



Universidade Federal do Rio Grande – FURG  
Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas



Degradação foliar de três macrófitas aquáticas em uma área úmida no Sul do Brasil

Thaís de Azevedo Carneiro  
Orientadora: Edélti Faria Albertoni

Monografia apresentada como requisito da Disciplina de Trabalho de  
Graduação II - 15125 - do Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas

**Novembro/2016**  
**Rio Grande - RS**

## **Agradecimentos**

A minha orientadora, Edélti Faria Albertoni, por me proporcionar a oportunidade de trabalhar em sua parceria e obrigada principalmente pelo grande aprendizado que adquiri ao longo da tua orientação, pela confiança até o final dos 4 anos em que estive com a senhora. Peço desculpas por algo que tenha feito, mas agradeço de coração por me ajudar a cada momento que precisei.

Aos técnicos do Laboratório de Limnologia Leonardo Furlanetto e Claudio Trindade, pela atenção e suporte na realização dos experimentos.

A minha amada técnica de Laboratório, Clara Lima, por me ajudar em todos momentos que precisei, sempre com um sorriso no rosto, me incentivando e me dando apoio para continuar e a todos dias que confiou em mim.

Aos meus colegas de laboratório pelo convívio e parceria ao longo desses 4 anos de graduação.

A minha família, meu pai, minha mãe que sempre me incentivou e com certeza me fizeram chegar onde estou hoje. Sempre me apoiaram desde quando comecei a estudar, mesmo com todas dificuldades, nunca me disseram não, e sempre se orgulharam de mim. E hoje eu que me orgulho de vocês, por estarem comigo nesta etapa tão especial da minha vida. Te amo Pai, te amo Mãe.

Ao meu esposo, que sempre fez de tudo que eu não parasse de continuar nessa caminhada, e agora eu dedico a ti todo meu esforço nesses quatro anos de faculdade, dedico a ti que sempre estiveste ao meu lado mesmo nos momentos mais difíceis. Te amo Bruno Costa.

Ao meu sogro, minha sogra e ao meu cunhado por todo carinho, afeto e força para continuar em frente que eu sempre recebi. Obrigada por tantos incentivos, carinho e compreensão, principalmente nos momentos mais difíceis que passei.

Aos amigos que conquistei na faculdade, Ana Paula Tavares Costa, Manuela Passos Tourinho, Dieinifer Bierhals, Isis Simões entre tantos outros que por esses quatro anos juntos dividimos tantos sentimentos que a Biologia nos proporcionou.

As minhas amigas inseparáveis, Jessika Figueira, Mariana Salomão e Leandra Jardim, por se tornarem amigas inesquecíveis, que vou levar pra vida toda, daqui até a eternidade.

A minha amiga Jessika Figueira, por ter me ajudado inúmeras vezes no laboratório

E um agradecimento especial a minha amiga, Leandra Jardim, por sempre em qualquer circunstancia estar do meu lado, mesmo nos momentos difíceis. Amigos assim são difíceis de achar, por isso não vou ter deixar por nada neste mundo, queria muito que estivesse aqui comigo, concluindo o TCC, mas a nossa amizade vai durar para sempre.

Obrigada a todas as pessoas, sem nomes, que sempre me deram uma palavra de incentivo, e nunca deixaram desistir. Essa conquista é de vocês também.

*No meio da dificuldade, encontra-se a oportunidade.*

*- Albert Einstein*

## Sumário

Apresentação.....	i
Agradecimentos.....	ii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
1. Introdução	
Geral.....	vii
1.1 Áreas úmidas.....	vii
1.2 Funcionamento dos ecossistemas aquáticos.....	viii
1.3 Processo de decomposição.....	x
1.4 Invertebrados aquáticos.....	x
Manuscrito.....	12
Resumo e Abstract.....	13;14
1.Introdução.....	15
2.Materiais e métodos.....	16
2.1Área de estudo.....	16
2.2 Procedimento em campo.....	16
2.3Procedimento em laboratório.....	17
2.4Procedimento com invertebrados.....	17
2.5Análise de dados.....	18
3. Resultados	
3.1 Caracterização da área de estudo.....	18
3.2 Perda de massa foliar.....	19
3.3 Concentrações de nutrientes no detrito.....	19
3.4Invertebrados colonizadores.....	21
4. Discussão.....	24
5.Agradecimentos.....	27
6.Referências.....	28
Considerações finais.....	31
Referências bibliográficas.....	32

## Degradação foliar de três macrófitas aquáticas em uma área úmida no Sul do Brasil

**Resumo:** As macrófitas aquáticas participam de diversos processos dentro do ambiente aquático sendo importantes para a produtividade biológica destes locais. O estudo teve como objetivo analisar a taxa de degradação de três macrófitas aquáticas *Salvinia herzogii* De La Sota, *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms e *Pistia stratiotes* L e avaliar a colonização de invertebrados aquáticos conforme sua categoria trófica funcional. O experimento foi realizado em um banhado (área úmida) na cidade de Rio Grande no sul do Brasil, no período de outubro a novembro de 2015. A metodologia empregada foi *litter bags*, sendo confeccionadas 60 bolsas ao total, incubadas no ambiente, e retiradas quatro amostras a cada intervalo de tempo de 1, 7, 30, 45 e 60 dias após a incubação. Foram determinadas as concentrações de nutrientes encontradas no detrito e a composição da estrutura da comunidade de macroinvertebrados colonizadores do detrito. Em 30 dias *P. stratiotes* apresentou um peso remanescente de 2,7% ( $k=0,915d^{-1}$ ) apresentando diferença significativa no 30º dia ( $p < 0,05$ ), já não tendo mais detrito após esse dia e 60 dias após a incubação *S. herzogii* apresentou um peso remanescente de 58,9% ( $k=0,094d^{-1}$ ), seguida de *E. crassipes* com 11,6% ( $k=0,348d^{-1}$ ). *P. stratiotes* teve um aumento na concentração de nutrientes em paralelo com a concentração de polifenóis, podendo estar devido a colonização por microrganismos, já que apresentou a menor abundância de invertebrados em comparação com as outras macrófitas, sendo identificados 258 indivíduos. A concentração de nutrientes para *S. herzogii* e *E. crassipes* aumentou ao longo dos dias, ao contrário da concentração de polifenol que diminuiu ao longo do experimento, possibilitando um aumento na abundância de invertebrados ao longo do processo sendo identificados 682 indivíduos para *S. herzogii* e 378 indivíduos para *E. crassipes*. Todas as plantas reduziram seus compostos solúveis (principalmente nitrogênio e polifenóis), nas primeiras 24hs, um padrão bem marcante da lixiviação. A partir destes resultados conclui-se que a concentração química contribuiu para a velocidade de decomposição e que a participação dos invertebrados aquáticos pode ter sido um fator favorável na taxa de decomposição.

**Palavras chave:** Banhados, Decomposição, *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes*, *Salvinia herzogii*.

## Leaf degradation of three aquatic macrophytes in a humid area in southern Brazil

**Abstract:** Aquatic macrophytes participate in several processes within the aquatic environment and are important for the biological productivity of these sites. The objective of this study was to analyze the degradation rate of three aquatic macrophytes *Salvinia herzogii* De La Sota, *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms and *Pistia stratiotes* L and to evaluate the colonization of aquatic invertebrates according to their functional trophic category. The experiment was carried out in a wetland in the city of Rio Grande, southern Brazil, from October to November 2015. The methodology used was litter bags, 60 bags were made in total, incubated in the environment, and withdrawals Four samples at each time interval of 1, 7, 30, 45 and 60 days after incubation. The concentrations of nutrients found in the detritus and composition of the community structure of macroinvertebrates colonizing the detritus were determined. In 30 days *P. stratiotes* presented a remaining weight of 2.7% ( $k = 0.915d^{-1}$ ), presenting a significant difference on the 30th day ( $p < 0.05$ ), no longer having detritus after that day and 60 days after *S. herzogii* had a remaining weight of 58.9% ( $k = 0.094d^{-1}$ ), followed by *E. crassipes* with 11.6% ( $k = 0.348d^{-1}$ ). *P. stratiotes* had an increase in the concentration of nutrients in parallel with the concentration of polyphenols, being able to be due to colonization by microorganisms, since it presented the smaller abundance of invertebrates in comparison with the other macrophytes, being identified 258 individuals. The concentration of nutrients for *S. herzogii* and *E. crassipes* increased over the days, as opposed to the concentration of polyphenol that decreased during the experiment, allowing an increase in the abundance of invertebrates throughout the process, being identified 682 individuals for *S. herzogii* and 378 individuals for *E. crassipes*. All plants reduced their soluble compounds (mainly nitrogen and polyphenols) in the first 24 hours, a very marked pattern of leaching. From these results it is concluded that the chemical concentration contributed to the decomposition rate and that the participation of the aquatic invertebrates may have been a favorable factor in the rate of decomposition.

**Keywords:** Decomposition, *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes*, *Salvinia herzogii*.

## **1.Introdução geral**

### **1.1 Áreas úmidas**

A planície costeira do extremo sul do Brasil apresenta uma ampla área de terras baixas, sendo os ambientes lagunar-lacustre os mais predominantes (Vieira & Rangel, 1988), em sua maior parte ocupada pelo sistema lagunar Patos-Mirim, uma ampla área de terra com áreas baixas com (33.000km<sup>2</sup>) em sua maior parte ocupada por um enorme sistema de lagoas costeiras a (Villwock & Tomazelli, 1995).

Geralmente esses ecossistemas rasos, como as lagoas e as áreas úmidas são ocupados densamente pela biota e seu fluxo de água é regulado por precipitação e evaporação, sendo bem numerosos em regiões tropicais e subtropicais (Talling, 2001). Estes ecossistemas possibilitaram a grande capacidade de adaptação tanto de fauna quanto flora colonizando diversos habitats.

Segundo Junk (2014) as “Áreas Úmidas (AUs) são ecossistemas na interface entre ambientes terrestres e aquáticos, continentais ou costeiros, naturais ou artificiais, permanentemente ou periodicamente inundados por águas rasas ou com solos encharcados, doces, salobras ou salgadas, com comunidades de plantas e animais adaptadas à sua dinâmica hídrica.”. Esses ambientes tão diversos são agrupados a partir de características comuns como: presença de água rasa ou solo saturado, acúmulo de matéria orgânica oriunda de material vegetal em processo de decomposição e presença de flora e fauna adaptados à vida no ambiente aquático (Carvalho e Ozório, 2007).

No Rio Grande do Sul, as áreas úmidas são denominadas de banhados, expressão originada do espanhol “*bañado*”, que significa umedecido, submerso (Daronch et al., 2006). Os banhados normalmente apresentam alta produtividade biológica e por serem ambientes rasos favorecem o desenvolvimento e grande diversidade de macrófitas aquáticas, que por sua vez servem de habitat para diversos organismos. (Palma-Silva et al., 2012). Quanto se refere a flora, a presença de macrófitas nas áreas úmidas constitui ambientes com alta riqueza de espécies sendo extremamente produtivas (Pollock et al., 1998). A comunidade de macrófitas aquáticas tem um papel importante na estocagem, ciclagem de nutrientes e na produtividade primária (Esteves, 2011). Com sua decomposição, ocorre o retorno dos nutrientes de seus tecidos para a coluna de água e sedimento (Cunha-Santino et al., 2008).

Segundo Mistch e Gosselink (2000), os banhados são localizados entre os sistemas terrestres mais altos e sistemas aquáticos mais profundos, posição que lhe dá condições únicas de solo e química da água. Estes ambientes apresentam uma alta biodiversidade e proporcionam abrigo para organismos de ambos os sistemas aquáticos e terrestres, deste modo tornando-se um dos mais importantes tipos de ecossistemas do mundo.

A expansão das atividades antrópicas e a falta de fiscalização eficiente aumentam a fragilidade desses ecossistemas que apesar da relevância ecológica, nem todos os banhados encontra-se inserido em alguma categoria de proteção, preservação ou conservação (Carvalho e Osório, 2007). Deste modo torna-se de suma importância estudos relacionados a estas áreas, de modo a estabelecer uma atenção maior a esses ambientes tão importantes para a biodiversidade.

## **1.2 Funcionamento nos ecossistemas aquáticos**

O fluxo de nutrientes e energia entre os setores abióticos e bióticos são compreendidos como metabolismo, influenciam na forma, eficiência e integridade ecológica do metabolismo ecológico, que por sua vez é dividido em produção, consumo e decomposição (Esteves e Gonçalves, 2011). A produção é realizada pelos produtores primários, ou seja, organismos capazes de sintetizar a própria matéria orgânica, como por exemplo perifiton, algas, macrófitas aquáticas e algumas espécies de bactérias .

A produção primária é principalmente originada de fonte autóctone nos ecossistemas lênticos (de água “parada”), onde a vegetação ripária é escassa ou ausente, a produção primária, principalmente do perifiton, é responsável pelo estoque de matéria orgânica (MO) e fluxo de energia (Esteves e Gonçalves, 2011). Existem duas possíveis fontes de detritos para os ecossistemas aquáticos: a fonte que é produzida fora do ecossistema aquático, a fonte alóctone, e aquela que é gerada dentro do próprio sistema, fonte autóctone (Webster e Benfield, 1986).

O consumo é realizado pelos consumidores que obtêm sua energia de forma direta ou indiretamente, a partir da matéria orgânica que foi sintetizada pelos produtores primários (Gonçalves e Esteves, 2011). Nos ecossistemas aquáticos existem três vias básicas de fluxo de energia: a cadeia de herbívoros, o circuito microbiano e a cadeia de detritos (Gonçalves e Esteves, 2011).

A matéria orgânica nos ecossistemas aquáticos é dividida em basicamente três

tipos: a- matéria orgânica particulada grossa (MOPG) é composta por partículas > 1 mm como troncos, galhos, folhas, flores e frutos, sendo que MOPG é a principal fonte de energia e nutrientes em ecossistemas aquáticos continentais quando comparados às demais formas de matérias orgânicas existentes; b- matéria orgânica particulada fina (MOPF), é originada a partir da abrasão mecânica pelos detritívoros, degradando assim a MOPG em partículas de tamanho menor (< 1 mm > 0,05 mm); c- matéria orgânica dissolvida (MOD), sendo formada por compostos químicos refratários como proteínas, lipídeos entre outros (Esteves e Gonçalves, 2011).

### **1.3 Processo de Decomposição**

O entendimento do processo de decomposição foliar é de suma importância para a compreensão de como ocorre o fluxo energético e a ciclagem de nutrientes nos ecossistemas aquáticos (Abelho, 2001; Esteves e Gonçalves, 2011). A decomposição é o processo de transformação e redução de matéria orgânica particulada em moléculas mais simples, por ação de fatores físicos e biológicos (Farjalla et al., 1999). O processo de decomposição se inicia quando ocorre a queda do detrito no riacho (sistemas lóticos) ou quando o detrito já é oriundo do próprio sistema, ou seja, autóctone (sistemas lênticos) (Abelho, 2001).

Segundo Webster e Benfield (1986) é dividido em três fases distintas: lixiviação, condicionamento e fragmentação. Ao longo do processo de decomposição ocorre a transformação MOPG autóctone ou alóctone em MOPF, sendo que estas fases se sobrepõem durante este processo (Gessner et al., 1999).

A lixiviação é a perda dos compostos solúveis (carboidratos e proteínas), estes liberados no ecossistema aquático, resultando em uma rápida perda foliar; O condicionamento envolve a colonização microbiana do detrito por fungos ou bactérias, que intensifica as modificações químicas e estruturais, levando a um aumento da biomassa da folha, da palatabilidade e da qualidade nutricional do detrito para os invertebrados detritívoros (Abelho, 2001); Fragmentação mecânica resultante da abrasão física por invertebrados detritívoros ( Webster & Benfield, 1986) .

A velocidade da decomposição é influenciada por fatores que podem ou não acelerar este processo, como fatores extrínsecos como variáveis ambientais e fatores intrínsecos como a qualidade do detrito e a estrutura da comunidade microbiana ou de invertebrados aquáticos. Quanto ao material foliar, características como a dureza

(compostos como lignina e celulose) podem ser barreiras físicas para alguns tipos de organismos, a quantidade de nutrientes (como nitrogênio e fósforo) e a presença de inibidores químicos (como polifenóis e taninos) podem alterar a velocidade de decomposição immobilizando a ação de organismos. (Gonçalves, 2014)

#### **1.4 Invertebrados Aquáticos**

Invertebrados aquáticos, participam na ciclagem de nutrientes e na redução de partículas orgânicas, facilitando a ação de microrganismos (Callisto e Esteves, 1995). A estrutura da comunidade de invertebrados associados ao detrito é dependente de relações entre os fatores positivos que tornam o detrito mais atrativo estão a alta qualidade nutricional e negativos que tornam o detrito impalatável esta a produção de compostos secundários que são palatáveis aos invertebrados (Abelho, 2001; Graça, 2001). A partir do aparato bucal que apresentam e da forma como se alimentam os invertebrados podem ser classificados em grupos tróficos funcionais, como coletores-filtradores, coletores-catadores, predadores, raspadores e fragmentadores (Merritt e Cummins, 1996).

Os coletores consomem matéria orgânica fina particulada (MOPF); os raspadores são adaptados para raspar/rasgar microbiota associadas aos detritos; os filtradores filtram partículas em suspensão; os fragmentadores são organismos que retalham grandes pedaços de tecido vegetal transformando diretamente MOPG em MOPF; os predadores são organismos que se alimentam de outros organismos, engolindo ou prendendo sua presa para sugar o conteúdo corporal. (Merritt & Cummins, 1996; Wallace et al., 1999). Os fragmentadores apresentam aparelho bucal específico para macerar e retalhar matéria orgânica, deste modo realizam a transformação da MOPG em MOPF que é fonte de alimento para microorganismos como bactérias e fungos (Graça, 2001).

O grau de condicionamento microbiano está entre os fatores principais para a colonização dos fragmentadores (Gimenes et al., 2010), de modo que o condicionamento aumenta a palatabilidade e o valor nutricional dos detritos (Abelho, 2001). Assim há a preferência por se alimentar de detritos já condicionados por bactérias e fungos do que detritos ainda não colonizados (Graça e Canhoto, 2006).

Os estudos de degradação foliar em sistemas aquáticos relataram a importância dessa comunidade de invertebrados, especialmente a diversidade e a abundância de

fragmentadores (Graça, 2001). Em climas temperados, os riachos apresentam uma maior abundância de invertebrados fragmentadores, tendo grande importância na decomposição do detrito vegetal (Abelho, 2001; Graça, 2001). Já em climas tropicais os riachos não apresentam ou é rara a presença de fragmentadores, sendo deste modo a decomposição sendo mediada principalmente por microorganismos (Gonçalves et al., 2006).

Com esse trabalho, espera-se que as três macrófitas estudadas apresentem uma decomposição rápida logo então, que possuam valores altos de Nitrogênio e Fósforo, e baixos valores de compostos secundários, como polifenóis. Consequentemente, espera-se uma alta abundância de invertebrados fragmentadores, já que os mesmos tem a preferência por detritos com alta qualidade como altos valores de Nitrogênio e Fosforo e baixo teor de compostos secundários como os polifenóis (Graça, 2001).

**Colonizing macroinvertebrates during decomposition of aquatic macrophytes in a wetland in southern Brazil**

Colonização de macroinvertebrados durante a decomposição de macrófitas aquáticas em uma área úmida no Sul do Brasil

---

Thais de Azevedo Carneiro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratório de Limnologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Av. Itália, Km 8, CEP 96201-900, Rio Grande, RS, Brasil

<sup>1</sup>thaisacc@hotmail.com

Manuscrito redigido de acordo com as normas para submissão ao periódico *Acta Limnologica Brasiliensis*, com exceção do idioma.

**Resumo: Objetivo:** Analisar o tempo de degradação de três macrófitas aquáticas *Salvinia herzogii*, *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes* e avaliar a colonização de invertebrados aquáticos conforme sua categoria trófica funcional. **Métodos:** O experimento foi realizado em um banhado (área úmida) na cidade de Rio Grande no sul do Brasil, no período de outubro a dezembro de 2015. A metodologia empregada foi *litter bags*, sendo confeccionadas 60 bolsas ao total, incubadas no ambiente e, retiradas em quatro repetições em um intervalo de tempo de 1, 7, 30, 45 e 60 dias após a incubação. Foram analisadas concentrações de nutrientes encontradas no detrito e a composição da estrutura da comunidade de macroinvertebrados colonizadores do detrito. **Resultados:** Em 30 dias *P. stratiotes* apresentou um peso remanescente de 2,7% ( $k=0,915d^{-1}$ ) apresentando diferença significativa no 30º dia ( $p < 0,05$ ), já não tendo mais detrito após esse dia e 60 dias após a incubação *S. herzogii* apresentou um peso remanescente de 58,9% ( $k=0,094d^{-1}$ ), seguida de *E. crassipes* com 11,6% ( $k=0,348d^{-1}$ ). *P. stratiotes* teve um aumento na concentração de nutrientes em paralelo com a concentração de polifenóis, podendo estar devido a colonização por microrganismos, já que apresentou a menor abundância de invertebrados em comparação com as outras macrófitas, sendo identificados 258 indivíduos. A concentração de nutrientes para *S. herzogii* e *E. crassipes* aumentou ao longo dos dias, ao contrário da concentração de polifenol que diminuiu ao longo do experimento, possibilitando um aumento na abundância de invertebrados ao longo do processo sendo identificados 682 indivíduos para *S. herzogii* e 378 indivíduos para *E. crassipes*. Todas as plantas reduziram seus compostos solúveis (principalmente nitrogênio e polifenóis), nas primeiras 24hs, um padrão bem marcante da lixiviação. A partir destes resultados concluiu-se que a concentração química contribuiu para a velocidade de decomposição e que a participação dos invertebrados aquáticos pode ter sido um fator favorável na taxa de decomposição.

**Palavras chave:** Banhados, Decomposição, *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes*, *Salvinia herzogii*.

**Abstract: Objective:** The study aimed to analyze the degradation time three macrophytes *Salvinia herzogii*, *Eichhornia crassipes* and *Pistia stratiotes* and evaluate the colonization of aquatic invertebrates as its functional trophic category. **Methods:** The experiment was conducted in a swamp (wetland) in the city of Rio Grande in southern Brazil, from March to May 2016. The methodology used was litter bags, and made 60 grants to the total, incubated in the environment and withdrawals four replications in a time interval of 1, 7, 30, 45 and 60 days after incubation. Nutrient concentrations were analyzed found in the debris and the composition of the community structure of benthic detritus the colonists. **Results.** In 30 days *P. stratiotes* presented a remaining weight of 2.7% ( $k = 0.915d^{-1}$ ), presenting a significant difference on the 30th day ( $p < 0.05$ ), no longer having detritus after that day and 60 days after *S. herzogii* had a remaining weight of 58.9% ( $k = 0.094d^{-1}$ ), followed by *E. crassipes* with 11.6% ( $k = 0.348d^{-1}$ ). *P. stratiotes* had an increase in the concentration of nutrients in parallel with the concentration of polyphenols, being able to be due to colonization by microorganisms, since it presented the smaller abundance of invertebrates in comparison with the other macrophytes, being identified 258 individuals. The concentration of nutrients for *S. herzogii* and *E. crassipes* increased over the days, as opposed to the concentration of polyphenol that decreased during the experiment, allowing an increase in the abundance of invertebrates throughout the process, being identified 682 individuals for *S. herzogii* and 378 individuals for *E. crassipes*. All plants reduced their soluble compounds (mainly nitrogen and polyphenols) in the first 24 hours, a very marked pattern of leaching. From these results it is concluded that the chemical concentration contributed to the decomposition rate and that the participation of the aquatic invertebrates may have been a favorable factor in the rate of decomposition.

**Keywords:** Decomposition, *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* *Salvinia herzogii*.  
Wetlands.

## 1. Introdução

Segundo Junk (2014) as “Áreas Úmidas (AUs) são ecossistemas na interface entre ambientes terrestres aquáticos, continentais ou costeiros, naturais ou artificiais, permanentemente ou periodicamente inundados por águas rasas ou com solos encharcados, doces, salobras ou salgadas, com comunidades de plantas e animais adaptadas à sua dinâmica hídrica.” A preservação desses ambientes é de suma importância, pois ao longo do tempo, a sua fragilidade aumentou em decorrência a expansão de atividades antrópicas, cujos principais impactos estão relacionados com práticas agrícolas, pecuária, aterros, urbanização e o despejo de lixo e esgoto doméstico em paralelo há a falta de fiscalização eficiente que não assegura a preservação dos banhados de Unidades de Conservação (Carvalho & Osório, 2007).

Quanto se refere a flora, a presença de macrófitas nas áreas úmidas constitui ambientes com alta riqueza de espécies sendo extremamente produtivas (Pollock et al. 1998). A comunidade de macrófitas aquáticas tem um papel importante na estocagem, ciclagem de nutrientes e na produtividade primária (Esteves, 2011). Com sua decomposição, ocorre o retorno dos nutrientes de seus tecidos para a coluna de água e sedimento (Cunha-Santino et al. 2008).

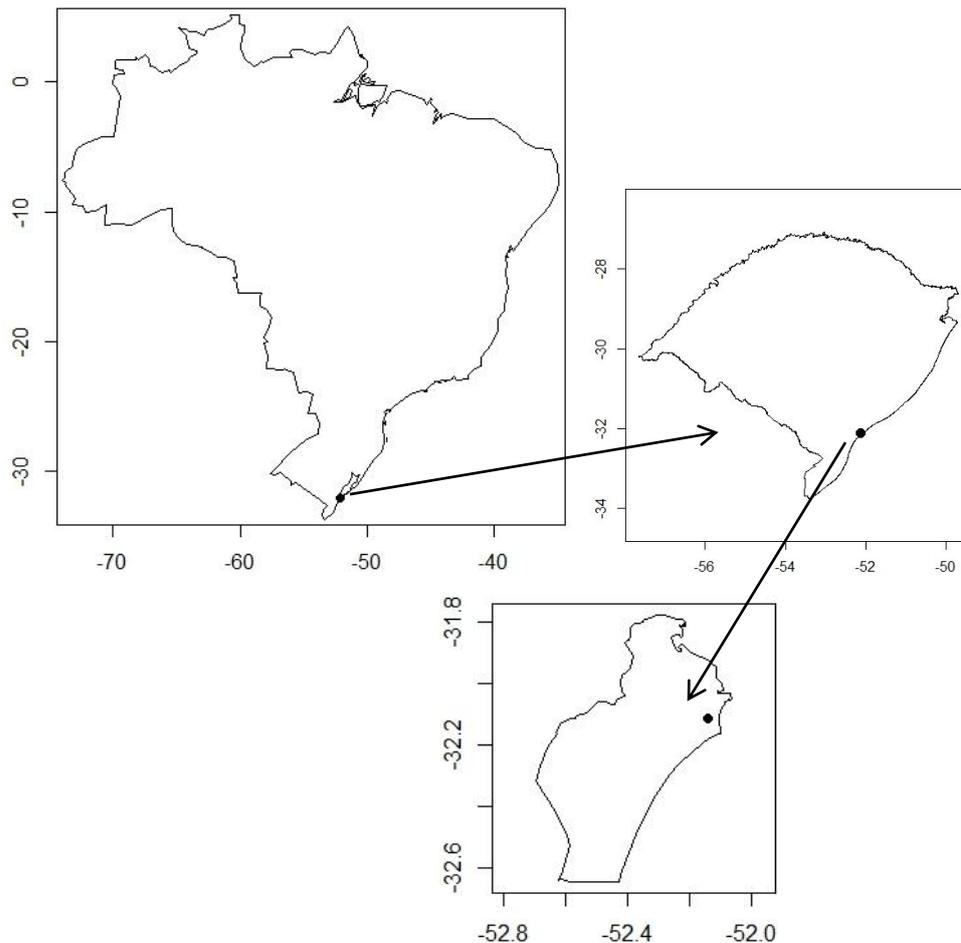
A decomposição é uma etapa do metabolismo aquático e está dividida em basicamente três fases segundo Webster & Benfield (1986): lixiviação, condicionamento e fragmentação. Alguns fatores influenciam na velocidade da decomposição, como fatores extrínsecos com por exemplo as variáveis ambientais e fatores intrínsecos como a qualidade do detrito e a estrutura da comunidade microbiana ou de invertebrados aquáticos associados (Gonçalves, 2014).

Os invertebrados aquáticos podem ser classificados em grupos tróficos funcionais, como coletores-filtradores (Co-Fi) , coletores-catadores (Co-Ca) , predadores (Pr), raspadores (R) e fragmentadores (Fr) (Merritt & Cummins, 1996). A colonização de invertebrados detritívoros é influenciada principalmente pela qualidade do detrito e pela presença ou ausência de compostos secundários como o polifenol (Abelho, 2001). Deste modo o objetivo deste estudo foi avaliar a velocidade de decomposição de três macrófitas aquáticas *Salvinia herzogii*, *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes* e sua relação com a composição química do detrito e colonização por invertebrados.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1 Área de estudo

A planície costeira do Rio Grande do Sul é composta por uma grande variedade de ambientes aquáticos, incluindo arroios e banhados, mas com o predomínio de lagoas e pequenos lagos (Vieira & Rangel, 1983). O estudo foi realizado em um banhado na localidade do Senandes, em torno de 8km da RS734, na cidade de Rio Grande, Rio Grande do Sul. (Figura 1)



**Figura 1** – Mapa da área de estudo em escalas, representando o Brasil em destaque para o estado do Rio Grande do Sul, e a município de Rio Grande. Ponto amostral com as seguintes coordenadas: 32°11'47.78"S; 52°14'59.41"O.

### 2.2 Procedimento em campo

As macrófitas *S. herzogii*, *E. crassipes* e *P. stratiotes* foram coletadas em banhados próximos a área de estudo e foram secas ao ar livre à temperatura ambiente (ca. 25°C) durante duas semanas. Após este procedimento, foram montadas 60 bolsas de decomposição (*litter bags*) de tamanho 20 x 30 cm e aberturas de malha de 0,1 cm<sup>2</sup> na face

em contato com o sedimento e 1,0 cm<sup>2</sup> na face oposta, cada bolsa contida de 10 ±3 gramas de material foliar de cada macrófita, sendo identificadas com etiquetas de plástico.

As bolsas foram separadas, e presas com nylon umas as outras, sendo presas a um tijolo, e este colocado junto ao sedimento. O experimento foi realizado de outubro a dezembro de 2015 em um total de cinco retiradas com quatro réplicas cada no período de 1, 7, 30, 45 e 60 dias após a incubação.

A cada data amostral foram determinadas em campo, 8 medidas de variáveis abióticas na coluna d'água como pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, turbidez e temperatura, com a sonda multiparâmetro HORIBA e para determinação da concentração de nutrientes em laboratório, foi coletada uma amostra de água a cada data de retirada. Os resultados são apresentados como médias dos valores com desvio padrão.

### **2.3 Procedimento em Laboratório**

Após as retiradas, o material das bolsas foi lavado em água corrente sobre peneira de 250µm e posteriormente seco em estufa a 60°C durante dois dias para obtenção do peso seco. O material seco foi triturado e realizadas as seguintes análises químicas do detrito: nitrogênio total (NT) segundo o método de Kjeldahl, fósforo total (PT) segundo o método de Fassbender (1973), análise de polifenóis segundo método adaptado de Barlocher & Graça (2005) e a estimativa de matéria orgânica seca livre de cinzas e carbono orgânico por calcinação e gravimetria.

A partir dos resultados obtidos foram estimadas as relações C:N, C:P, N:P do detrito, para suportar os resultados de colonização e palatabilidade, sendo que as concentrações de carbono foram estimadas a partir da multiplicação dos valores obtidos de matéria orgânica por 0,465 (Westelake, 1963; Davies, 1970; Wetzel, 1975). Juntamente foram determinadas as concentrações na coluna de água de Nitrogênio orgânico total segundo o método de Mackereth et al. (1978) e a concentração de Fósforo total segundo o método de Valderrama (1991) e Baumgarten & Rocha (1996).

### **2.4 Procedimento com Invertebrados**

Os invertebrados retidos na peneira foram fixados em álcool 80%, triados em estereomicroscópio e identificados até o menor nível taxonômico possível com bibliografia especializada (Thorp & Covich 1991; Elmoor-Loureiro 1997; Buckup & Bond- Buckup

1999; Merritt et al. 2008; Mugnai et al. 2010), sendo classificados em grupos tróficos funcionais (GTF) de acordo com Cummins et al. (2005).

## 2.5 Análise de dados

Para cada período de amostragem foram calculadas as porcentagens dos pesos remanescentes das amostras e coeficiente de degradação foliar ( $k$ ), respectivamente com as equações  $\%R = (W_t/W_0) * 100$  e  $k = - (1/t) * \ln (W_t/W_0)$ , onde  $W_t$  o peso seco em dias e  $W_0$  é o peso inicial obtido após a retirada das réplicas que foram secas em estufa à 60°C. A velocidade de decomposição foi classificada segundo os critérios de Gonçalves et al. (2014).

Após a identificação dos macroinvertebrados associados ao detrito, foi calculado a riqueza de táxons, abundância, o Índice de diversidade de Shannon ( $H'$ ) e a densidade de organismos (indivíduos/g.PS<sup>-1</sup>) para cada planta em cada data amostral.

As diferenças de concentração de nutrientes ao longo dos dias de decomposição foram testadas por meio de análise de variância (ANOVA-one way) seguida do pós-teste de Tukey (HSD), considerando significativo  $p < 0.05$ .

A sucessão dos diferentes grupos animais e dos respectivos grupos tróficos ao longo do período de decomposição assim como os índices de diversidade obtidos foram comparados através de Teste T (Magurran, 2010).

## 3. Resultados

### 3.1 Caracterização da área de estudo

A partir das análises em laboratório, os valores de NT variaram de 0,63mg/L à 2,569mg/L e os valores de PT variaram de 0,002279 µg/L à 0,002552 µg/L. A seguir estão representados os valores obtidos através da amostragem com a sonda HORIBA:

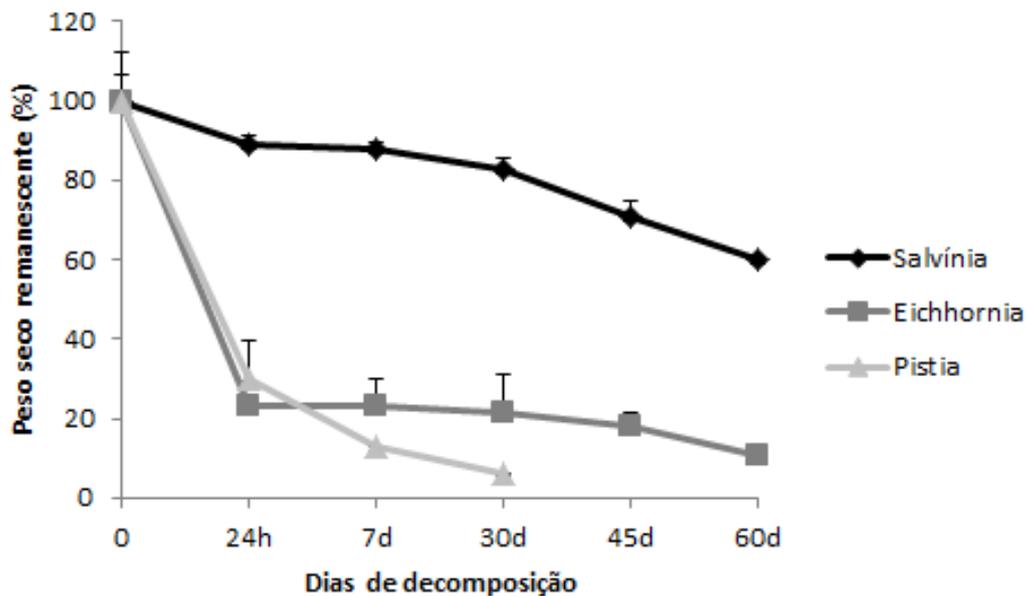
Dias	Temperatura °C	pH	Condutividade mS/cm	Turbidez NTU	Ox. Dissolvido mg/L	Sólidos totais dissolvidos g/L	Salinidade %	Profundidade m
1	<b>20,8±1,1</b>	6,5±0,2	0,09±0,0	42±23,9	7,34±1,1	0,05±0,01	0,00±0,0	0,01±0,0
7	17,3±0,0	6,4±0,2	<b>0,20±0,0</b>	138±93,7	6,18±3,8	<b>0,13±0,02</b>	<b>0,01±0,0</b>	0,00±0,0
30	16,7±0,8	<b>7,1±2,4</b>	0,18±0,0	210±173,5	6,64±5,4	0,11±0,03	0,00±0,0	0,06±0,0
45	20,5±0,2	5,03±0,1	0,12±0,0	<b>265±267,5</b>	4,94±1,6	0,07±0,01	0,00±0,0	0,2±0,15
60	20,1±0,3	4,52±0,5	0,16±0,0	142±138,4	<b>11,5±3,2</b>	0,10±0,01	0,01±0,0	<b>0,21±0,1</b>

**Tabela 1.** Variáveis ambientais (média ± desvio padrão) em cada data amostral, em negrito os valores maiores para cada variável medida.

### 3.2 Perda de massa foliar

Em 30 dias *P. stratiotes* apresentou um peso remanescente de 2,7% ( $k=0,915\text{ d}^{-1}$ ) já não tendo mais detrito após esse dia, apresentando diferença significativa no 30º dia ( $p < 0,05$ ). Ao final do experimento totalizando 60 dias após a incubação *S. herzogii* apresentou um peso remanescente de 58,9% ( $k=0,094\text{ d}^{-1}$ ), seguida de *E. crassipes* com 11,6% ( $k=0,348\text{ d}^{-1}$ ) e (Figura 2).

As macrófitas em estudo foram classificadas segundo Gonçalves et al (2014) levando em consideração sua velocidade de decomposição a partir do valor de  $k'$  obtido, deste modo todas foram classificadas como rápidas ( $k > 0,0173\text{ d}^{-1}$ ).



**Figura 2** – Peso seco remanescente (em porcentagem) de *Salvinia herzogii*, *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes* ao longo dos dias de decomposição em uma área úmida no sul do Brasil.

### 3.3 Concentração de nutrientes no detrito

As concentrações de matéria orgânica dos detritos mantiveram-se sempre superiores a 90% durante todo o período de estudo (Tabelas 2, 3 e 4). Todas as plantas apresentaram uma diminuição de nutrientes, principalmente de NT, nas primeiras 24 horas. Esta diminuição foi de 55% para *S. herzogii*, 0,9% para *E. crassipes* e 49% para *P. stratiotes*. A concentração de NT e PT no detrito de *S. herzogii* aumentou ao longo do

tempo de decomposição, já a concentração de polifenóis diminui ao longo dos dias de decomposição (Tabela 2).

Para *E. crassipes* a concentração de NT apresentou um aumento até 45º dia, a concentração de PT se manteve constante até o 60º dia e a concentração de polifenóis diminui ao longo dos dias de decomposição. (Tabela 3).

A macrófita *P. stratiotes* apresentou um aumento nos valores de NT e PT até o 30º dia, juntamente com o aumento das concentrações de polifenóis (Tabela 4).

**Tabela 2.** Concentração dos nutrientes (média  $\pm$  desvio padrão) da macrófitas *Salvinia herzogii* no período de outubro a dezembro de 2015, em uma área úmida no Sul do Brasil. 0= tempo zero (plantas não incubadas), médias $\pm$ desvios-padrões de nitrogênio total (NT mmol.g), fósforo total (PT mmol.g), matéria orgânica (%MO), carbono (%C) e concentrações de polifenóis (U.D.O./g PS), N:P, relação nitrogênio:fósforo, C:N, relação carbono:nitrogênio, C:P, relação carbono fósforo.

Tabela 2 – <i>Salvinia herzogii</i>								
Tempo (Dias)	NT (mmol.g)	PT (mmol.g)	%MO	%C	Polifenóis (U.D.O.PS- <sup>1</sup> )	N:P	C:P	C:N
0	0,84	0,01	-	-	60 $\pm$ 0,00	-	-	-
1	0,47 $\pm$ 0,01	0,01 $\pm$ 0,00	99,88 $\pm$ 0,03	43,02 $\pm$ 0,84	44,7 $\pm$ 24,22	28:1	921:1	32:1
7	0,38 $\pm$ 0,02	0,01 $\pm$ 0,00	99,87 $\pm$ 0,04	42,70 $\pm$ 1,34	18 $\pm$ 4,02	22:1	950:1	42:1
30	0,44 $\pm$ 0,03	0,01 $\pm$ 0,00	99,85 $\pm$ 0,04	41,75 $\pm$ 1,35	20,7 $\pm$ 1,65	23:1	813:1	35:1
45	0,40 $\pm$ 0,09	0,01 $\pm$ 0,00	99,85 $\pm$ 0,04	41,65 $\pm$ 1,01	6,3 $\pm$ 2,28	21:1	872:1	40:1
60	0,52 $\pm$ 0,05	0,01 $\pm$ 0,00	99,86 $\pm$ 0,03	42,29 $\pm$ 1,00	7,2 $\pm$ 2,02	28:1	827:1	29:1

**Tabela 3.** Concentração dos nutrientes (média  $\pm$  desvio padrão) da macrófita *Eichhornia crassipes* no período de outubro à dezembro de 2015 em uma área úmida no Sul do Brasil. 0= tempo zero (plantas não incubadas), médias $\pm$ desvios-padrões de nitrogênio total (NT  $\mu$ mol.g), fósforo total (PT mmol.g), matéria orgânica (%MO), carbono (%C) e concentrações de polifenóis (U.D.O./g PS), N:P, relação nitrogênio:fósforo, C:N, relação carbono:nitrogênio, C:P, relação carbono fósforo.

Tempo(Dias)	NT (mmol.g)	PT (mmol.g)	%MO	%C	Polifenóis (U.D.O.PS <sup>-1</sup> )	N:P	C:P	C:N
0	0,19	0,01	-	-	14,88±0,00	-	-	-
1	0,18±0,05	0,02±0,00	99,87±0,00	46,94±0,00	26,86±5,05	8:1	816:1	94:1
7	0,36±0,12	0,02±0,00	99,84±0,03	46,62±0,01	19,97±2,58	16:1	730:1	46:1
30	0,35±0,13	0,02±0,00	99,87±0,02	46,94±0,01	8,58±1,15	17:1	885:1	51:1
45	0,49±0,06	0,01±0,00	99,85±0,01	46,92±0,00	6,11±3,66	27:1	881:1	32:1
60	0,24±0,14	0,02±0,00	99,73±0,16	46,87±0,07	6,08±3,96	12:1	876:1	72:1

**Tabela 4.** Concentração dos nutrientes (média ± desvio padrão) da macrófita *Pistia stratiotes*, no período de outubro a dezembro de 2015, em uma área úmida no Sul do Brasil. 0= tempo zero (plantas não incubadas), médias±desvios-padrões de nitrogênio total (NT  $\mu$ mol.g), fósforo total (PT mmol.g), matéria orgânica (%MO), carbono (%C) e concentrações de polifenóis (U.D.O./g PS), N:P, relação nitrogênio:fósforo, C:N, relação carbono:nitrogênio, C:P, relação carbono fósforo.

Tempo(Dias)	NT (mmol.g)	PT (mmol.g)	%MO	%C	Polifenóis (U.D.O.PS <sup>-1</sup> )	N:P	C:P	C:N
0	1,19	0,1	-	-	14,33±0,00	-	-	-
1	0,59±0,16	0,01±0,00	99,80±0,01	46,90±0,00	15,91±3,61	31:1	893:1	28:1
7	0,54±0,14	0,01±0,00	99,82±0,02	46,91±0,01	20,63±21,92	29:1	964:1	33:1
30	1,01±0,00	0,02±0,00	99,64±0,00	46,83±0,00	0	50:1	773:1	15:1

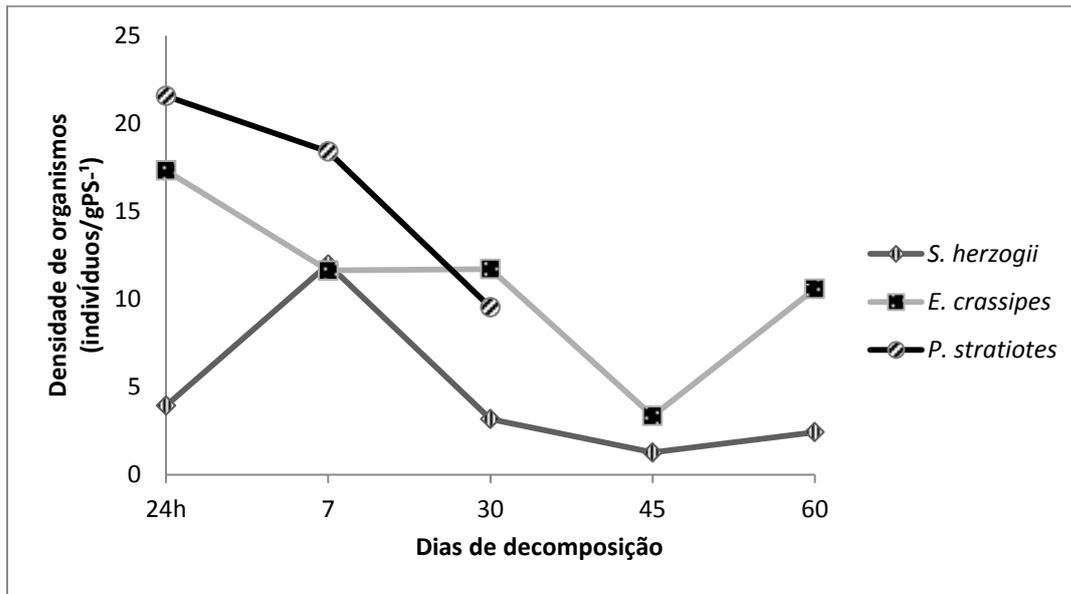
### 3.4 Invertebrados colonizadores

Ao todo foram contabilizados 1296 indivíduos distribuídos em 24 táxons, sendo 682 indivíduos identificados em *S. herzogii* representando 52,62%, seguido de *E. crassipes* com 378 indivíduos representando 29,16% e com menor abundância *P. stratiotes* com 258 indivíduos representando 19,90% da amostra total. O táxon mais abundante para todas as macrófitas foi Planorbidae representando 61,72% da amostra total de indivíduos.

O índice de diversidade de Shannon apresentou os valores ( $H' = 1,79$ ) para *E. crassipes*, seguido de ( $H' = 1,52$ ) para *P. stratiotes* e ( $H' = 1,03$ ) para *S. herzogii*. A comparação destes índices, através de teste t de Student, mostrou que as macrófitas *S. herzogii* e *E. crassipes*, ( $t = 9,2680$   $gl > 120$ ), *E. crassipes* e *P. stratiotes* ( $t = 2,4560$ ,  $gl > 120$ )

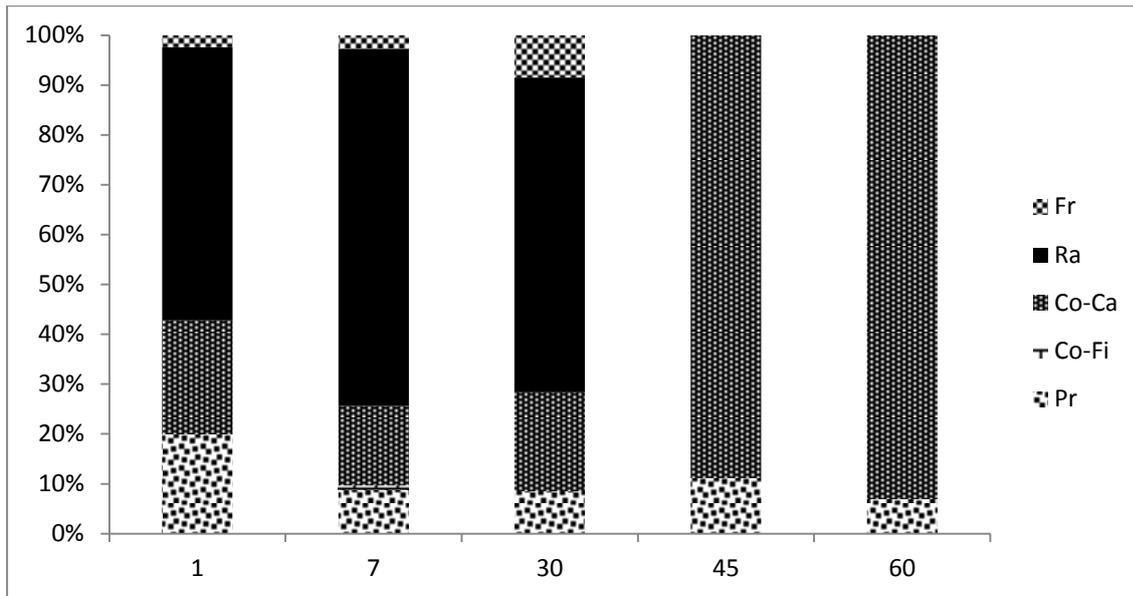
e *S. herzogii* e *P. stratiotes* ( $t=4,74$   $gl>120$ ) apresentaram diferença significativa com  $p<0,05$ .

A densidade de organismos para a macrófita *S. herzogii* se mostrou maior no 7º dia, sendo que *E. crassipes* e *P. stratiotes* apresentaram a densidade maior de organismos nas primeiras 24 horas. As densidades de organismos para todas as macrófitas foram decaindo ao longo dos dias de decomposição, notando-se um aumento próximo ao 60º dia (Figura 3)

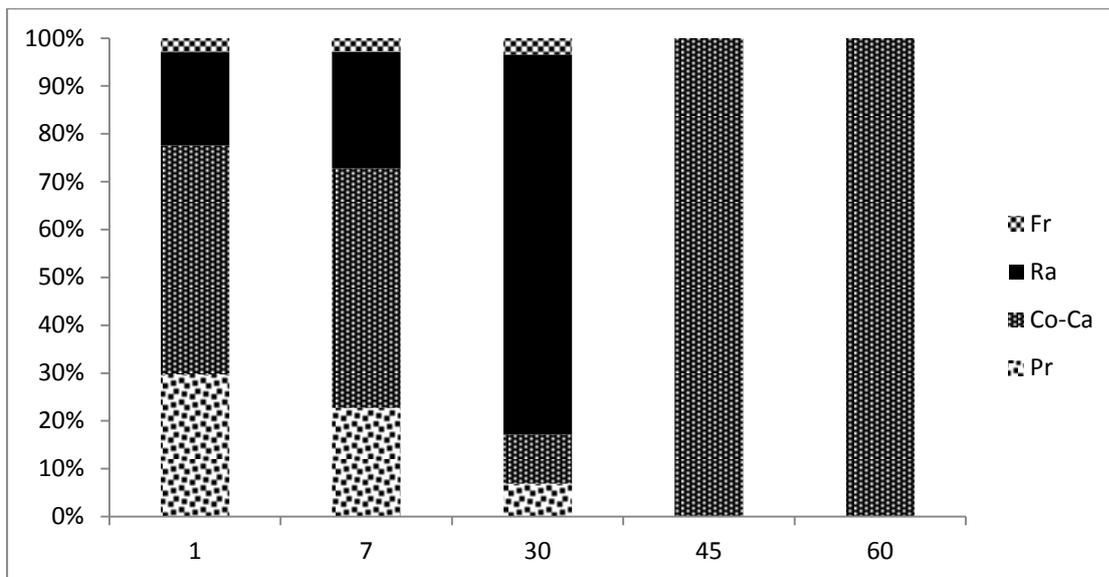


**Figura 3** – Densidade de invertebrados associados as macrófitas *S. herzogii* , *E. crassipes* e *P. stratiotes* L. no período de 60 dias entre os meses de outubro a dezembro de 2015 em uma área úmida no sul do Brasil.

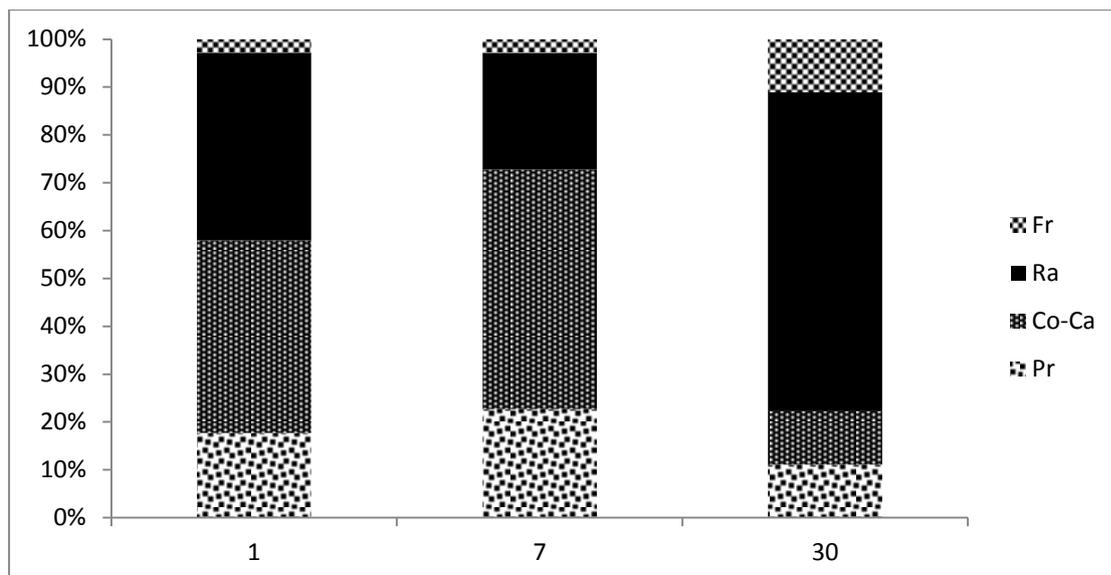
O grupo trófico funcional em maior abundância para *S. herzogii* até o 30º dia foi de raspadores, seguido de coletores-catadores até o 60º dia (Figura 4). A macrófita *E. crassipes* até o 7º dia apresentou em sua maioria coletores-catadores (Figura 5). Já no detrito da *P. stratiotes* até o 7º dia a colonização se deu em sua maioria por coletores-catadores e no 30º dia por raspadores (Figura 6).



**Figura 4** – Porcentagem dos grupos tróficos funcionais dos invertebrados colonizadores do detrito da macrófita *S. herzogii*. Pr: predador, Co-Fi: coletor - filtrador, Co-Ca: coletor-catador, Ra: raspador, Fr: fragmentador.



**Figura 5** – Porcentagem dos grupos tróficos funcionais dos invertebrados colonizadores do detrito da macrófita *E. crassipes*. Pr: predador, Co-Fi: coletor - filtrador, Co-Ca: coletor-catador, Ra: raspador, Fr: fragmentador.



**Figura 6** – Porcentagem dos grupos tróficos funcionais dos invertebrados colonizadores do detrito da macrófita *P. stratiotes*. Pr: predador, Co-Fi: coletor - filtrador, Co-Ca: coletor-catador, Ra: raspador, Fr: fragmentador.

#### 4. Discussão

Cada espécie vegetal pode apresentar diferentes taxas de decomposição, que são influenciadas por fatores intrínsecos (qualidade do detrito) e fatores extrínsecos (variáveis ambientais). Em 60 dias a macrófita *S. herzogii* perdeu 42,1% da sua massa inicial, já em um trabalho realizado em um lago raso subtropical (Castillo, 2009) *S. herzogii* teve um perda de 95% da sua biomassa inicial em 110 dias. A perda de biomassa em 60 dias da macrófita *E. crassipes* foi de 89,4% e em 30 dias da macrófita *P. stratiotes* de 97,9% , mas no estudo realizado em um reservatório em São Paulo em 28 dias a espécie *E. crassipes* perdeu 55% e a macrófita *P. stratiotes* perdeu 80% da sua massa inicial. (Negrisoli, 2006).

As taxas de degradação, ou a velocidade de decomposição, variam de acordo com fatores abióticos e bióticos, podendo ou não acelerar este processo, como por exemplo, a composição química da água e do detrito e ação de invertebrados ou microrganismos (Gonçalves, 2014). O coeficiente de degradação foliar, ou seja, as taxas de decomposição, obtidos no presente trabalho foram consideradas como rápidas para todas as macrófitas segundo a classificação de Gonçalves (2014), própria para ambientes tropicais e subtropicais. Já segundo a classificação de Petersen & Cummins (1974), própria para

ambientes temperados, em um experimento simulado em laboratório por Nunes (2010) a macrófita *P.stratiotes* e *S. herzogii* foram classificadas como lentas, sendo que *E. crassipes* segundo o experimento de Battle & Mihuc (2000) foi também classificada como lenta.

Durante as primeiras 24 horas a perda de compostos solúveis, principalmente de nitrogênio dos detritos das três macrófitas neste estudo foi bem elevada, sendo atribuído ao processo de lixiviação que libera a matéria orgânica dissolvida (MOD) nos ecossistemas aquáticos (Webster & Benfield, 1986; Moretti et al. 2007). A redução dos nutrientes principalmente NT nas primeiras 24 horas, chegou a 50% em algumas das macrófitas do estudo. Segundo alguns autores (Petersen & Cummins 1974, Webster & Benfield 1986, Bärlocher 2005), a lixiviação ocorre logo após a senescência das folhas locais, podendo atingir ou até mesmo ultrapassar uma perda de 30% da massa inicial das folhas e da sua concentração inicial de nutrientes.

Durante a lixiviação um dos compostos que facilmente é lixiviado do detrito em decomposição, são os polifenóis, tidos como um dos principais inibidores químicos à herbivoria (Gonçalves 2014). Os polifenóis inibem a ação das enzimas digestivas e o consumo de folhas, devido a sua toxicidade, pois causa impalatabilidade, impossibilitando os invertebrados a se alimentarem do detrito (Graça 2001; Monteiro et al. 2005). A concentração de polifenol para as macrófitas *S.herzogii* e *E.crassipes* apresentou um decaimento ao longo dos dias de decomposição, isto possibilitou possivelmente um fator favorável para a maior colonização de invertebrados. Já para a macrófita *P.stratiotes* a concentração de polifenóis aumentou durante os dias de decomposição, deste modo, a colonização pode ter se dado principalmente por microrganismos decompositores (bactérias e fungos) responsáveis pelas primeiras *lises* do detrito vegetal (Graça, 2001; Gonçalves *et al.* 2006).

Aliado as concentrações de nutrientes e polifenol está a colonização de invertebrados. O teor de nutrientes é um fator que influencia no processo de decomposição, ou seja, sua qualidade nutricional, deste modo por exemplo, folhas ricas em nutrientes, como nitrogênio e fósforo e com baixo teor de compostos secundários como o polifenol, tendem a ser mais rapidamente decompostas nos sistemas aquáticos (Moretti et al., 2007). Pois os organismos tendem a consumir e crescer preferencialmente em detritos ricos em nitrogênio (Friberg & Jacobsen, 1999; Graça, 2001).

Outro fator que pode influenciar na taxa de decomposição é o condicionamento microbiano que é influenciado pela variação na concentração de nutrientes, refletindo nas

relações C:N, N:P e C:P, podendo ou não aumentar o valor nutricional dos detritos (Graça et al., 2010). O condicionamento microbiano é importante para o processo de aumento da palatabilidade do detrito, o que facilita a colonização do mesmo por parte dos invertebrados detritívoros (Benfield, 2007). No presente estudo, foi observada uma relação elevada de N:P indicam um alto valor nutricional de detrito para *P. stratiotes* e as maiores relações de C:N para *E. crassipes* indicando também alto valor nutricional.

A predominância de raspadores pode estar relacionada com o teor de NT e PT no detrito no período inicial, favorecendo o estabelecimento do perifíton associado à MOPF (Telöken, 2010). Já a dominância de coletores - catadores pode indicar a associação da acumulação de MOPF originado do próprio detrito, ou de partículas orgânicas em suspensão na coluna, utilizando o detrito principalmente como substrato ou abrigo (Serra et al. 2013). A baixa densidade de fragmentadores para todas as macrófitas segue o padrão para os ambientes subtropicais, onde a decomposição é influenciada principalmente por microrganismos, tendo maior importância na decomposição nesses ambientes (Gonçalves et al. 2006, 2007; Telöken et al. 2011; Carvalho et al. 2015).

O incremento no nitrogênio implica em uma melhor qualidade nutricional, conseqüentemente uma maior colonização por invertebrados, mas ocorreu ao contrário na macrófita *P.stratiotes*, pois com o aumento do nutriente a densidade de organismos diminuiu. Um fator que pode ser levantado, é que como o teor de polifenol não diminuiu ao longo do processo, não seria então um impasse para uma velocidade de decomposição mais rápida, logo então, a decomposição poderia estar sendo influenciada por outros fatores, como por exemplo colonização de microrganismos.

Em conclusão, os dados aqui apresentados demonstram que a concentração química e a presença de invertebrados nas macrófitas estudadas, contribuíram de forma significativa para a velocidade de decomposição. Todas as macrófitas apresentaram uma velocidade de decomposição rápida, mas divergiram em seus resultados, principalmente nos valores de nutrientes, polifenóis e abundância de invertebrados. Em resumo, as macrófitas que apresentaram altos valores de nutrientes e baixos valores de polifenol, mostraram uma maior abundância de invertebrados, já a macrófita que apresentou um alto teor de polifenol, mostrou-se com uma abundância menor de invertebrados em comparação com as outras macrófitas do estudo. A participação de fragmentadores no processamento do detrito foi pequena, em relação à quantidade de invertebrados catadores – coletores que foram registrados, que utilizam o detrito como abrigo ou refúgio.

## **5.Agradecimentos**

Agradeço a Universidade Federal do Rio Grande, a FAPERGS pela oportunidade de realizar este estudo.

## 6. Referências

- ABELHO, M. From litterfall to breakdown in streams: a review. *The Scientific World*, 2001, (1), 656-680.
- BÄRLOCHER, F., GRAÇA, M.A.S. Total phenolics. In: Graça M.A.S, F Bärlocher and Gessner, M.O (eds.), *Methods to Study Litter Decomposition: A Practical Guide*. Springer, 2005, pp.97-100.
- BATTLE, J.M. and MIHUC, T.B. Decomposition dynamics of aquatic macrophytes in the lower Atchafalaya, a large floodplain river. *Hydrobiologia*, 2000, 418: 123.
- BAUMGARTEN, M.G.Z. and ROCHA, J.M.B. *Manual de Análises em Oceanografia Química*. Editora da FURG, 1996, 132.
- BENFIELD, E.F. *Decomposition of leaf material*. In: F.R. Hauer, F.R.; Lamberti, G.A. (Ed.). *Methods in stream ecology*, 2007, pp. 711-720, 2 ed.
- CARVALHO, A.B.P., OZÓRIO C.P. Avaliação sobre os banhados do Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista de Ciências Ambientais*, 2007, (1), 83 – 95.
- CARVALHO, C., HEPP, L.U. and PALMA-SILVA, C. Decomposition of macrophytes in a shallow subtropical lake. *Limnologica*, 2015, (53), 1–9.
- CUMMINS, K.W., MERRITT, R.W. and ANDRADE, P.C.N. The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in selected streams and rivers in south Brazil. *Stud. Neotropical Fauna and Environment*, 2005 (40), 69–89.
- CUNHA-SANTINO, M.B., SCIESSERE, L., and BIANCHINI, J.R.I. As atividades das enzimas na decomposição da matéria orgânica particulada em ambientes aquáticos continentais. *Oecologia Brasiliense*, 2008, (12), 30 - 41.
- FASSBENDER, H.W. Simultane P-Bestimmung in N-Kjeldahl-aufschlu von Bodenproben. *Die Phosphorsäure*, 1973, (30), 44-53.
- FRIBERG, N. and JACOBSEN, D. Variation in growth of the detritivore-shredder *Sericostoma personatum* (Trichoptera). *Freshwater Biology*, 1999, (42) 625-635.
- GONÇALVES, J.F., FRANÇA, J.S., MEDEIROS, A.O., ROSA, C.A. and CALLISTO, M. Leaf Breakdown in a Tropical Stream. *International Review of Hydrobiology*, 2006 (91), 164-177.
- GONÇALVES, J.F., GRAÇA, M. and CALLISTO, M. Litter decomposition in a Cerrado savannah stream is retarded by leaf toughness, low dissolved nutrients and a low density of shredders. *Freshwater Biology*, 2007, (52) , 1440-1451.
- GONÇALVES, J.F., MARTINS, R.T., OTTONI, B.M.T., and COUCEIRO, S.E.M. Uma

visão sobre a decomposição foliar em sistemas aquáticos Brasileiros. In: *Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia*. Editora do INPA, 2014, pp.79-116. 6ed.

GRAÇA, M.A.S. The role of invertebrates on leaf litter decomposition in streams – a review. *Inter Revue Hydro*, 2001, (86), 383-393.

JUNK, W.J., Piedade, M.T.F., Lourival, R., Wittmann, F., Kandus, P., Lacerda, L.D., Bozelli, R.L., Esteves, F.A., Nunes da Cunha, C., Maltchik, L., Schöngart, J., Schaeffer-Novelli, Y., Agostinho, A.A. and Nóbrega, R.L.B. Definição e Classificação das Áreas Úmidas (AUs) Brasileiras: Base Científica para uma Nova Política de Proteção e Manejo Sustentável. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Áreas Úmidas. 2014.

MACKERETH, F.J. and TALLING, J.F. Water Analysis: Some Revised Methods for Limnologist. *Freshwater Biological Association*, 1978, 120.

MAGURRAN A.E. Medindo a diversidade biológica. Editora UFPR, 2011.

MANSFIELD, S.D. Extracellular fungal hydrolytic enzyme activity. In: M.A.S. Graça, F. Bärlocher & M.O. Gessner (eds.). *Methods to study litter decomposition: a practical guide*. Springer, pp. 239-248

MERRITT, R.W., CUMMINS, K.W. Introduction to aquatic insects of North America. *Kendall/Hunt Publishing Company*, 1996, 758.

MONTEIRO, J.M., ALLBUQUERQUE, U.P. and ARAÚJO, E.L. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. *Química Nova*, 2005 (28), 892-896.

MORETTI, M., GONÇALVES, J.F. and CALLISTO, M. Leaf breakdown in two tropical streams: Differences between single and mixed species packs. *Limnologica*, 2007, (37), 250-258.

NEGRISOLI, E., CORRÊA, M.R., VELINI, E.D., BRAVIN, L.F., MARCHI, S.R., CAVENAGHI, A.L. AND ROSSI, C.V.S. Estudo da degradação da biomassa de três espécies de plantas aquáticas no reservatório da UHE de Americana-SP. *Planta daninha*, 2006 (24)2, 221-227.

PETERSEN, R.C.JR. and CUMMINS, K.W. Leaf processing in a woodland stream. *Freshwater Biology*, 1974, (4), 343-368.

POLLOCK, M.M., NAIMAN, R.J. and HANLEY, T.A. Plant species richness in riparian Wetlands - A test of biodiversity theory. *Ecology*, 1998, 79(1), 94-105.

SERRA, M.N., ALBARIÑO, R. and VILLANUEVA, V.D. Invasive *Salix fragilis* alters benthic invertebrate communities and litter decomposition in northern Patagonian streams.

*Hydrobiologia*, 2013, (701), 173-188.

TELÖKEN, F., ALBERTONI, E.F and PALMA-SILVA, C. Leaf degradation of *Salix humboldtiana* Willd. (Salicaceae) and invertebrate colonization in a subtropical lake (Brazil) *Acta Limnologica Brasiliensis*, 2015, 23(1), 30-41.

THOMAZ, S.M. and ESTEVES, F.A. Comunidade de macrófitas aquáticas. In: ESTEVES, F.A., ed. *Fundamentos de limnologia*. Interciência, 2011, pp. 461-518. 3 ed.

VALDERRAMA, J.C. The simultaneous analysis of total nitrogen and phosphorus in natural waters. *Marc Chemical*, 1991, (10), 109-122.

VIEIRA, E.F. and RANGEL, R.S.R. Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Geografia Física, Vegetação e Dinâmica Sócio-Demográfica. *Sagra*, 1998, 256.

WEBSTER, J.R and BENFIELD, E.F. Vascular plant breakdown in freshwater ecosystems. *Annual review of Ecology Evolution and Systematics*, 1986, 17, 567-594.

## **Considerações finais**

Na área úmida estudada, se notou no processo de decomposição um padrão marcante da lixiviação. Nas primeiras 24 horas houve uma redução na concentração de nutrientes como nitrogênio, chegando a 50% de redução da concentração inicial de algumas macrófitas.

A concentração de nutrientes que diminuiu nas primeiras 24 horas devido a lixiviação retorna a aumentar com o passar dos dias de decomposição, este aumento pode ser acarretado pela colonização de microrganismos. Estudos que comprovem esta colonização precisam ser realizados, a fim de obter a estrutura da comunidade microbiana colonizadora, já que em ambientes subtropicais a maioria do processo de decomposição é desencadeada por microrganismos, ao contrário que acontece em ambientes temperados que a decomposição é regida por invertebrados fragmentadores.

As concentrações de polifenóis, como esperado conforme alguns estudos diminuíram ao longo do tempo em algumas macrófitas, possibilitando a colonização por invertebrados, já em outra macrófitas a concentração de polifenol não diminuiu ao longo do tempo, possibilitando talvez a colonização por microrganismos.

Como já citado, há muitos fatores que influenciam na velocidade de decomposição, neste estudo foram medidos alguns deles, a fim de se obter explicações para tais resultados que foram sendo obtidos ao final do processo. Mas há a necessidade de estudos futuros como por exemplos quantificar a concentração de lignina e a concentração de ergosterol por exemplo.

Estudos em áreas úmidas são de suma importância para a preservação destes ambientes, ainda mais que o modelo de estudo foram as macrófitas outra comunidade que merece uma atenção especial pois participa de muitos processos dentro do ecossistema aquático.

## Referências Bibliográficas

- ABELHO, M, 2001. From litterfall to breakdown in streams: a review. *The Scientific World*, no.1, p. 656-680.
- BENFIELD, EF, 1997. Comparison of litterfall input to streams. In: Webster JR & Meyer JL (eds.). Stream Organic Matter Budgets. p. 104-108 *Journal of North American Benthological Society*, no.16, p. 3-161
- CARVALHO, ABP., OZÓRIO CP, 2007. Avaliação sobre os banhados do Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista de Ciências Ambientais*, vol 1, p. 83 – 95.
- CUNHA-SANTINO, MB., SCIESSERE, L., & BIANCHINI, JRI, 2008. As atividades das enzimas na decomposição da matéria orgânica particulada em ambientes aquáticos continentais. *Oecologia Brasiliense*, no. 12, p. 30 - 41.
- DARONCH, MC., CABRAL, ILL., PRADO, RJ., 2006. O impacto da rizicultura e pecuária sobre os banhados do jacaré e grande - município de São Borja/rs. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia, p.1-12.
- ESTEVES, FA., 2011. Fundamentos de limnologia. Interciência, 2011, p. 461-518.
- ESTEVES, FA., GONÇALVES, JF., 2011. Etapas do Metabolismo Aquático. In: Esteves FA (Ed.). Fundamentos de Limnologia. Interciência, ed. 3, p.119-124.
- FARJALLA, VF., MARINHO, CC., ESTEVES, FA., 1999. Uptake of oxygen in the initial stages of decomposition of aquatic macrophytes and detritus from terrestrial vegetation in a tropical coastal lagoon. *Acta Limnologica Brasiliensia*, no.11, p.185-193.
- GESSNER, MO., CHAUVET, E., DOBSON, M., 1999. A Perspective on leaf litter breakdown in stream. *Oikos*, no. 85, p. 377-384.
- GIMENES, KZ., CUNHA-SANTINO, MB., BIANCHINI JRI., 2010. Decomposição de matéria orgânica alóctone e autóctone em ecossistemas aquáticos. *Oecologia Australis*, no. 14, p.1036-1073.
- GONÇALVES, JF., FRANÇA, JS., MEDEIROS, AO., ROSA, CA. and CALLISTO, M., 2006. Leaf Breakdown in a Tropical Stream. *International Review of Hydrobiology*, no.91, p. 164-177.
- GRAÇA, MAS., 2001. The role of invertebrates on leaf litter decomposition in streams – a review. *International Revue Hydrobiologie*, no. 86, p. 383-393.
- GRAÇA, MAS., CANHOTO, C., 2006. Leaf litter processing in low order streams.

*Limnetica*, no. 25, p.1-10.

MERRITT, RW., CUMMINS, KW., 1996. Introduction to aquatic insects of North America. *Kendall/ Hunt Publishing Company*, p.758.

MITSCH, WJ. & GOSSELINK, JG., 2000. *Wetlands.*, no. 3, p. 920

PALMA-SILVA, C., ALBERTONI EF., TRINDADE, CR., PEREIRA, S.A., FURLANETTO, LM & SILVA, CLL., 2012. Caracterização dos ecossistemas aquáticos associados à planície costeira sul do Rio Grande do Sul. In: MARTINS, SE., ALBERTONI, EF., GONÇALVES, CMN., COLARES, IG (Eds). *Ambientes aquáticos do Rio Grande do Sul: propostas alternativas para o ensino na educação básica*, vol 1, p. 22-54.

PETERSEN, RCJR., CUMMINS, KW., WARD, GM., 1989. Microbial and animal processing of detritus in a woodland stream. *Ecological Monographs*, no. 59, p. 21-39.

POLLOCK, MM., NAIMAN, RJ & HANLEY, TA., 1998. Plant species richness in riparian Wetlands - A test of biodiversity theory. *Ecology*, vol 79, n 1, p. 94-105.

TRINDADE, CRT., PEREIRA, SA., ALBERTONI, EF & PALMA-SILVA, C, 2010. Caracterização e importância das macrófitas aquáticas com ênfase nos ambientes límnicos do Campus Carreiros - FURG, Rio Grande, RS. *Cadernos de Ecologia Aquática*, vol 5, p. 1-22.

VIEIRA, EF & SS RANGEL. 1988. *Planície costeira do Rio Grande do Sul: Geografia física, vegetação e dinâmica sóciodemográfica*. Porto Alegre, Sagra. Pp. 256.

VILLWOCK, JA & LJ TOMAZELLI. 1995. *Geologia Costeira do Rio Grande do Sul*. Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. *Notas técnicas*, 8:1-45.

WALLACE, JB & WEBSTER. JR, 1996. The role of macroinvertebrates in stream ecosystem function. *Annual Review of Entomology.*, no.41, p.115-139.

WEBSTER, JR & BENFIELD, EF., 1986. Vascular plant breakdown in freshwater ecosystems. *Annual review of Ecology Evolution and Systematics*, no.17, p. 567-594.