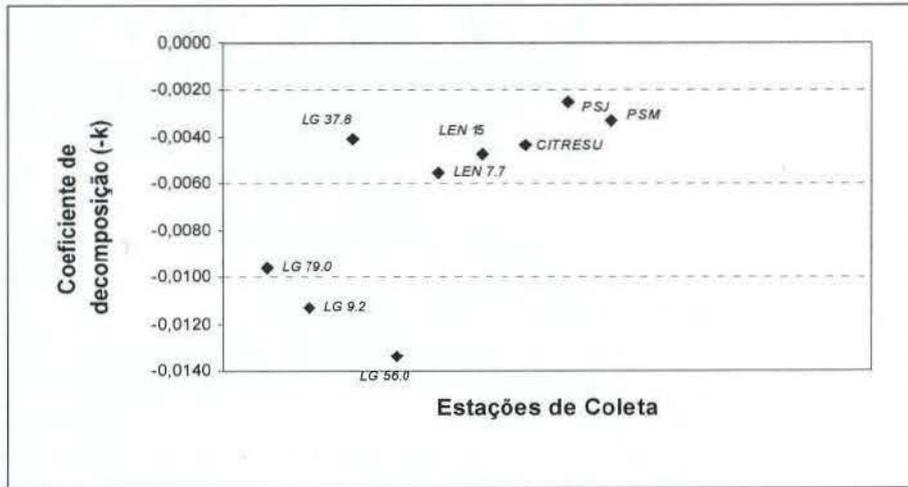
Quatro ECs (LG 37,8, LEN 7,7, LEN 15 e CITRESU) apresentaram valores  $k$  próximos (-0,0040 e -0,0055). Essas ECs têm características próprias e impactos distintos. LG 37,8 apresenta sistema de reservatório, constituído por pequena barragem e ausência de cobertura de dossel. Houve ocorrência de grupos de Chironomidae (Insecta, Diptera) típicos de águas paradas em LG 37,8 (Sydow *et. al* 2005) sendo que a abundância relativa

dessa EC teve oscilações no período de exposição e a densidade média foi basicamente constante. CITRESU, tratando-se de uma EC a jusante de um aterro sanitário, apresentou alta densidade média em  $t_{15}$ , mas teve tanto sua densidade média como abundância relativa decrescidas com o tempo de exposição. LEN 7,7 e LEN 15 são ambientes morfológicamente similares e ambos apresentaram abundância relativa e densidade média equivalentes. O primeiro, contudo, apresentou taxa de degradação foliar maior ( $k = -0,005580$ ) em comparação com LEN 15 ( $k = -0,004738$ ). Com exceção de LEN 7,7, essas ECs não apresentaram um aumento da densidade média de organismos colonizadores no período de exposição, justificando, assim, a diferença de degradação em comparação com as ECs LG 9,2, LG 56 e LG 79. Apenas LEN 7,7 apresentou um aumento da densidade média de organismos até  $t_{60}$  e uma aparente estabilização entre  $t_{60}$  e  $t_{180}$ .

As duas estações de coleta com menores valores para  $k$  (PSM =  $-0,003312$  e PSJ =  $-0,002509$ ) são aquelas que apresentaram atividade suinícola intensiva nas proximidades do curso d'água, além de haver profundas alterações na mata ciliar, especialmente na margem do arroio que serviria de filtro ao excesso de nutrientes provindos da pocilga. Essas são as únicas ECs que apresentam alguns valores de DBO acima dos permitidos pela resolução do CONAMA 357/2005.

A densidade média nessas ECs foi sempre baixa, assim como a abundância relativa. A taxa de degradação entre  $t_{60}$  e  $t_{180}$  para PSJ e entre  $t_{60}$  e  $t_{150}$  para PSM foi praticamente constante.

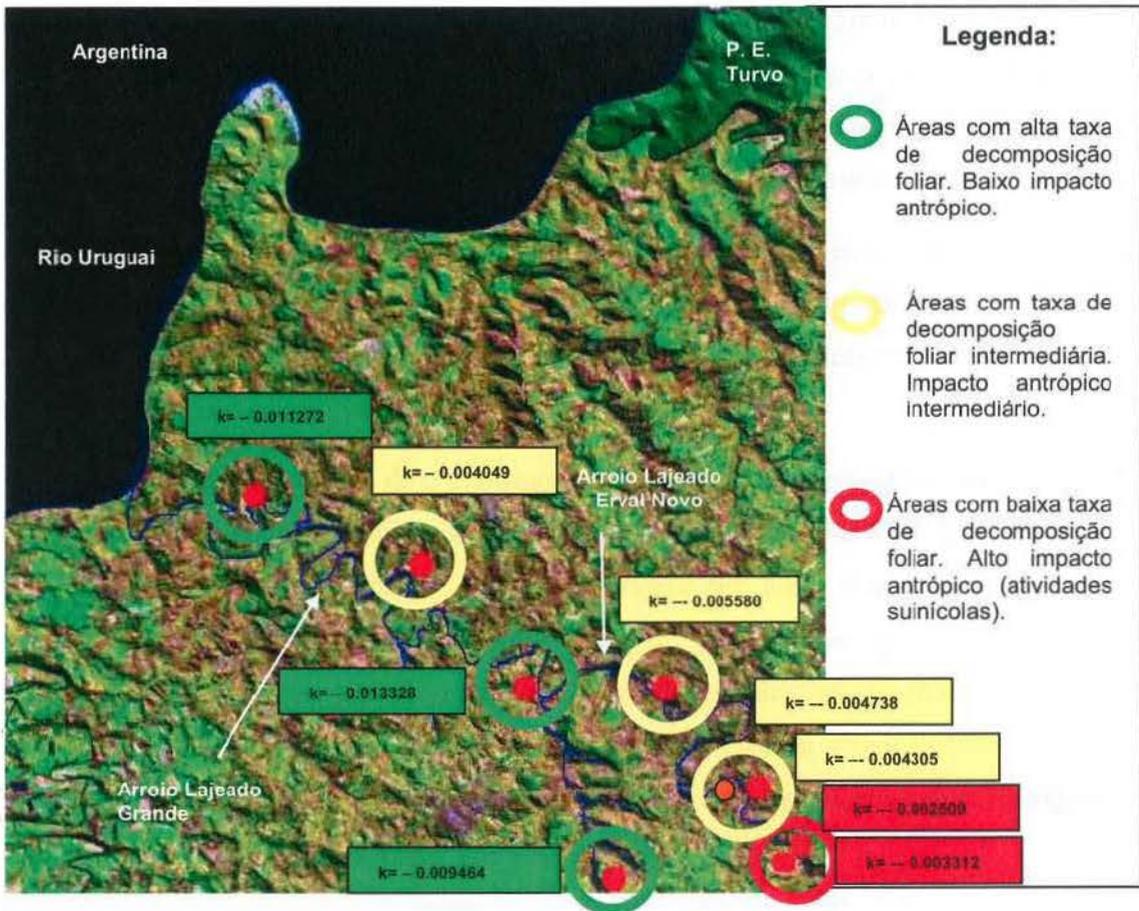
A figura 16 apresenta a dispersão das estações de coleta relacionadas com o valor  $k$ . As ECs de taxa de decomposição intermediária estão muito próximas das ECs com taxas de decomposição lentas, podendo-se verificar uma separação entre elas a partir dos padrões e níveis de colonização de macroinvertebrados bentônicos. Webster & Benfield (1986) classificaram as taxas de decomposição foliar em rápida, moderada e lenta. Os resultados obtidos nesse estudo podem ser enquadrados nessa classificação, acrescidos da densidade média de organismos colonizadores.



**Figura 16-** Dispersão dos coeficientes de decomposição ( $-k$ ) obtidos ao final de experimentos de decomposição foliar com *Ocotea puberula* (Lauraceae) nas estações de coleta da sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, Alto Uruguai, RS.

Verificou-se que o processo de decomposição foliar está diretamente relacionado com o trecho em estudo, assim como ressaltaram Royer & Minshall (2003). Pode-se afirmar que dados provenientes de um único ponto amostral em um sistema heterogêneo – como o sistema lótico – provê informações a respeito apenas daquele ponto em consideração (ou mesohábitat dos macroinvertebrados, a partir de uma perspectiva de paisagem) dentro de um sistema lótico determinado. A extrapolação de dados para uma categoria hierárquica de maior abrangência, da forma como afirmam Royer & Minshall (2003) deve ser realizada respeitando-se a heterogeneidade espacial e levando-se em conta as magnitudes paisagísticas possíveis de serem contempladas. A extrapolação dos resultados desse estudo foi possível visto as amostras estarem distribuídas em um trecho de arroio, em quatro pontos de fixação, respeitando-se a heterogeneidade do sistema.

Dessa maneira, cada trecho analisado na sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande pode apresentar uma classificação própria de acordo com a taxa de processamento de decomposição de folhas de canela-guaicá (*O. puberula*). (Fig. 17)



**Figura 17-** Distribuição espacial dos valores  $k$  obtidos ao final de experimentos de decomposição foliar com *Ocotea puberula* (Lauraceae) nas estações de coleta da sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, Alto Uruguai, RS. Imagem de Satélite fonte: Embrapa (2005), Escala 1:50.000.

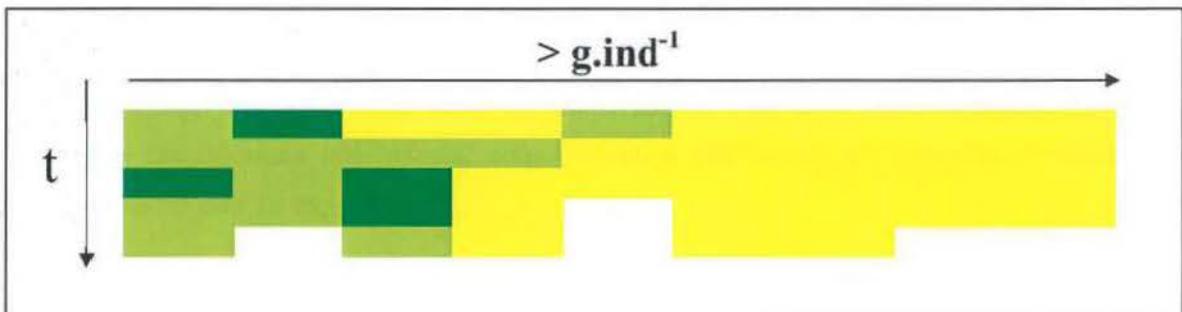
O desvio padrão elevado para diversas estações de coleta observado neste estudo (Fig. 6a-f e 7a-c) evidencia a necessidade de se buscar compreender o trecho do arroio enquanto ambiente, composto por zonas de remanso, corredeiras e outras características distintas entre cada ponto amostral de uma estação de coleta. Percebe-se também a necessidade de padronização da massa foliar (4,0 gramas) com o número de casas após vírgula não superior a 0,01 a ser utilizada em experimento de decomposição, evitando-se, também, a obtenção de valores elevados de desvio padrão.

As bolsas-de-folhicho, assim como são novos microhabitats no sistema, são uma fonte de recursos e hábitat da maioria dos organismos que se encontram no entorno desse material, colonizando-o. Muitos organismos podem utilizar essas folhas de diferentes

formas (substrato, refúgio contra predadores e/ou forragamento). Hierarquicamente, essas bolsas constituem-se em sistemas de microhábitat, sendo que a categoria imediatamente superior em magnitude é o trecho do arroio (mesohábitat). O conjunto de segmentos do arroio ou a bacia de drenagem local constituem o macrohábitat daquele sistema.

Em uma escala de menor abrangência (microescala) é possível inferir sobre a disponibilidade de recursos oferecidos e disponíveis à comunidade bentônica, seja energético (alimento) ou como substrato (área) ou ainda, substrato como unidade tridimensional (massa e/ou volume).

A partir da abundância de organismos presentes em cada período de coleta nas nove estações de coleta pode-se verificar a disponibilidade de recursos por organismo, dividindo-se a massa foliar remanescente em cada período (g) pela abundância relativa de macroinvertebrados bentônicos (ind.). Por meio de visualizações gráficas a partir de agrupamentos numéricos, pode-se extrapolar esses dados para informação visual de fácil acesso, permitindo a identificação das estações de coleta onde há menor disponibilidade de recursos por indivíduo, o que traduz a maior densidade média e a qualidade ecológica de cada trecho em estudo (figura 18).



**Figura 18-** Visualização gráfica a partir de agrupamentos numéricos relativos à disponibilidade de recursos (em  $g.ind^{-1}$ ) nas estações de coleta da sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande, compreendendo o período de exposição  $t_{15}$  (novembro de 2004) a  $t_{180}$  (maio de 2005). ■ poucos recursos remanescentes; ■ disponibilidade de recursos moderada; ■ alta disponibilidade de recursos.

## 5. CONCLUSÕES

A obtenção do valor  $k$  para trechos da sub-bacia hidrográfica do Lajeado Grande permitiram uma visualização ecossistêmica sobre o funcionamento e estruturação dos cursos d'água, tanto no que se refere ao ambiente aquático propriamente dito, como ao ambiente terrestre circundante e suas inter-relações ecológicas.

Verificou-se que a taxa de decomposição foliar de *O. puberula* encontra-se entre os valores  $k = -0,002509$  e  $-0,013328$  nas nove estações de coleta da bacia hidrográfica Lajeado Grande, relacionadas no presente estudo.

Demonstrou-se haver variação espacial e temporal na colonização de macroinvertebrados bentônicos em substrato natural. A densidade média de macroinvertebrados bentônicos e os diferentes grupos de macroinvertebrados colonizadores estão, dessa maneira, relacionados com os valores de decomposição foliar apresentados por *O. puberula* nas ECs amostradas.

Entre os grupos de macroinvertebrados bentônicos amostrados, Diptera (Insecta) e insetos Não-Diptera apresentaram maiores valores de abundância nos primeiros quinze dias de exposição. Aquelas ECs que apresentaram maiores valores  $k$ , ou seja, taxas de decomposição mais rápidas, os grupos Diptera e Não-Diptera permaneceram como os grupos de macroinvertebrados mais abundantes até o final do experimento. Já as ECs com taxa de decomposição mais lenta apresentaram um aumento na abundância de outros grupos taxonômicos não-Insecta, como Bivalvia (Mollusca) e Ostracoda (Crustacea) a partir de 60 dias de exposição.

Ainda, verificou-se que ECs que apresentaram decomposição foliar de *O. puberula* em até 180 dias a densidade média de organismos aumentou conforme decresceu o percentual de material foliar remanescente. Esta relação não foi detectada em ambientes que apresentaram decomposição foliar lenta, como foi o caso das estações de coleta PSM e PSJ.

A partir desses dados percebeu-se relação entre a variação temporal da densidade média de macroinvertebrados bentônicos, o valor de composição foliar de *O. puberula* e a

existência de impacto ambiental em função de atividades humanas nas proximidades dos trechos amostrados. O principal meio poluidor e agente alterante da relação densidade-de-organismos  $\times$  decomposição-foliar é a atividade suíncola, presente fortemente na região.

Propõe-se para os órgãos de fiscalização ambiental e gestão dos recursos hídricos fortes investimentos na melhora da qualidade da água da sub-bacia hidrográfica Lajeado Erval Novo como um todo e principalmente nas proximidades das ECs PSM e PSJ devido aos baixos valores de decomposição foliar e também baixos valores referentes à abundância de macroinvertebrados bentônicos apresentados. Agrega-se como fator preocupante o fato de essas ECs estarem localizadas nas nascentes do Arroio Lajeado Erval Novo, a partir do qual faz-se captação de água para abastecer importantes municípios da região.

Assim, a proposta desta metodologia é visualizar os impactos impostos ao sistema do ponto de vista ecossistêmico, utilizando os processos decorrentes do compartimento aquático e os padrões relacionadas a estrutura da comunidade biótica, utilizando principalmente a comunidade de invertebrados bentônicos que respondem de forma satisfatória a eventos que venham alterar as características físicas, químicas e biológicas, incluindo até mesmo variáveis microbiológicas.

Para o desenvolvimento da metodologia proposta para análise de impacto e monitoramento ambiental a partir do estudo do metabolismo de sistemas aquáticos faz-se necessário a compreensão dos processos ecológicos que atuam no sistema. Para isto, a utilização dos processos de decomposição e colonização foliar por macroinvertebrados é adequada para as análises de qualidade ecológica d'água, uma vez expressam e contabilizam as influências do meio biótico e abiótico. A padronização da metodologia empregada permite a aplicabilidade do método em diversos projetos de monitoramento e análise de impacto ambiental.

Ainda, a utilização dos processos de decomposição em sistemas aquáticos através do delineamento do valor  $k$  mostrou-se eficaz para programas e projetos de biomonitoramento, análise de impacto e avaliação ambiental a serem desenvolvidas pelos órgãos público e privado.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afonso, A. A. de O. 1993. Aporte, retenção e decomposição da serapilheira de mata galeria e características físicas, químicas e hidrológicas em duas secções do córrego Itaúna (Itatinga, SP), bacia do Alto Paranapanema. *Dissertação de Mestrado*. 162pp. UFSCar, São Carlos, SP.
- Backes, P. & Irgang, B. 2003. Árvores do sul. Poro Alegre. 127pp.
- Baldy, V., Gessner, M. O. & Chauvet, E. 1995. Bacteria, Fungi and the Breakdown of Leaf Litter in a Large River. *Oikos*. **74**(1): 93-102.
- Bärlocher, F. & Graça, M. A. S. 2002. Exotic riparian vegetation lowers fungal diversity but not leaf decomposition in Portuguese streams. *Freshwater Biology*. **47**: 1123-1135.
- Barrella, W., Petrere-Júnior, M., Smith & Montag, L. F. de A. 2000. As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes. **In**: Rodrigues, R. R. & Leitão-Filho, H. de F. (edts). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. 187-208p.
- Benfield, E. F., Paul, R. W. Jr. & Webster, J. R. 1979. Influence of exposure technique on leaf breakdown rates in streams. *OIKOS*. **33**: 386-391.
- Bird, G. A. & Kaushik, N. K. 1992. Invertebrate colonization and processing of maple leaf litter in a forested and an agricultural reach of a stream. *Hydrobiologia*. **234**: 65-77.
- Bjorkland, R., Pringle, C. M., Newton, B. 1999. A stream visual assessment protocol (SVAP) for riparian landowners. *Environmental Monitoring and Assessment*. **68**: 99-125.
- Brinkhurst, R. O. & Marchese, M. R. Guia para la identificacion de Oligochaeta aquaticos continentals de Sud y Centroamerica. 207pp.
- Casas, J. J. & Gessner, M. O. 1999. Leaf litter breakdown in a Mediterranean stream characterised by travertine precipitation. *Freshwater Biology*. **41**: 781-793.
- CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. *Ministério do Meio Ambiente*. Conselho Nacional do Meio Ambiente. 23pp.
- Elliot, J. M. Humpesch, U. H. & Macan, T. T. 1988. Larvae of the British Ephemeroptera: a key with ecological notes. Canada. 145pp.
- Epler, J. H. 1996. Identification manual for the water beetles of Florida. USA.

- Esteves, F. A. 1988. Fundamentos de limnologia. Editora Interciência. Rio de Janeiro. 575pp.
- Feeny, P. 1970. Seasonal changes in oak leaf tannins and nutrients as a cause of spring feeding by winter caterpillars. *Ecology*. **51**(4): 565-581.
- FEPAM. 2004. Levantamento e análise de dados secundários relativos aos meios físico, biótico e sócio-econômico da Bacia Hidrográfica dos rios Turvo, Santa Rosa e Santo Cristo (MQA/PNMA II). Relatórios I e II. *Trabalho de consultoria desenvolvido pela Profill Engenharia e Meio Ambiente S. A.*
- Fernandez, H. R. & Dominguez, E. (edts). 2001. Guia para la determinacion de los artrópodos bentônicos sudamericanos. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina. 282pp.
- Fjellheim, A. & Raddum, G. 1988. Birch leaf processing and associated macroinvertebrates in an acidified lake subject to liming. *Hydrobiologia*. **157**: 89-94.
- Galdean, N., Callisto, M. & Barbosa, F. A. R. 2000. Lotic ecosystems of Serra do Cipó, southeast Brazil: water quality and a tentative classification based on the benthic macroinvertebrate community. *Aquatic Ecosystem Health and Management*. **3**: 545-552.
- Gauer, E. A. B. 2000. Caracterização de duas formas de *Passiflora suberosa* Linnaeus (Passifloraceae) e seleção por *Heliconius erato phyllis* (Fabricius) (Lepidóptera: Nymphalidae). *Dissertação de Mestrado*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 99pp.
- Gessner, M. O. & Chauvet, E. 2002. A case for using litter breakdown to assess functional stream integrity. *Ecological Applications*. **12**(2): 498-510.
- Gessner, M. O. & Konstanz, J. S. 1989. Leaching kinetics of fresh leaf-litter with implications for the current concept of leaf-processing in streams. *Arch. Hydrobiol.* **115**(1): 81-90.
- Giller, P. S. & Malmqvist, B. 1998. The biology of streams and rivers: biology of habitats. Oxford University Press. 296pp.
- Gonçalves, J. F. Jr., Santos, A. M. & Esteves, F. A. 2004. The influence of the chemical composition of *Typha domingensis* and *Nymphaea ampla* detritus on invertebrate colonization during decomposition in a Brazilian coastal lagoon. *Hydrobiologia*. **527**: 125-137.

- Grime, J. P., Cooper, J. E. L. & Tasker, D. E. 1993. Tearability. **In:** (Hendry, G. A. F. & Grime, J. P. eds). *Methods in comparative plant ecology: a laboratory manual*. p121-123.
- Hickin, N. E. 1967. *Caddis larvae. Larval of British Trichoptera*. Fairleigh Dickinson University Press. USA. 480pp.
- Hynes, H. B. N. 1984. *A key to the adult and nymphs of the British Stoneflies (Plecoptera)*. Canada. 95pp.
- Iversen, T. M. 1973. Decomposition of autumn-shed leaves in a springbrook and its significance for the fauna. *Archieve für Hydrobiologie*. 72(2): 305-312.
- Ivanov, V. K. 1997. Temporal and spatial dynamics of leaf litter-dwelling macroinvertebrates from lakes of different types in a vertical distribution aspect. *Russian Journal of Aquatic Ecology*. 6(1-2): 35-41.
- Johnson, R. K., Wiederholm, T. & Rosemberg, D. M. 1993. Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations, and species assemblages of benthic macroinvertebrates. p40 – 158. **In:** Rosemberg, D. M. & Resh, V. (eds.) 1993 *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*.
- Jungwirth, M., Muhar, S. & Schmutz, S. 2002. Re-establishing and assessing ecological integrity in riverine landscapes. *Freshwater Biology*. 47: 867-887.
- Kaushik, N. K., & Hynes, H. B. N. 1971. The fate of dead leaves that fall into streams. *Arch. Hydrobiol.* 68(4): 465-515.
- Leite, P. F. 2002. Contribuição ao conhecimento fitoecológico do sul do Brasil. **In:** *Ciência e Ambiente. Fitogeografia do sul da América*. 24: 51-73.
- Lemos, C. A. 2003. Qualidade da água de uma bacia hidrográfica inserida na Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, Maquiné, Rio Grande do Sul, Brasil. *Dissertação de Mestrado*. UFRGS. Porto Alegre. 92pp.
- Lima, W. de P. & Zakia, M. J. B. 2000. Hidrologia de matas ciliares. **In:** Rodrigues, R. R. & Leitão-Filho, H. de F. (eds). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. 33-45p.
- Linklater, W. 1995. Breakdown and detritivore colonisation of leaves in three New Zealand streams. *Hydrobiologia*. 306: 241-250.

- Lowrance, R., Todd, R., Fail, J. Jr. Hendrickson, O. Jr, Leonard, R. & Asmussen, L. 1984. Riparian forests as nutrient filters in agricultural watersheds. *BioScience*. **34**(6): 374 – 377.
- Marques, M. M. & Barbosa, F. 2001. Biological quality of waters from na impacted tropical watershed (middle Rio Doce basin, southeast Brazil), using benthic macroinvertebrate communities as na indicator. *Hydrobiologia*. **457**: 69-76.
- Malmqvist, B. 2002. Aquatic invertebrates in riverine landscapes. *Freshwater Biology*. **47**: 679-694.
- McCafferty, W. P. 1981. Aquatic entomology. The fishermen's and ecologists' illustrated guide to insects and their relatives. London. 445pp.
- Miranda, E. E. de; Coutinho, A. C. (Coord.). 2004. *Brasil Visto do Espaço*. Campinas Embrapa Monitoramento por Satélite. Disponível em: <<http://www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em 20 jul. 2005.
- Nagasaka, A., Nakamura, F. 1999. The influences of land-use changes on hydrology and riparian vegetation environment in a northern Japanese landscape. *Landscape Ecology*. **14**: 543-556.
- Nagel, P. 1989. Bildbestimmunschüssel der saprobien. Gustav Fisher Verlag. Germany. 183pp.
- Nin, C. S., Ruppenthal, E. L. & Rodrigues, G. G. 2005. Processos ecológicos referentes à entrada de material alóctone e fauna associada em uma nascente de riacho de Mata Atlântica no sul do Brasil. . In: Anais do X Congresso Brasileiro de Limnologia. Ilhéus.
- Nijboer, R. C., Verdonschot, P. F. M. & Werf, D. C. van der. 2005. The use of indicator taxa as representatives of communities in bioassessment. *Freshwater Biology*. **50**: 1427-1440.
- Odum, E. P. 1983. Ecologia. Rio de Janeiro. 434pp.
- Pascoal, C., Pinho, M., Cássio, F. & Gomes, P. 2003. Assessing structural and functional ecosystem condition using leaf breakdown: studies on a polluted river. *Freshwater Biology*. **48**: 2033-2044.
- Pescador, M. L., Rasmussen, A. K. & Richard, B. A. 2000. A guide to the stoneflies (Plecoptera) of Florida. USA. 186pp.

- Pompêo, M. L. M. & Moschini-Carlos, V. 2003. Macrófitas aquáticas e perifíton. Aspectos ecológicos e metodológicos. Rima Editora. São Paulo. 124pp.
- Poole, G. C. 2002. Fluvial landscape ecology: addressing uniqueness within the river discontinuum. *Freshwater Biology*. **47**: 641-660.
- Poorter, L., Plassche, M. van de., Willems, S. & Boot, R. G. A. 2004. Leaf traits and herbivory rates of tropical tree species differing in successional status. *Plant Biology*. **6**: 746-754.
- Projeto PLANAGUA/GTZ, 1998. Rios e córregos: preservar, conservar, renaturalizar. A recuperação de rios: possibilidades e limites da engenharia ambiental.
- Rambo, B. 1956. A fisionomia do Rio Grande do Sul. 2ed. *Livraria Selbach*, Porto Alegre.
- Resh, V. H. & Jackson, J. K. 1993. Rapid assessment approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates. p159 – 194. **In:** Rosemberg, D. M. & Resh, V. (eds.) 1993 *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*.
- Rodrigues, G. G. 2001. Benthic fauna of extremely acidic lakes (pH 2-3). *Dissertation*. UFZ-Bericht. 131pp.
- Rodrigues, R. R. & Gandolfi, S. 2000. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. **In:** Rodrigues, R. R. & Leitão-Filho, H. de F. (eds). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. 235-248p.
- Royer, T. V. & Minshall, G. W. 2003. Controls on leaf processing in streams from spatial-scaling and hierarchical perspectives. *Journal of the North American Benthological Society*. **22**(3): 352-358.
- Ruppenthal, E. L. & Nin, C. S. & Rodrigues, G. G. 2005. Decomposição foliar e colonização por macroinvertebrados em nascente de um riacho de 1ª. Ordem da Mata Atlântica no sul do Brasil. **In:** Anais do X Congresso Brasileiro de Limnologia. Ilhéus.
- Ruppenthal, E. L., Silveira, B. S. & Rodrigues, G. G. 2005. Decomposição e colonização do folheto de espécies arbóreas da mata ciliar de um riacho no município de Maquiné, RS por macroinvertebrados bentônicos. **In:** Anais do X Congresso Brasileiro de Limnologia. Ilhéus.
- Sosinski, E. E. 2005. Modelos de simulação espacial de efeitos de pastejo em vegetação campestre. *Tese de Doutorado*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 125pp.

- Smith, C. M. 1992. Riparian afforestation effects on water yields and water quality in pasture catchments. *J. Environ. Qual.* **21**: 237–245.
- Stehr, F. (edt). 1987. Imature insects. USA. 287pp.
- Suberkropp, D., Arsuffi, T. I. & Anderson, J. P. 1983. Comparison of degradative ability, enzymatic actin, and palatability of aquatic hyphomycetes grown of leaf litter. *Appl. Environm. Microbiol.* **46**:237–244.
- Sydow, G. V., Barbosa, A. B. & Rodrigues, G.G. 2005. Variação longitudinal de Chironomidae (Insecta, Diptera) no trecho principal da bacia hidrográfica do Lajeado Grande, Alto Uruguai, RS. In: Resumos do XVII Salão de Iniciação Científica. UFRGS. Porto Alegre.
- Trivinho-Strixino, S. & Strixino, G. 1995. *Larvas de Chironomidae (DIPTERA) do Estado de São Paulo: Guia de Identificação e Diagnose dos Gêneros*. São Carlos: UFSCar Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais.
- Tockner, K., Ward, J. V., Edwards, P. J. & Kolmann, J. 2002. Riverine landscapes: an introduction. *Freshwater Biology.* **47**: 497-500.
- Vendel, B. J. van & Dettner, K. 1997. Insecta: Coleoptera: Haliplidae, Noteridae, Hygrodiidae. Germany. 145pp.
- Vilella, F. S. 2002. Ecologia da comunidade aquática de um riacho de 1ª ordem da Mata Atlântica: relações entre variáveis estruturais e bióticas em uma reserva de Biosfera tropical. *Dissertação de Mestrado*. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. 87pp.
- Vilella, F. S., Becker, F. G., Hartz, S. M. & Barbieri, G. 2004. Relation between environmental variables and aquatic megafauna in a first order stream of the Atlantic Forest, southern Brazil. *Hydrobiologia.* **528**: 17-30.
- Ward, I. V., Tockner, K., Arscott, D. B. & Claret, C. 2002. Riverine landscape diversity. *Freshwater Biology.* **47**: 517-539.
- Waringer, J. & Graf, W. 1997. Atlas der Österreichischen köcherfliegenlarven unter einschulss der angrenzenden gebiete. Austria. 137pp.
- Watzin, M. C. & McIntosh, A. W. 1999. Aquatic ecosystems in agricultural landscapes: a review of ecological indicators and achievable ecological outcomes. *Journal of soil and water conservation*. Fourth quarter: 636-644.

- Webster, J. R. & Benfield, E. F. 1986. Vascular plant breakdown in freshwater ecosystems. *Am. Rev. Ecol. Syst.* **17**: 567-94.
- Webster, J. R., Benfield, E. F., Ehrman, T. P., Schaeffer, M. A., Tank, J. L., Hutchens, J. J. & D'Angelo, D. J. 1999. What happens to allochthonous material that falls into streams? A synthesis of new and published information from Coweeta. *Freshwater Biology.* **41**: 684-705.
- Wichard, W., Arens, W. Eisenbeis, G. 1995. *Atlas zur biologie der wasserinsekten*. Gustav Fisher Verlag. Germany. 338pp.
- Wiederholm, T. 1986. *Chironomidae of the Holartic region: Keys and Diagnoses, Part 1. Larvae*. Entomologia Scandinavica. Supl. No. 19.
- Wiens, J. A. 2002. Riverine landscapes: taking landscape ecology into the water. *Freshwater Biology.* **47**: 501-515.

ANEXOS

**Anexo 1-**Informações sobre o nome científico e usualmente utilizado (nome popular), caracterização fitogeográfica e hábito das espécies em uma avaliação florística realizada no período de 12 de abril de 2004 na EC LG 9.2, sub-bacia hidrográfica Lajeado Grande, Alto Uruguai, RS.

Família/Espécie - 9.2	Nome popular	C. fitogeográfica	Hábito
Moraceae			
<i>Morus sp.</i>	amoreira	Exótica - adventícia	Árvore
Euphorbiaceae			
<i>Sebastiania commersoniana</i>	branquilha	Nativa	Árvore
Sapindaceae			
<i>Allophylus edulis</i>	chal-chal	Nativa	Árvore
Combretaceae			
<i>Terminalia australis</i>	sarandi	Nativa	Árvore
Boraginaceae			
Sp. 1		Nativa	Arbusto
Rubiaceae			
<i>Guettarda uruguensis</i>	veludo	Nativa	Árvore
Rutaceae			
<i>Citrus sp.</i>	limão	Exótica - adventícia	Árvore
Araceae			
Sp. 1	inhame	Exótica - adventícia	Erva
Solanaceae			
Sp. 1	trombeteira	Exótica	Arbusto
Tiliaceae			
Sp. 1	carrapicho	Nativa	Erva
Caricaceae			
<i>Carica sp.</i>	mamoeiro-do-mato	Nativa	Árvore
Fabaceae			
Sp. 7		Nativa	Erva
Lauraceae			
<i>Nectandra megapotamica</i>	canela-fedorenta	Nativa	Árvore
Meliaceae			
<i>Melia azedarach</i>	cinamomo	Exótica - adventícia	Árvore
Sapindaceae			
<i>Cupania vernalis</i>	camboatá-vermelho	Nativa	Árvore
Myrtaceae			
Sp. 91		Nativa	Arbusto
Sp. 10		Nativa	Arbusto
Sp. 113		Nativa	Arbusto
Euphorbiaceae			
<i>Ricinus communis</i>	mamona	Exótica - adventícia	Arbusto

**Anexo 2-** Informações sobre o nome científico e usualmente utilizado (nome popular), caracterização fitogeográfica e hábito das espécies em uma avaliação florística realizada no período de 12 de abril de 2004 na EC LG 37,8, sub-bacia hidrográfica Lajeado Grande, Alto Uruguai, RS.

<b>Família/Espécie - 37,8</b>	<b>Nome popular</b>	<b>C. fitogeográfica</b>	<b>Hábito</b>
<i>Hovenia dulcis</i>	uva-do-japão	Exótica – adventícia	Árvore
Anacardiaceae			Árvore
<i>Schinus therebentifolius</i>	aroeira-vermelha	Nativa	
Asteraceae			Arbusto
<i>Flores brancas</i>		Nativa	
Celtidaceae(ver)			Arbusto
<i>Celtis cf. iguanaea</i>	taleira	Nativa	
Euphorbiaceae			Arbusto
<i>Phyllanthus sellowianus</i>	sarandi	Nativa	
Fabaceae			Árvore
<i>Paraptadenia rigida</i>	angico-vermelho	Nativa	
<i>Acacia bonariensis</i>	unha-de-gato	Nativa	Arbusto
<i>Lonchocarpus campestris</i>	rabo-de-bugio	Nativa	Árvore
Moraceae			Árvore
<i>Morus nigra</i>	amoreira	Exótica – adventícia	
Myrtaceae		Nativa	Árvore
<i>Eugenia uniflora</i>	pitangueira		
<i>Campomanesia guazumifolia</i>	sete-capotes	Nativa	Árvore
Sapotaceae		Nativa	Árvore
<i>Chrysophyllum marginatum</i>			
<i>Pouteria salicifolia</i>	aguaí-mata-olho	Nativa	Árvore
Solanaceae			Arbusto
<i>Sp. 12</i>	trombeteira	Exótica - adventicia	

**Anexo 3-** Informações sobre o nome científico e usualmente utilizado (nome popular), caracterização fitogeográfica e hábito das espécies em uma avaliação florística realizada no período de 12 de abril de 2004 na EC LG 56, sub-bacia hidrográfica Lajeado Grande, Alto Uruguai, RS.

<b>Família/Espécie – LG 56</b>	<b>Nome popular</b>	<b>C. fitogeográfica</b>	<b>Hábito</b>
<i>Edichium coronarium</i>	lírio-do-brejo	Exótica – adventícia	Arbusto
<i>Eryobotria japonica</i>	nespereira	Exótica – adventícia	Árvore
<i>Hovenia dulcis</i>	uva-do-japão	Exótica – adventícia	Árvore
Anacardiaceae			
<i>Schinus therebentifolius</i>	aroeira-vermelha	Nativa	Árvore
Boraginaceae			
<i>Patagonula americana</i>	guajuvira	Nativa	Árvore
Combretaceae			
<i>Terminalia australis</i>	sarandi	Nativa	Árvore
Erythroxylaceae			
<i>Erythroxylum cf. microphyllum</i>	cocãozinho	Nativa	Arbusto
Euphorbiaceae			
<i>Sebastiania commersoniana</i>	branquilha	Nativa	Árvore

<i>Sebastiania brasiliensis</i>	leiterinho	Nativa	Árvore
<i>Phyllanthus sellowianus</i>	sarandi	Nativa	Árvore
<b>Fabaceae</b>			
<i>Ateleia glaziowiana</i>	timbó	Nativa	Árvore
<i>Acacia bonariensis</i>	unha-de-gato	Nativa	Arbusto
<i>Bauhinia forficata</i>	pata-de-vaca	Nativa	Árvore
<i>Erythrina falcata</i>	corticeira-da-serra	Nativa	Árvore
<i>Lonchocarpus campestris</i>	rabo-de-bugio	Nativa	Árvore
<b>Lauraceae</b>			
<i>Nectandra megapotamica</i>	canela-fedorenta	Nativa	Árvore
<b>Loganiaceae</b>			
<i>Stricnus brasiliensis</i>	esporão-de-galo	Nativa	Arbusto
<b>Meliaceae</b>			
<i>Trichilia elegans</i>	pau-de-ervilha	Nativa	Arbusto
<b>Myrtaceae</b>			
<i>Eugenia uniflora</i>	pitangueira	Nativa	Árvore
<i>Eugenia involucrata</i>	cerejeira	Nativa	Árvore
<i>Eugenia uruguayensis</i>	pitangueira	Nativa	Árvore
<i>Eucalyptus sp.</i>	eucalipto	Exótica - adventícia	Árvore
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	guabiroba	Nativa	Árvore
<b>Poaceae</b>			
<i>Sp. 1</i>	capim-elefante	Exótica – cultivada	
<b>Rubiaceae</b>			
<i>Chomelia obtusa</i>	rasga-trapo	Nativa	Árvore
<b>Sapindaceae</b>			
<i>Cupania vernalis</i>	camboatá-vermelho	Nativa	
<i>Allophylus edulis</i>	chal-chal	Nativa	Árvore
<i>Allophylus guaraniticus</i>		Nativa	Arbusto
<i>Matayba eleagnoides</i>	camboatá-branco	Nativa	Árvore
<b>Sapotaceae</b>			
<i>Pouteria salicifolia</i>	aguai-mata-olho	Nativa	Árvore
<b>Solanaceae</b>			
<i>Cestrum strigillatum</i>		Nativa	Arbusto
<b>Tiliaceae</b>			
<i>Luehea divaricata</i>	açoita-cavalo	Nativa	Árvore

**Anexo 4-** Informações sobre o nome científico e usualmente utilizado (nome popular), caracterização fitogeográfica e hábito das espécies em uma avaliação florística realizada no período de 12 de abril de 2004 na EC LG 79, sub-bacia hidrográfica Lajeado Grande, Alto Uruguai, RS.

<b>Família / Espécie – LG 79</b>	<b>Nome popular</b>	<b>C. fitogeográfica</b>	<b>Hábito</b>
Aquifoliaceae	erva-mate		
<i>Ilex paraguariensis</i>		Nativa	Árvore
<b>Arecaceae</b>			
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	jerivá	nativa	Árvore
<b>Asteraceae</b>			
<i>Baccharis punctulata</i>		nativa	Arbusto/arvoreta

Boraginaceae			
<i>Heliotropium sp.</i>		nativa	Erva
Commelinaceae			
<i>Commelina obliqua</i>		nativa	Erva
Erythroxylaceae			
<i>Erythroxylum deciduum</i>	cocão	nativa	Árvore
Euphorbiaceae			
<i>Acalypha sp.</i>		nativa	Árvore
<i>Sapium glandulatum</i>	pau-leiteiro	nativa	Árvore
<i>Sebastiania schottiana</i>	branquilha	nativa	Árvore
<i>Stillingia oppositifolia</i>	branquilha-leiteiro	nativa	Árvore
Fabaceae			
<i>Ateleia glazioveana</i>	timbó	nativa	Árvore
<i>Lanchoarpus campestris</i>	rabo-de-bugio	nativa	Árvore
<i>Lanchoarpus nitidus</i>	rabo-de-bugio	nativa	Árvore
<i>Lanchoarpus ciltratus</i>	rabo-de-bugio	nativa	Árvore
Lauraceae			
<i>Nectandra megapotamica</i>	canela-merda	Nativa	Árvore
<i>Nectandra lanceolata</i>	canela-amarela	Nativa	Árvore
<i>Ocotea puberula</i>	canela-guaicá	Nativa	Árvore
Loganiaceae			
<i>Strychnos brasiliensis</i>	unha-de-gato	nativa	Árvore
Malpighiaceae			
<i>Heteropteres aceroides</i>		nativa	Liana
Malvaceae			
<i>Sida sp.</i>	guanxuma	nativa	Erva
Melastomataceae			
<i>Miconia sp.</i>		nativa	Arbusto
Meliaceae			
<i>Guarea macrophylla</i>	pau-de-arco	nativa	Arvoreta
<i>Trichilia elegans</i>	pau-de-ervilha	nativa	Arvoreta
Mimosaceae			
<i>Acacia bomariensis</i>	unha-de-gato	nativa	Árvore
Myrtaceae			
<i>Campomanesia guazumifolia</i>	sete-capotes	nativa	Árvore
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	guabiroba	nativa	Árvore
<i>Eugenia uniflora</i>	pitangueira	Nativa	Árvore
Poaceae			
<i>Bambusa trinii</i>	taquaruçu	nativa	
<i>Coix lacryma-job</i>		nativa	arbusto
<i>Chusquea ramosissima</i>	taquara	nativa	
Rosaceae			
<i>Prunus sellowii</i>	pessegueiro-bravo	nativa	Árvore
<i>Rubus sp.</i>	amora-do-mato	nativa	liana
Rubiaceae			
<i>Randia armata</i>	limoeiro-do-mato	nativa	Árvore
<i>Chomelia obtusa</i>	rasga-trapo	nativa	Arbusto
Rutaceae			
<i>Helietta apiculata</i>		nativa	Árvore
Sapindaceae			
<i>Allophylus edulis</i>	chal-Chal	nativa	Árvore
<i>Allophylus guaraniticus</i>	chal-Chalsinho	nativa	Árvore
<i>Cupania vernalis</i>	camboatá-vermelho	nativa	Árvore
<i>Matayba elaeagnoides</i>	camboatá-branco	nativa	Árvore

Solanaceae	fumo-bravo		
<i>Solanum mauritianum</i>		nativa	Arbusto
<i>Solanum intermedium</i>	coerana	nativa	Árvore
Tiliaceae	açoita-cavalo		
<i>Luehea divaricata</i>		nativa	Árvore
Ulmaceae	taleira		Árvore
<i>Celtis iguanea</i>		nativa	
Verbenaceae			
<i>Aegiphila brachiata</i>		nativa	Arvoreta

**Anexo 5-** Informações sobre o nome científico e usualmente utilizado (nome popular), caracterização fitogeográfica e hábito das espécies em uma avaliação florística realizada no período de 12 de abril de 2004 na EC LEN 7,7, sub-bacia hidrográfica Lajeado Grande, Alto Uruguai, RS.

Família/Espécie - 7,7	Nome popular	C. fitogeográfica	Hábito
<i>Sp.1</i>		Nativa	Arbusto
Annonaceae			
<i>Rollinia salicifolia</i>	araticum	Nativa	Árvore
Boraginaceae			
<i>Patagonula americana</i>	guajuvira	Nativa	Árvore
Celtidaceae (ver)			
<i>Celtis cf. iguanea</i>	taleira	Nativa	Arbusto
Dioscoreaceae			
<i>Dioscorea cf. triangularis</i>	dioscorea	Nativa	Liana
Euphorbiaceae			
<i>Phyllanthus sellowianus</i>	sarandi	Nativa	Arbusto
<i>Sebastiania commersoniana</i>	branquilha	Nativa	Árvore
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	leiterinho	Nativa	Arbusto
Fabaceae			
<i>Acacia bonariensis</i>	unha-de-gato	Nativa	Arbusto
<i>Bauhinia forficata</i>	pata-de-vaca	Nativa	Árvore
<i>Paraptadenia rigida</i>	angico-vermelho	Nativa	Árvore
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	timbaúva	Nativa	Árvore
<i>Calliandra tweediei</i>	topete-de-cardeal	Nativa	Arbusto
<i>Lonchocarpus campestris</i>	rabo-de-bugio	Nativa	Árvore
<i>Cf. Albizia</i>		Nativa	Árvore
Loganiaceae			
<i>Strichnos brasiliensis</i>	esporão-de-galo	Nativa	Arbusto
Musaceae			
<i>Musa paradisiaca</i>	bananeira	Exótica – cultivada	Árvore
Myrtaceae			
<i>Eugenia uniflora</i>	pitangueira	Nativa	Árvore
<i>Eugenia uruguayensis</i>	pitangueira	Nativa	Árvore
<i>Campomanesia guazumifolia</i>	sete-capotes	Nativa	Árvore
<i>Eugenia involucrata</i>	batinga-vermelha	Nativa	Árvore
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	guabiroba	Nativa	Árvore
<i>Cf. Myrcia/Calypttranthes</i>		Nativa	Arbusto
Rubiaceae			
<i>Chomelia obtusa</i>	rasga-trapo	Nativa	Árvore

Rutaceae			
<i>Helietta apiculata</i>	canela-de-veado	Nativa	Árbusto
<i>Ruta sp.</i>	bergamoteira	Exótica - adventícia	Árvore
<i>Zanthoxylum fagara</i>	mamica-de-cadela	Nativa	Árvore
Salicaceae			
<i>Xylosma cf. pseudosalzmanii</i>	sucará	Nativa	Árvore
<i>Casearia sylvestris</i>	chá-de-bugre	Nativa	Árvore
Sapindaceae			
<i>Matayba eleagnoides</i>	camboatã-branco	Nativa	Árvore
<i>Cupania vernalis</i>	camboatã-vermelho	Nativa	Árvore
<i>Allophylus edulis</i>	chal-chal	Nativa	Árvore
Sapotaceae			
<i>Pouteria salicifolia</i>	aguai-mata-olho	Nativa	Árvore
Solanaceae			
<i>Cestrum cf. strigillatum</i>		Nativa	Árbusto
Sp. 8			
<i>Solanum guaraniticum</i>	trombeteira	Exótica - adventícia	Árbusto
	juá	Nativa	Erva
Tiliaceae			
<i>Luehea divaricata</i>	açoita-cavalo	Nativa	Árvore
Sp. 43 Flor amarela	carrapicho	Nativa	Erva

**Anexo 6-** Informações sobre o nome científico e usualmente utilizado (nome popular), caracterização fitogeográfica e hábito das espécies em uma avaliação florística realizada no período de 12 de abril de 2004 na EC LEN 15, sub-bacia hidrográfica Lajeado Grande, Alto Uruguai, RS.

Família/Espécie - LEN 15	Nome popular	C. fitogeográfica	Hábito
<i>Hovenia dulcis</i>	uva-do-japão	Exótica - adventícia	Árvore
Amaranthaceae			
<i>Amaranthus sp.</i>	caruru	Nativa	Erva
Anacardiaceae			
<i>Schinus terebinthifolius</i>	aroeira-vermelha	Nativa	Árvore
Bignoniaceae			
<i>Mikania sp.</i>	guaco	Nativa	Liana
Erythroxylaceae			
<i>Erythroxylum cf. longifolium</i>	cocão	Nativa	Árbusto
Euphorbiaceae			
<i>Sapium glandulatum</i>	leiteiro	Nativa	Árvore
<i>Ricinus communis</i>	mamona	Exótica - adventícia	Árbusto
Fabaceae			
<i>Bauhinia forficata</i>	pata-de-vaca	Nativa	Árvore
<i>Acacia bonariensis</i>	unha-de-gato	Nativa	Árbusto
<i>Lonchocarpus sp.</i>		Nativa	Árvore
<i>Ateleia glaziowiana</i>	timbó	Nativa	Árvore
Lauraceae			
<i>Ocotea puberula</i>	canela-guaicá	Nativa	Árvore
Moraceae			

<i>Morus nigra</i>	amoreira	Exótica – adventícia	Árvore
Myrtaceae			
<i>Eugenia uniflora</i>	pitangueira	Nativa	Árvore
Poaceae			
<i>Setaria vulpiseta</i>		Nativa	Arbusto
<i>Coix lacrima</i>	colar-de-santa-maria	Exótica – adventícia	Arbusto
Solanaceae			
<i>Solanum mauritianum</i>	fumo-brabo	Nativa	Arbusto
<i>Solanum sp.</i>		Nativa	Arbusto
<i>Vassobia brevifolia</i>	esporão-de-galo	Nativa	Arbusto
Tiliaceae			
<i>Luehea divaricata</i>	açoita-cavalo	Nativa	Árvore

**Anexo 7-** Informações sobre o nome científico e usualmente utilizado (nome popular), caracterização fitogeográfica e hábito das espécies em uma avaliação florística realizada no período de 12 de abril de 2004 na EC PSM, sub-bacia hidrográfica Lajeado Grande, Alto Uruguai, RS.

<b>Família/Espécie - PSM</b>	<b>Nome comum</b>	<b>C. Fitogeográfica</b>	<b>Hábitat</b>
Araceae			
<i>Sp. 1</i>	Inhame	Exótica - adventícia	Erva
Monimiaceae			
<i>Hennecartia omphalandra</i>	gema-de-ovo	Nativa	árvore
Rutaceae			
<i>Citrus sp</i>		exótica	árvore
<i>Pilocarpus pennatifolius</i>	jaborandi	Nativa	árvore
Sapindaceae			
<i>Cupania vernalis</i>	camboatá-vermelho	Nativa	árvore
Annonaceae			
<i>Rollinia salicifolia</i>	araticum	Nativa	árvore
Fabaceae			
<i>Ateleia glazioviana</i>	timbó	Nativa	árvore
Salicaceae			
<i>Casearia sylvestris</i>	chá-de-bugre	Nativa	árvore
<i>C. decandra</i>	guaçatunga	Nativa	árvore

**Anexo 8-** Informações sobre o nome científico e usualmente utilizado (nome popular), caracterização fitogeográfica e hábito das espécies em uma avaliação florística realizada no período de 12 de abril de 2004 na EC PSJ, sub-bacia hidrográfica Lajeado Grande, Alto Uruguai, RS.

<b>Família/Espécie - PSJ</b>	<b>Nome popular</b>	<b>C. fitogeográfica</b>	<b>Hábito</b>
<i>Hovenia dulcis</i>	uva-do-japão	Exótica – adventícia	Árvore
<i>Edichium coronarium</i>	lírio-do-brejo	Exótica – adventícia	Arbusto
Annonaceae			
<i>Rollinia salicifolia</i>	Araticum	Nativa	Árvore
Aquifoliaceae			

<i>Ilex paraguariensis</i>	erva-mate	Nativa	Árvore
Bignoniaceae			
<i>Pterocotenum echinatum</i>	escova-de-macaco	Nativa	Liana
Boraginaceae			
<i>Sp.</i>		Nativa	Arbusto
Euphorbiaceae			
<i>Sapium glandulatum</i>	pau-leiteiro	Nativa	Árvore
Fabaceae			
<i>Lonchocarpus sp.</i>		Nativa	Árvore
Fabaceae			
<i>Bauhinia forficata</i>	pata-de-vaca	Nativa	Árvore
<i>Acacia bonariensis</i>	unha-de-gato	Nativa	Arbusto
<i>Lonchocarpus campestris</i>	rabo-de-bugio	Nativa	Árvore
Icacinaceae			
<i>Citronella paniculata</i>		Nativa	Árvore
Lamiaceae			
<i>Lantana camara</i>		Nativa	Arbusto
Lauraceae			
<i>Ocotea puberula</i>	canela-guaicá	Nativa	Árvore
<i>Nectandra lanceolata</i>	canela-amarela	Nativa	Árvore
Phitolaccaceae			
<i>Seguiera aculeata</i>	cipó	Nativa	Liana
Poaceae			
<i>Sp. 1</i>	capim-elefante	Exótica – cultivada	Arbusto
<i>Sp. 2</i>	napier	Exótica – cultivada	Arbusto
Rutaceae			
<i>Citrus sp.</i>	bergamoteira	Exótica - adventícia	Árvore
Salicaceae			
<i>Casearia sylvestris</i>	chá-de-bugre	Nativa	Árvore
<i>Casearia decandra</i>	guaçatunga	Nativa	Árvore
Sapindaceae			
<i>Matayba eleagnoides</i>	camboatá-branco	Nativa	Árvore
<i>Cupania vernalis</i>	camboatá-vermelho	Nativa	Árvore
Sapotaceae			
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i>	aguaí-açu	Nativa	Árvore
Solanaceae			
<i>Sp. 1</i>	trombeteira	Exótica	Arbusto
<i>Vassobia brevifolia</i>	esporão-de-galo	Nativa	Arbusto
<i>Cestrum strigillatum</i>		Nativa	Arbusto
<i>Solanum pseudoquina</i>		Nativa	Árvore
<i>Solanum mauritianum</i>	fumo-brabo	Nativa	Árvore
Tiliaceae			
<i>Luehea divaricata</i>	açoita-cavalo	Nativa	Árvore
Urticaceae			
<i>Urera sp.</i>	urtigão	Nativa	Arbusto

**Anexo 9-** Informações sobre o nome científico e usualmente utilizado (nome popular), caracterização fitogeográfica e hábito das espécies em uma avaliação florística realizada no período de 12 de abril de 2004 na EC CITRESU, sub-bacia hidrográfica Lajeado Grande, Alto Uruguai, RS.

<b>Família/Espécie - CITRESU</b>	<b>Nome popular</b>	<b>C. fitogeográfica</b>	<b>Hábito</b>
<i>Hovenia dulcis</i>	uva-do-japão	Exótica – adventícia	Árvore
<i>Edichium coronarium</i>	lírio-do-brejo	Exótica – adventícia	Arbusto
Bignoniaceae			
<i>Mikania sp.</i>	guaco	Nativa	Liana
Euphorbiaceae			
<i>Ricinus communis</i>	mamona	Exótica - adventícia	Arbusto
Fabaceae			
<i>Ateleia glaziowiana</i>		Nativa	Árvore
<i>Acacia bonariensis</i>	unha-de-gato	Nativa	Arbusto
Moraceae		Exótica – adventícia	
<i>Morus nigra</i>	amoreira		Árvore
Poaceae			
Sp.1	capim-elefante	Exótica – cultivada	Arbusto
Poaceae			
<i>Pennisetum paniculatum</i>		Nativa	Arbusto
Sp. 1		Nativa	Erva

**Anexo 10**  
APOIO VISUAL PARA ANÁLISE  
DA QUALIDADE ECOLÓGICA DE CURSOS D'ÁGUA  
DE BAIXA ORDEM

Segmento	Para arroios de 1ª a 3ª ordem				
	Mata ciliar	ausente	< 5m	5 - 15 m	> 15m
Composição	homogênea (exóticas)	homogênea (nativas)	pouca diversidade nativas	alta diversidade	
Cobertura de dossel	ausente	< 40%	40% - 60%	> 60%	
Uso do solo no entorno	agricultura/pecuária intensiva até a margem	agricultura/pecuária intensiva até borda da mata ciliar	sistema tipo roça	floresta natural	
Trecho	Condições do canal	barragem aumenta largura do arroio mais de quatro vezes	barragem aumenta largura do arroio de 2 a 4 vezes	barragem aumenta largura do arroio até 2	não apresenta barragem
	* Caso não apresente barragem:	<b>corredeiras</b>	toda extensão do trecho	metade da extensão do trecho	1/4 do trecho
		<b>remanço</b>	toda extensão do trecho	metade da extensão do trecho	1/4 do trecho
	Condições do leito	leito seca durante longo período do ano	leito seca por curto período do ano	leito seca eventualmente por breves períodos	leito nunca seca
	Condições da água	muito turva	turva	clara	escura
	Parâmetros físicos	pH	OD	Condutividade	Temp. água
	Hábitat	Fundo do leito rochoso plano	rochoso irregular grande (75% das rochas >15 cm)	rochoso irregular pequeno (75% das rochas <15 cm)	areia e/ou silte



**Anexo 11-** Bolsa-de-folhíço utilizada no experimento de decomposição foliar e colonização por macroinvertebrados. Figura (a) apresenta régua métrica e figura (b) apresenta folhas de canela-guaicá etiqueta numerada de polietileno utilizadas no experimento.



Anexo 12- Estações de coleta (a) LG 79 e (b) LG 37,8.



**Anexo 13-** Vista da Estação de coleta PSJ. (a) Montante de PSJ e (b) local de coleta de parâmetros físicos da EC PSJ.

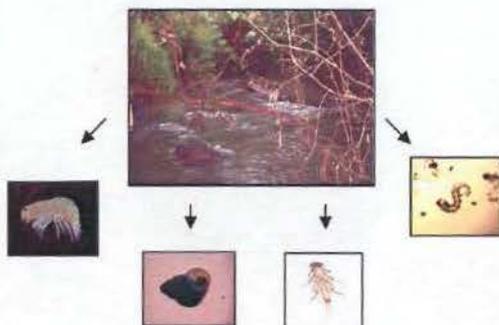


**Anexo 14-** Estação de coleta PSM



## Monitoramento dos Arroios Lajeado Grande e Lajeado Erval Novo

As folhas e galhos que caem nos arroios são fontes de alimentos para inúmeros organismos, especialmente as larvas de insetos.



Essas larvas desempenham papel fundamental na manutenção da qualidade da água, pois ciclam os nutrientes vegetais e servem como alimento para outros organismos, como peixes e rãs.

Este monitoramento foi realizado em nove locais ao longo do Arroio Lajeado Grande e do Arroio Lajeado Erval Novo. Em cada local foram expostas bolsas (tipo saco-de-batata) contendo cerca de quinze folhas de canela-guaicá, árvore presente na região.



Localização no mapa do Rio Grande do Sul, dos municípios de Crissiumal, Três Passos, Humaitá e Bom Progresso



canela-guaicá



Bolsas contendo folhas de canela-guaicá

As bolsas foram retiradas após 1, 15, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias.

Os locais observados contam com presença de inúmeras atividades próximas aos arroios. Algumas delas:

- Criadouro de porcos;
- Lavoura de soja, milho e fumo;
- Pecuária.



Destaca-se que os locais mais impactados, apresentando decomposição foliar lenta e baixo número de larvas aquáticas, são os que não apresentam Mata Ciliar e têm atividades agropecuárias junto aos corpos d'água.

Para melhorar a qualidade da água de nossos arroios, devemos recuperar a Mata Ciliar e evitar de lançar contaminantes, como fezes de porcos e agrotóxicos, nos cursos d'água.

Nossos sinceros agradecimentos à população que permitiu a realização deste estudo em suas propriedades e colaborou com as atividades realizadas.

**Contato:** André Frainer Barbosa  
[afbarbosa@ecologia.ufrgs.br](mailto:afbarbosa@ecologia.ufrgs.br)  
 tel: (51) 9164.4098

