

**UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS
MISSÕES
URI – CAMPUS DE ERECHIM
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA**

CLAUDIELE CARUS

**A DINÂMICA DA PAISAGEM ALTERA A COMUNIDADE DE CHIRONOMIDAE EM
RIACHOS DO SUL DO BRASIL?**

ERECHIM, JULHO 2015.

CLAUDIELE CARUS

**A DINÂMICA DA PAISAGEM ALTERA A COMUNIDADE DE CHIRONOMIDAE EM
RIACHOS DO SUL DO BRASIL?**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Erechim como requisito para obtenção do Título de Mestre em Ecologia (Área de Concentração: Gestão e Conservação da Biodiversidade).

Linha de Pesquisa: Ecologia e Conservação da Biodiversidade
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Rozane Maria Restello
Coorientador: Prof. Dr. Vanderlei Secreti Decian

ERECHIM, JULHO 2015.

CLAUDIELE CARUS

A DINÂMICA DA PAISAGEM ALTERA A COMUNIDADE DE CHIRONOMIDAE EM
RIACHOS DO SUL DO BRASIL?

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões como requisito para
obtenção do Título de Mestre em Ecologia (Área de Concentração: Gestão e
Conservação da Biodiversidade).

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Rozane Maria Restello (orientadora)
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus de
Erechim

Prof. Dr. Vanderlei Secreti Decian
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus de
Erechim

Prof. Dr. Daniel Galiano
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Luiz Ubiratan Hepp
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus de
Erechim

Erechim, julho 2015.

C299d Carus, Claudiele
A dinâmica da paisagem altera a comunidade de chironomidae em riachos
do Sul do Brasil? / Claudiele Carus. - 2015.
77 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai
e das Missões, Erechim, 2015.

“Orientação: Dr. Rozane Maria Restello, Vanderlei Secreti Decian.”

1. Insetos aquáticos 2. Morfometria de riachos 3. Ocupação da terra I. Título

C.D.U.: 504.06

Catálogo na fonte: bibliotecária Sandra Milbrath CRB 10/1278

Dedico este trabalho a todos aqueles que buscam na Ciência a construção de um futuro melhor para o mundo em que vivemos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente à Deus por sempre ouvir minhas orações, meus pedidos e me permitir ingressar nessa jornada. Por ter me ajudado e me dado força para continuar quando parecia que eu não mais conseguiria.

Aos meus orientadores, Prof^a. Dr^a. Rozane Maria Restello e Prof. Dr. Vanderlei Secreti Decian, pela paciência, conselhos e por muitas vezes me darem o empurrãozinho necessário para seguir em frente.

Ao Prof. Dr. Luiz Ubiratan Hepp, pela imensa ajuda e contribuições para o trabalho, com a estatística e sugestões, pela motivação e entusiasmo que transmite enquanto professor.

Aos professores, sendo que muitos me acompanharam desde a graduação, obrigada por tudo.

Obrigada às meninas do Laboratório de Biomonitoramento da URI, Wanessa Deliberalli e Jéssica Osório, pela ajuda com a identificação dos Chironomidae. Aos demais colegas e amigos do laboratório, obrigada pelo companheirismo e pelas muitas tardes compartilhadas na bancada!

À Franciele Rosset de Quadros e ao Ivan Rovani pela ajuda com o material da paisagem, das áreas de drenagem e área de estudo. Ao Ivan, novamente, obrigada pelos inúmeros artigos e paciência, por ter sido um colega e amigo sempre presente.

À minha irmã Sandra, que mesmo de longe, me motivou, entendeu minha ausência, e compartilhou comigo vários momentos que só quem já passou por um período longo de estudos pode conhecer.

Obrigada à minha Mãe, por compreender a falta de visitas mais frequentes, e de ligações mais longas, por entender a importância que esse trabalho teve para mim.

À CAPES por ter concedido a bolsa que permitiu meu ingresso no mestrado e a realização desse trabalho.

“Tudo posso Naquele que me fortalece”
(Filipenses 4:13)

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	x
RESUMO	xi
ABSTRACT	xiii
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS	6
CAPÍTULO 1 - PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS E DINÂMICA DA PAISAGEM EM ÁREAS DE DRENAGEM DO SUL DO BRASIL	11
RESUMO	12
INTRODUÇÃO	13
MATERIAL E MÉTODOS	15
ÁREA DE ESTUDO	15
ANÁLISE DOS USOS E OCUPAÇÃO DA TERRA	16
ANÁLISE MORFOMÉTRICA	17
ANÁLISE DE DADOS	19
RESULTADOS	19
USOS E OCUPAÇÃO DA TERRA	19
MORFOMETRIA	21
DISCUSSÃO	23
CONCLUSÕES	25
REFERÊNCIAS	27
CAPÍTULO 2 - COMUNIDADE DE CHIRONOMIDAE (INSECTA, DIPTERA) E DINÂMICA DA PAISAGEM	32
RESUMO	33
INTRODUÇÃO	34
MATERIAL E MÉTODOS	38
ÁREA DE ESTUDO	38
AMOSTRAGEM E IDENTIFICAÇÃO DOS CHIRONOMIDAE	39
VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS	40

ANÁLISE DOS USOS E OCUPAÇÃO DA TERRA	40
ANÁLISE MORFOMÉTRICA.....	41
ANÁLISE DE DADOS.....	41
RESULTADOS	43
VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS	43
COMUNIDADE DE CHIRONOMIDAE: COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA.....	43
EFEITOS DOS PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS, LIMNOLÓGICOS E DA PAISAGEM SOBRE A COMPOSIÇÃO DA COMUNIDADE DE CHIRONOMIDAE...	47
DISCUSSÃO	48
CONCLUSÕES	51
REFERÊNCIAS	53
CONSIDERAÇÕES FINAIS	61

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1	11
Figura 1 – Localização Geográfica das áreas de drenagem em uma região no Sul do Brasil	15
Figura 2 – Regressões lineares entre os parâmetros morfométricos (gradiente do rio principal, declividade média e coeficiente de rugosidade) sobre os usos e ocupação da terra. As linhas de tendência obtiveram resultado significativo.	22
CAPÍTULO 2	32
Figura 1 – Localização Geográfica das áreas de drenagem em uma região no Sul do Brasil	38
Figura 2 – Ordenação (PCoA), baseada na composição da comunidade de Chironomidae em riachos do Sul do Brasil durante os anos de 2004 e 2012.	47
Figura 3 – Diagrama biplot de ordenação (RDA) com variáveis limnológicas, usos e ocupação da terra e morfometria sobre a composição da comunidade de Chironomidae riachos do Sul do Brasil, entre os anos de 2004 e 2012.	48

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1	11
Tabela 1 – Percentual dos diferentes usos e ocupação da terra para cada área de drenagem dos riachos em estudo no Sul do Brasil, para os anos de 2003 e 2012...	20
Tabela 2 – Parâmetros morfométricos das áreas de drenagem dos riachos em estudo em uma região no Sul do Brasil. Ic: Índice de circularidade; G: Gradiente do rio ou canal principal; Dm: Declividade média; RN: Coeficiente de rugosidade e Dd: Densidade de drenagem.	23
CAPÍTULO 2	32
Tabela 1 – Média e desvio padrão das variáveis limnológicas mensuradas nas áreas de drenagem de riachos do Sul do Brasil, nos anos de 2004 e 2012.	43
Tabela 2 – Subfamílias e gêneros de Chironomidae (média e desvio padrão) identificados em riachos do Sul do Brasil durante os anos de 2004 e 2012.....	44

A DINÂMICA DA PAISAGEM ALTERA A COMUNIDADE DE CHIRONOMIDAE EM RIACHOS DO SUL DO BRASIL?

AUTOR: CLAUDIELE CARUS
ORIENTADOR: ROZANE MARIA RESTELLO
COORIENTADOR: VANDERLEI SECRETI DECIAN

A família Chironomidae possui capacidade para tolerar ambientes aquáticos com as mais diversas condições. As variáveis ambientais e os diferentes usos e ocupação da terra influenciam sua distribuição temporal. O objetivo deste estudo foi analisar a dinâmica da paisagem e sua relação com a morfometria das áreas de drenagem além de verificar a influência de tais variáveis e de variáveis limnológicas, sobre a estrutura e composição da comunidade de Chironomidae em um período de nove anos. O material biológico é proveniente de coletas realizadas em 2004 e 2012, em 28 riachos do sul do Brasil, no verão e inverno, com auxílio de um amostrador Suber (malha de 250 μm e área de 0,09 m^2). Os organismos foram identificados até o nível taxonômico de gênero. Variáveis limnológicas mensuradas na época foram obtidas no banco de dados do laboratório de Biomonitoramento da URI. A análise da paisagem foi realizada com base em imagens de satélite e a quantificação dos atributos na escala de área de drenagem (AD). Para a análise da morfometria foram avaliados os dados físicos da AD relacionados a topografia e geomorfologia. Com um teste t , observou-se que houve variação apenas para o percentual de pastagem ($t=1,94$; $p=0,05$), os demais usos e ocupação da terra não variaram significativamente entre os anos de estudo. Com o teste de Mantel, verificou-se que paisagem depende da morfometria ($r=0,22$; $p=0,001$). Com o teste t , verificou-se que há efeito positivo do gradiente do rio ou canal principal sobre o percentual de solo exposto ($t=0,05$). A declividade média apresentou efeito negativo sobre a agricultura ($p=0,02$), positivo sobre a pastagem ($p=0,02$), e sobre a vegetação ($p=9,96^{-6}$). O coeficiente de rugosidade apresentou efeito positivo sobre a vegetação ($p=0,002$). A declividade média é um dos parâmetros que delimita as potencialidades de uso e ocupação da terra. As variáveis limnológicas temperatura, condutividade elétrica e pH apresentaram diferença significativa entre os anos. Foram identificadas 12.577 larvas, distribuídas em 85 gêneros. O ano 2012 apresentou maior densidade de organismos e 2004 maior riqueza. *Chironomus* foi o mais abundante em 2004. Em 2012 a maior abundância ocorreu para *Corynoneura* e *Rheotanytarsus*. A estrutura da comunidade foi diferente significativamente entre os anos 2004 e 2012. Pela análise Multivariada de Variância (MANOVA) verificou-se que há variação na composição da comunidade entre os anos ($F_{(6,41)} = 1,29$; $p=0,001$). A Análise de Redundância (RDA) explicou 67% dos dados e mostrou que a distribuição dos organismos para o ano 2004 foi influenciada pelo gradiente do rio ou canal principal, temperatura da água, pH e condutividade elétrica, além de sofrer influência relacionada ao percentual de pastagem. Para o ano 2012 a declividade foi o fator determinante para a distribuição dos organismos. Assim, concluímos que a composição e estrutura da comunidade de Chironomidae variou num período de nove anos e foi influenciada por variáveis limnológicas. Em adição, houveram efeitos dos

usos e ocupação da terra e da morfometria das áreas de drenagem, indicando a importância destas para a composição e estruturação das comunidades de organismos aquáticos.

Palavras-chave: Insetos aquáticos. Variação temporal. Morfometria de riachos. Usos e ocupação da terra.

DOES THE LANDSCAPE DYNAMICS ALTER THE CHIRONOMIDAE COMMUNITY IN STREAMS IN THE SOUTHERN BRAZIL?

AUTHOR: CLAUDIELE CARUS
ADVISOR: ROZANE MARIA RESTELLO
CO-ADVISOR: VANDERLEI SECRETI DECIAN

The Chironomidae family has the capacity to tolerate aquatic environments under many different conditions. Environmental variables and the different uses and occupation of the land influence their temporal distribution. The aim of this study was to analyze the landscape dynamics and its relationship with the morphometry of drainage areas, besides verifying the influence of such variables and limnological variables regarding the structure and composition of Chironomidae community over a period of nine years. The biological material comes from collections made in 2004 and 2012 in 28 streams in southern Brazil, in summer and winter, with the aid of a Suber sampler (mesh 250 μm and area of 0.09 m^2). The organisms were identified to the taxonomic level of genus. Limnological variables measured at the time were obtained from the database of URI Biomonitoring Laboratory. The landscape analysis was based on satellite images and quantification of attributes in the drainage area scale (AD). For the analysis of morphometry, physical data of AD related to topography and geomorphology were assessed. With a t test, it was observed that there was a change only for grazing percentage ($t = 1.94$; $p = 0.05$), other land uses and occupation did not vary significantly over the years of study. With the Mantel's test, it was found that landscape depends on the morphometry ($r = 0.22$; $p = 0.001$). With t test, it was found that there is a positive effect of the river gradient or river channel on the exposed soil percentage ($t = 0.05$). The average slope showed a negative effect on the agriculture ($p = 0.02$), positive in the pasture ($p = 0.02$), and vegetation ($p = 9.96 \cdot 10^{-6}$). The roughness coefficient showed a positive effect on the vegetation ($p = 0.002$). The average slope is a parameter that defines the use of potentialities and occupation of the land. The limnological variables such as temperature, electrical conductivity and pH were significantly different between years. 12,577 larvae were identified, distributed in 85 genera. The year 2012 showed a higher density of organisms and the year 2004 showed a greater wealth. *Chironomus* was the most abundant in 2004. In 2012 the greatest abundance occurred to *Corynoneura* and *Rheotanytarsus*. The community structure was significantly different between the years 2004 and 2012. For the Multivariate Analysis of Variance (MANOVA), it was found that there is variation in the community composition between years ($F_{(6,41)} = 1.29$; $p = 0.001$). The Redundancy Analysis (RDA) explained 67% of the data and showed that the distribution of organisms for the year 2004 was influenced by the gradient of the river or main canal, water temperature, pH and electrical conductivity, and it also had influenced related to the percentage of pasture. For 2012, the slope was the determining factor for the distribution of organisms. Thus, we conclude that the composition and structure of the Chironomid community varied over the period of nine years and was influenced by limnological variables. In addition, there were effects of the use and occupation of land and morphometry of drainage areas, indicating the importance of them for the composition and structure of aquatic communities.

Keywords: Aquatic insects. Temporal variation. Morphometry of streams. Use and occupation of the land.

INTRODUÇÃO GERAL

Os ecossistemas aquáticos estão sendo impactados pelas atividades antrópicas, devido ao crescimento das cidades e às suas demandas, além do desenvolvimento econômico de muitas regiões, que por sua vez pode produzir alterações significativas no uso e ocupação da terra, poluição do ar e impactos nos recursos hídricos (TUNDISI e TUNDISI, 2008; NICACIO e JUEN, 2015). Como resultado, pode ocorrer uma queda acentuada da biodiversidade aquática, uma desestruturação do ambiente físico, químico e alterações na dinâmica e estrutura das comunidades biológicas (CALLISTO et al., 2001). A longo prazo, podem surgir mudanças climáticas, remoção da vegetação ripária, alterações nos fluxos dos rios e introdução de espécies exóticas podem afetar a estrutura e a função dos ecossistemas aquáticos, tornando difícil a avaliação e a previsão das consequências de tais impactos (ALLAN, 2004; SENSOLO et al., 2012).

As bacias hidrográficas são unidades ecossistêmicas adequadas para a avaliação dos impactos causados pelas atividades antrópicas (FERNANDES e SILVA, 1994). São muito utilizadas nas investigações e no gerenciamento dos recursos hídricos, trocam energia e matéria entre si e, como os ecossistemas terrestres, sofrem alterações de diferentes tipos em virtude do uso e ocupação da terra (ESPÍNDOLA et al., 2000).

Desta forma, a bacia hidrográfica pode ser explicada como sendo um sistema biofísico e socioeconômico, integrado e interdependente, no qual ocorrem diversas atividades, habitats e unidades da paisagem, seus limites podem ser estabelecidos pelos pontos de maior altitude e que definem os divisores de água entre uma bacia e outra (ESPÍNDOLA et al., 2000; BARRELLA et al., 2000). Segundo Christofolletti (1980), a bacia hidrográfica é constituída por um conjunto de canais de escoamento inter-relacionados, aos quais também podemos chamar de área de drenagem.

O conhecimento dos componentes da bacia e de suas interações é necessário para o uso racional dos recursos naturais. Dessa forma, análises morfométricas detalhadas em bacias hidrográficas revelam indicadores físicos importantes (ALVES e CASTRO, 2003; SREEDEVI et al., 2009) e, juntamente com as informações de uso

e ocupação da terra, permitem uma avaliação integrada, permitindo a criação de mecanismos para a gestão e planejamento ambiental de bacias hidrográficas.

A análise morfométrica em bacias hidrográficas leva em consideração parâmetros fisiográficos, que servem de indicadores físicos, sendo utilizados para análises de vulnerabilidade da bacia a fenômenos como erosão, aporte de sedimentos, enchentes, inundações, entre outras informações importantes, quando associadas aos usos e ocupação da terra que ocorrem nesta unidade de planejamento (VILLELA e MATTOS, 1975; CARDOSO et al., 2006; CALIL et al., 2012). A interpretação destas informações permite o entendimento das potencialidades e limitações quanto aos diferentes usos e ocupação da terra na bacia hidrográfica (PISSARRA et al., 2004; ANDRADE et al., 2005).

Uma das atividades antrópicas mais impactantes no entorno de bacias hidrográficas é a agricultura, a qual altera significativamente a qualidade da água e do meio ambiente (CHANG et al., 2008). O uso de técnicas agrícolas inadequadas, utilização de agroquímicos e a exploração madeireira, são apontados como principal causa da erosão e assoreamento dos corpos d'água (ARAÚJO et al., 2009). Além disso, os cursos d'água sempre foram usados como forma de escoamento para resíduos gerados por atividades humanas, sendo este um dos principais problemas de saúde pública e poluição ambiental no Brasil (ESPÍNDOLA et al., 2000).

Para Chang et al. (2008) a sazonalidade na agricultura traz diferentes impactos, uma vez que diferentes ações de manejo são realizadas junto aos plantios em cada uma das estações do ano. A conversão de grandes áreas naturais para pastagens e plantio causam mudanças em escala de bacias hidrográficas, devido à remoção da vegetação ripária, impactando cursos d'água através da sedimentação e degradação da qualidade da água, uma vez que se alteram também suas características químicas, físicas e biológicas, acarretando em perda da biodiversidade (SOUZA et al., 2013; COLZANI et al., 2013).

A sensibilidade de uma comunidade de organismos aquáticos, ou de populações de diferentes espécies, constitui-se em um indicador fundamental das condições ambientais, pois os organismos e as comunidades podem responder a diferentes alterações em variáveis ambientais como condutividade, temperatura da água ou poluentes orgânicos e inorgânicos (TUNDISI e TUNDISI, 2008).

Para avaliar a qualidade da água, o uso de bioindicadores, associado a análises de variáveis físicas e químicas torna-se uma potente ferramenta, pois reflete impactos de longo prazo (CONAMA, 2005; RESTELLO et al., 2014; THEODOROPOULOS et al., 2015). Organismos bioindicadores complementam as informações sobre qualidade das águas, especialmente para a avaliação de impactos ambientais decorrentes de diferentes usos e ocupação da terra (BUSS et al., 2008). Para o mesmo autor, uma das formas mais efetivas para se avaliar alterações nos ecossistemas aquáticos em escala temporal é o biomonitoramento, que consiste no estudo da resposta dos organismos às intervenções causadas em seus habitats (MORENO e CALLISTO, 2004).

Os bioindicadores são organismos que permitem a obtenção de respostas sobre a qualidade ambiental, de acordo com a sua presença ou ausência em uma determinada área, já que respondem de forma positiva ou negativa aos impactos ambientais (CALLISTO, GONÇALVES-JÚNIOR e MORENO, 2005; HOLT e MILLER, 2010). Muitos organismos com esta característica, encontrados nos mais diversos tipos de ambientes por todo o mundo, são utilizados em estudos na área da Ciência Ambiental (CONTI, 2008).

Em estudos de biomonitoramento relacionados à limnologia e ecologia de riachos, os macroinvertebrados bentônicos são comumente empregados (ROSEMBERG e RESH, 1993), uma vez que apresentam grande tolerância e amplo espectro de respostas frente a diferentes níveis de contaminação do ambiente aquático (WESTON e LYDY, 2014). Segundo Resh e Jackson (1993), eles são considerados bons bioindicadores de qualidade, por apresentarem ciclos de vida geralmente longos, tamanho de corpo relativamente grande, o que facilita a amostragem padronizada e de baixo custo, além da alta diversidade de organismos.

Entre os macroinvertebrados bentônicos mais utilizados encontram-se os Chironomidae (Diptera), cuja fase larval compõe mais de 50% da comunidade bentônica. É um grupo diverso, os organismos ocorrem na maioria dos climas, inclusive na região Antártica e em locais com diferentes qualidades de água (STRIXINO, 2011). Toleram baixas concentrações de oxigênio dissolvido, variações na temperatura, condutividade e velocidade de correnteza, além de possuírem hábitos sedentários (GOULART e CALLISTO, 2003; LENCIONI et al., 2012). Estas características os tornam excelentes candidatos no monitoramento da qualidade da

água, tanto em ecossistemas lóticos como em ecossistemas lênticos (CHAIB et al., 2013), podendo estar presentes em locais com altos índices de poluição (SILVEIRA et al., 2005).

Alterações na riqueza e composição das comunidades bentônicas, relacionadas aos diferentes usos e ocupação da terra foram analisadas em diversos trabalhos, destacando o grupo de organismos como bons indicadores de qualidade ambiental, pois refletem rapidamente as alterações de habitat e qualidade da água, diferentes usos da terra, aporte de nutrientes e poluentes nos corpos hídricos (KASANGAKI et al., 2008; HEPP e SANTOS, 2009; HEPP e RESTELLO, 2010; HEPP et al., 2010; SENSOLO et al., 2012; RESTELLO et al., 2014).

Estudos com Chironomidae e a influência dos usos e ocupação da terra no sul da Brasil são escassos. Dentre eles, destacam-se os trabalhos de Restello et al. (2012), no qual verificaram que a distribuição dos organismos nas diferentes áreas de drenagem está diretamente relacionada aos usos e ocupação da terra. Sensolo et al. (2012), estudando os efeitos do uso e ocupação da terra em áreas de drenagem (AD) e em áreas de preservação permanente (APP) sobre a distribuição da comunidade de Chironomidae, relatam que os atributos da paisagem da AD e APP mostraram influenciar a distribuição de alguns gêneros de Chironomidae. De Toni et al. (2014), em estudo comparativo entre duas áreas de preservação permanente, observaram que a comunidade de Chironomidae tem sua distribuição influenciada pelos diferentes usos e ocupação da terra.

Trabalhos que discutem a estrutura e composição da comunidade de Chironomidae em escala temporal são raros. O que tem sido estudado são aspectos de distribuição temporal levando em consideração períodos de seca e de cheia ou entre estações anuais (HENRIQUES-OLIVEIRA et al., 2003; ABURAYA e CALLIL, 2007; ANJOS et al., 2011), o que nos mostra a necessidade da realização de pesquisas levando-se em conta a sazonalidade e a escala temporal. Os resultados obtidos a partir de estudos de distribuição de comunidades em escala temporal são necessários, pois podem embasar ferramentas importantes para determinar os padrões de estrutura e função dos ecossistemas nos quais estas comunidades ocorrem (SILVA, ALBERTONI e PALMA-SILVA, 2015).

Considerando-se a importância da identificação de alterações nos ecossistemas aquáticos devido às alterações causadas pelo uso e ocupação da terra

em áreas de drenagem de riachos, bem como a influência dos aspectos da morfometria destas áreas sobre a biota aquática, em especial sobre a fauna de Chironomidae, torna-se fundamental o estudo desta comunidade ao longo do tempo, para desta forma, fornecer subsídios visando a recuperação, conservação e o uso sustentável dos recursos hídricos.

O objetivo deste estudo foi analisar a dinâmica da paisagem e sua relação com a morfometria das áreas de drenagem, além de verificar a influência de tais variáveis e de variáveis limnológicas, sobre a estrutura e composição da comunidade de Chironomidae (Insecta, Diptera) em um período de nove anos. Para tanto, este trabalho está organizado em dois capítulos.

O primeiro capítulo apresenta informações sobre a dinâmica da paisagem e parâmetros morfométricos das áreas de drenagem de riachos, em um período de nove anos, com o objetivo de avaliar a variação no uso e ocupação da terra e a influência das variáveis morfométricas em áreas de drenagem de riachos localizados na região sul do Brasil, entre os anos de 2003 e 2012.

O segundo capítulo caracteriza a comunidade de Chironomidae quanto à composição e estrutura, relacionando as variações da comunidade com as variáveis limnológicas, morfometria das áreas de drenagem e dinâmica da paisagem. O capítulo tem como objetivo, verificar se há variação na comunidade de Chironomidae, ao longo do tempo, e verificar a influência das variáveis limnológicas, morfométricas e da dinâmica da paisagem sobre esta comunidade, nas áreas de drenagem em riachos do sul do Brasil.

REFERÊNCIAS

- ABURAYA, H. e CALLIL, C.T. Variação temporal de larvas de Chironomidae (Diptera) no Alto Rio Paraguai (Cáceres, Mato Grosso, Brasil). **Zoologia**, v. 24, n. 3, 2007.
- ALLAN, J.D. Landscape and rivers capes; the influence of land use on stream ecosystems. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.35, p. 257-284, 2004.
- ALVES, J. M. P. e CASTRO, P. T. A. Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. **Revista Brasileira de Geociências**, v.33, n.2, p.117-127, 2003.
- ANDRADE, L. V. P.; FERREIRA, E.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C. Caracterização física da bacia hidrográfica do ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG e uso conflitante da terra em suas áreas de preservação permanente. **Revista Cerne**, v.11, p.49-60, 2005.
- ANJOS, A.F.; TAKEDA, A. M.; PINHA, G.D. Distribuição espacial e temporal das larvas de Chironomidae em diferentes ambientes do complexo - rio Baía, Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 33, n. 4, p. 417-426, 2011.
- ARAÚJO, L. E.; SANTOS, M. J.; DUARTE, S. M.; OLIVEIRA, E. M. Impactos ambientais em bacias hidrográficas – caso da bacia do rio Paraíba. **Tecnológica**, v. 13, p. 109-115, 2009.
- BARRELLA, W.; PETRERE JR., M.; SMITH, W. S. e MONTAG, L. F. DE. A. As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R. R. e LEITÃO FILHO, H. DE. F. eds. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo, EDUSP FAPESP, 2000. 320p.

BUSS, D. F.; OLIVEIRA, R. B.; BAPTISTA, D. F. Monitoramento biológico de ecossistemas aquáticos continentais. **Oecologia Brasiliensis**, v.12, n.3, p. 339-345, 2008.

CALIL, P. M.; OLIVEIRA, L. F. C.; KLIEMANN, H. J. e OLIVEIRA, V. A. Caracterização geomorfométrica e do uso do solo da Bacia Hidrográfica do Alto Meia Ponte, Goiás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 4, 2012.

CALLISTO, M.; GONÇALVES-JÚNIOR, J.F. e MORENO, P. Invertebrados aquáticos como bioindicadores. In: Goulart, E.M.A. (Org.), **Navegando o Rio das Velhas das Minas aos Gerais**. Belo Horizonte, CEMIG, 2005. p. 555-567.

CALLISTO, M.; MORETTI, M. e GOULART, M. D. C. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 6, n. 1, p. 71-82, 2001.

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, v. 30, n. 2, p. 241-248, 2006.

CHAIB, N.; BOUHALA, Z.; FOUZARI, L.; MARZIALI, L.; SAMRAOUI, B.; ROSSARO, B. Environmental factors affecting the distribution of Chironomid larvae of the Seybouse wadi, North-Eastern Algeria. **Journal of Limnology**. v. 72, p.203-214, 2013.

CHANG, C. L.; KUAN, W. H.; LUI, P. S.; HU, C. Y. Relationship between landscape characteristics and surface water quality. **Environmental Monitoring and Assessment**. v. 147, p. 57-64, 2008.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, p.149,1980.

COLZANI, E.; SIQUEIRA, T.; SURIANO, M. T.; ROQUE, F. O. Responses of Aquatic Insect Functional Diversity to Landscape Changes in Atlantic Forest. **Biotropica**. v. 45, p. 343-350, 2013.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF. Disponível em:< www.mma.conama.gov.br/conama>. Acesso em: Dez. 2014.

CONTI, M.E. **Biological monitoring: theory and applications - Bioindicators and biomarkers for environmental quality and human exposure assessment**. - Boston: WIT PRESS, 228 pp. 2008.

DE TONI, K. R.; NAVA, D.; RESTELLO, R. M.; DECIAN, V.; ROVANI, I. L.; e HEPP, L. U. Integridade da paisagem e sua influência sobre a composição da comunidade de Chironomidae (Diptera) em riachos de pequena ordem. **Ecologia Austral**, v. 24, p. 335-342, 2014.

ESPÍNDOLA, E. L. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; RIETZLER, A. C.; e TUNDISI, J. G. Spatial heterogeneity of the Tucuruí Reservoir (State of Pará, Amazonia, Brazil) and the distribution of zooplanktonic species. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 60, n. 2, p. 179-194, 2000.

FERNANDES, M.R. e SILVA, J. C. **Programa Estadual de Manejo de Sub-Bacias Hidrográficas: Fundamentos e estratégias** - Belo Horizonte: EMATER MG. 24p. 1994.

GOULART, M.D.C. e CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, ano 2, n. 1, p. 153-164, 2003.

HENRIQUES-OLIVEIRA, A. L.; NESSIMIAN, J. L.; DORVILLÉ, L. F. M. Feeding habits of Chironomid larvae (Insecta:Diptera) from a stream in the floresta da Tijuca, Rio de Janeiro, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 63, n. 2, p. 269-281, 2003.

HEPP, L. U.; MILESI, S. V.; BIASI, C.; RESTELLO, R. M. Effects of agricultural and urban impacts on macroinvertebrates assemblages in streams (Rio Grande do Sul, Brazil). **Zoologia**, v.27, n.1, p.106–113, 2010.

HEPP, L. U.; e RESTELLO, R. M. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliação de impactos resultantes dos usos da terra. In: SANTOS, J.E.; ZANIN, E.M.; MOSCHINI, L.E. (Org.). **Faces da Polissemia da Paisagem: Ecologia, Planejamento e Percepção**. São Carlos: Rima Editora, p.264-277. 2010.

HEPP, L.U. e SANTOS, S. Benthic communities of streams related to different land uses in a hydrographic basin in southern Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v.157, p. 305-318, 2009.

HOLT, E.A. e MILLER, S.W. Bioindicators: using organisms to measure environmental impacts. **Nature Education Knowledge**, 3(10), 8, 2010.

KASANGAKI, A.; CHAPMAN, L. J.; BALIRWA, J. Land use and the ecology of benthic macroinvertebrate assemblages of high-altitude rainforest streams in Uganda. **Freshwater Biology**, v. 53, n. 4, p. 681-697, 2008.

LENCIONI, V.; MARZIALI, L.; ROSSARO, B. Chironomids as bioindicators of 451 environmental quality in mountain springs. **Freshwater Science**, v. 31, p.525-541, 2012.

MORENO, P. e CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água ao longo da bacia do Rio das Velhas. In: Ferracini, V.L.; Queiroz, S.C.N. e Silveira, M.P. (Orgs.), **Bioindicadores de qualidade da água**. Jaguariúna: EMBRAPA. p. 95-116, 2004.

NICACIO, G. e JUEN, L. Chironomids as indicators in freshwater ecosystems: an assessment of the literature. **Insect Conservation and Diversity**, 2015.

PISSARRA, T. C. T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A. S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do

Córrego Rico, Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 297-305, 2004.

RESH, V.H. e JACKSON, J.K. Rapid assessment approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates. In: ROSENBERG, D.M. e RESH, V.H. (Eds.) **Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates**. New York, Chapman e Hall. p.195-233, 1993.

RESTELLO, R. M.; BIASI, C.; MOUTINHO, P. F. B. DE M.; GABRIEL, G. e HEPP, L. U. Composition and diversity of the Chironomidae in subtropical streams: effects of environmental predictors and temporal analysis. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 26, n. 2, p. 215-226, 2014.

ROSEMBERG, D. e RESH, V. H. **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. Chapman and Hall, London, p.486, 1993.

SENSOLO, D.; HEPP, L. U.; DECIAN, V. e RESTELLO, R. M. Influence of landscape on the assemblages of Chironomidae in Neotropical streams. **Annales de Limnologie**, v.48, p.391-400, 2012.

SILVA, J. S.; ALBERTONI, E. F.; PALMA-SILVA, C. Temporal variation of phytophilous Chironomidae over a 11-year period in a shallow Neotropical lake in southern Brazil. **Hydrobiologia**, v. 742, p. 129-140, 2015.

SILVEIRA, M. P.; BAPTISTA, D. F.; BUSS, D. F.; NESSIMIAN, J. L.; EGLER, M. Application of biological measures for stream integrity assessment in south-east Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 101, p. 117-128, 2005.

SOUZA, A. L. T.; FONSECA, D. G.; LIBÓRIO, R. A.; TANAKA, M. O. Influence of riparian vegetation and forest structure on the water quality of rural low-order streams in SE Brazil. **Forest Ecology and Management**. v. 298 p.12–18, 2013.

SREEDEVI, P. D.; OWAIS, S.; KHAN, H. H. e AHMED, S. Morphometric Analysis of a Watershed of South India Using SRTM Data and GIS. **Journal Geological Society of India**, v.73, n.4, p. 543-552, 2009.

STRIXINO, S. **Larvas de Chironomidae**: Guia de identificação. São Carlos, Depto Hidrobiologia / Lab. Entomologia Aquática/ UFSCar, p.380, 2011.

THEODOROPOULOS, C.; ASPRIDIS, D.; ILIOPOULOU-GEORGUDAKI, J. The influence of land use on freshwater macroinvertebrates in a regulated and temporary Mediterranean river network. **Hydrobiologia**, v.751, p. 201-213, 2015.

TUNDISI, J. G. e TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de textos, p. 631, 2008.

VILLELA, S. M. e MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 245 p., 1975.

WESTON, D.P. e LYDY, M.L. Toxicity of the insecticide fipronil and Its degradates to benthic macroinvertebrates of urban streams. **Environmental Science Technoogy**, v.48, p.1290-1297, 2014.

CAPÍTULO 1

PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS E DINÂMICA DA PAISAGEM EM ÁREAS DE DRENAGEM DO SUL DO BRASIL

PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS E DINÂMICA DA PAISAGEM EM ÁREAS DE DRENAGEM DO SUL DO BRASIL

RESUMO

Análises morfométricas detalhadas em bacias hidrográficas revelam-se indicadores físicos importantes e, juntamente com as análises de uso e ocupação da terra e componentes biológicos, permitem uma avaliação integrada, favorecendo a criação de mecanismos para a gestão e planejamento ambiental de bacias hidrográficas. Este trabalho teve por objetivo avaliar a variação nos usos e ocupação da terra, e sua relação com os parâmetros morfométricos em áreas de drenagem de riachos localizados na região Sul do Brasil, em um período de nove anos. Foi realizado o mapeamento e a análise dos usos e ocupação da terra para as 28 áreas de drenagem a partir das imagens de satélite, para os anos 2003 e 2012. Para isso, foram determinadas classes de uso e ocupação da terra: Área Urbanizada; Agricultura Implantada; Solo Exposto; Pastagem/Pousio; Vegetação Arbórea e Lâmina D'água. A análise morfométrica foi baseada nas seguintes variáveis: extensão de cada área de drenagem; perímetro de cada área de drenagem; hierarquia fluvial; densidade de drenagens; Índice de Circularidade; Declividade Média; Coeficiente de Rugosidade e Gradiente do Rio Principal. Observou-se que houve variação para no percentual de pastagem entre os anos, com redução. Os demais usos e ocupação da terra não variaram significativamente durante o período estudado. Existe relação da paisagem com alguns parâmetros de morfometria conforme mostrado pelo teste de Mantel ($r=0,22$; $p=0,001$). Verificou-se a existência de efeito positivo entre o gradiente do rio ou canal principal com o solo exposto e efeito negativo sobre a vegetação arbórea e pastagem. A declividade média apresentou efeito negativo com a agricultura e positivo com a pastagem e vegetação. O coeficiente de rugosidade apresentou efeito positivo apenas para a vegetação. Os resultados aqui apresentados indicam que os usos e ocupação da terra sofrem influência de alguns parâmetros morfométricos das áreas de drenagem e apenas pastagem sofreu variações significativas no período de nove anos.

Palavras-chave: Uso e ocupação da terra. Morfometria. Áreas de drenagem.

INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica é uma unidade natural de terras drenadas por um rio principal, seus afluentes e subafluentes cujos limites são criados pelo escoamento das águas ao longo do tempo (BRIGANTE e ESPINDOLA, 2003). Segundo Decian (2007) a bacia hidrográfica está associada à existência de nascentes, divisores e cursos d'água, evidenciados por uma organização natural, na ordem crescente de menor para maior volume, que vai da região mais alta para a mais baixa. A bacia hidrográfica molda a paisagem, conferindo-lhe padrões sobre a topografia, geoquímica, clima e distribuição de espécies vegetais e animais (SOUZA e MOULTON, 2005).

As paisagens podem ser consideradas como a interação entre os elementos naturais que as formam e as modificações permanentes que nelas ocorrem, relacionadas ou não com a intervenção humana (SEABRA e CRUZ, 2013). As atividades humanas geram impactos nas paisagens devido à substituição de áreas naturais pelos diferentes usos e ocupação da terra. Esse processo de substituição pode reduzir a qualidade e disponibilidade dos recursos naturais, além de provocar perda da biodiversidade (COELHO et al., 2014).

As bacias hidrográficas são recortes da paisagem que refletem os impactos das interferências antrópicas, com modificações na estrutura física dos canais, no regime hídrico e no fluxo de matéria e energia (PÉRICO et al., 2011). O conhecimento dos componentes da bacia e de suas interações é necessário para o uso racional dos recursos naturais (SREEDEVI et al., 2009).

O formato e estrutura da bacia hidrográfica e de suas redes de drenagem associadas são descritas por parâmetros morfométricos. Segundo Biswas et al. (2014), morfometria é a medição e análise matemática da configuração da superfície da terra, assim como da forma e dimensão de seus acidentes geográficos. Dessa forma, análises morfométricas detalhadas em bacias hidrográficas revelam indicadores físicos importantes (ALVES e CASTRO, 2003; SREEDEVI et al., 2009) e, juntamente com as análises de uso e ocupação da terra, permitem uma avaliação integrada, favorecendo a criação de mecanismos para a gestão e planejamento ambiental de bacias hidrográficas. A análise morfométrica em bacias hidrográficas

permite ainda o estudo da vulnerabilidade da bacia a fenômenos como erosão, aporte de sedimentos, enchentes e inundações (VILLELA e MATTOS, 1975; CARDOSO et al., 2006).

Para a realização das análises morfométricas de bacias hidrográficas, tem-se utilizado com frequência os Sistemas de Informação de Sensoriamento Remoto e Geográfico (SIG). Estes permitem uma análise espacial, favorecendo os estudos de vulnerabilidade ambiental (MALIK et al., 2011). A interpretação destas informações permite o entendimento das potencialidades e limitações quanto aos diferentes usos e ocupação da terra na bacia hidrográfica (PISSARRA et al., 2004; ANDRADE et al., 2005). Para Calil et al. (2012) estas informações podem ainda servir como parâmetro para o planejamento do uso e ocupação da terra, indicando possibilidades e restrições ao uso atual e futuro da terra, uma vez que determinados atributos físicos podem representar diferentes níveis de fragilidade ambiental.

Para o período estudado é esperado que a presença de alguns dos usos e ocupação da terra, como por exemplo a agricultura, pastagem e vegetação ripária, possa estar relacionada a alguns parâmetros morfométricos das áreas de drenagem, já que estes ajudam a determinar as potencialidades e limitações físicas destas áreas. Este trabalho teve por objetivo avaliar a variação temporal nos usos e ocupação da terra, além do efeito dos parâmetros morfométricos nestes usos em áreas de drenagem de riachos da região Sul do Brasil, entre os anos 2003 e 2012.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

Este trabalho foi realizado em riachos do sul do Brasil, em municípios pertencentes a Região Norte do Estado do Rio Grande do Sul, localizado entre as coordenadas 27°12'59" a 28°00'47" latitude sul e 51°49'34" a 52°48'12" de longitude oeste (Figura 1), com área equivalente a 5916,28 km² e com altitude que varia de 400 a 800 m (SILVA, 2008). As 28 áreas de drenagem do estudo possuem forte influência agrícola (DECIAN et al., 2009).

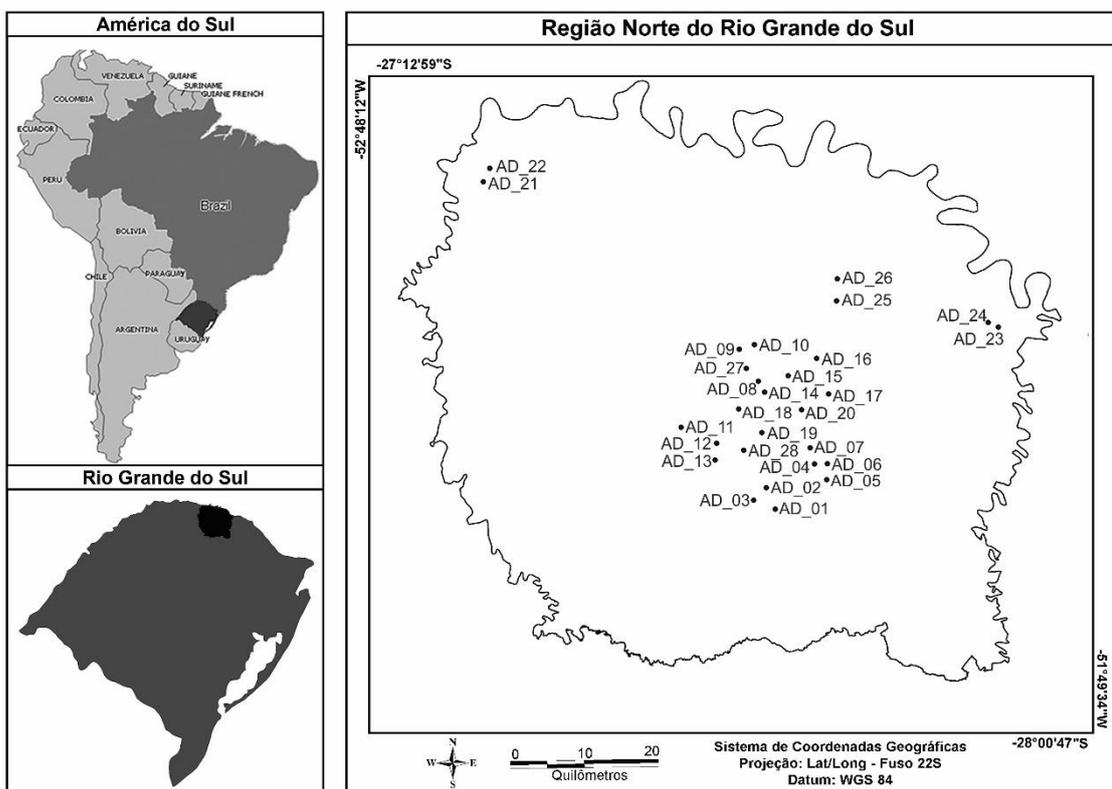


Figura 1 - Localização Geográfica das áreas de drenagem em uma região no sul do Brasil.

O clima desta área é classificado como subtropical temperado (tipo Cfb de Köppen), com média pluviométrica anual variando entre 1900 e 2200 mm³, estações bem definidas e temperatura média anual de 18±1°C (ALVARES et al., 2013).

A formação geológica e edáfica é constituída por basalto e o solo é composto predominantemente pela classe dos latossolos, mais especificamente o Latossolo Vermelho Aluminoférrico típico (LVaf) (STRECK et al., 2008). A vegetação é caracterizada por um misto de Floresta Estacional Perenifólia com Araucária e Floresta Estacional Semidecidual (OLIVEIRA-FILHO et al., 2013).

ANÁLISE DOS USOS E OCUPAÇÃO DA TERRA

A análise da paisagem das áreas de drenagem utilizadas neste trabalho, referente ao uso e ocupação da terra, foi obtida a partir de imagens de satélite provenientes do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), através do acesso, seleção e *download* das imagens feitas pela Plataforma LANDSAT TM 5, referentes a duas tomadas (2003 e 2012), com período sazonal de outubro para ambos os anos.

Para o georreferenciamento das imagens de satélite foi realizada a coleta de coordenadas (sistema de coordenadas UTM SIRGAS/2000 e fuso 22 S, com escala de apresentação final de 1:35.000). Após, foi aplicado o módulo de classificação digital supervisionada pelo método de Máxima verossimilhança (MaxVer) do Aplicativo IDRISI ANDES, aplicou-se o índice de Kappa e verdade terrestre para definição dos padrões amostrais: área urbanizada, agricultura implantada, solo exposto, pastagem/pousio, vegetação arbórea e lâmina d'água.

A categorização das classes de uso da terra foi adaptada da classificação sistemática proposta pelo Manual Técnico de Uso da Terra do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013), conforme segue:

- a) Área Urbanizada, composta por áreas antrópicas não agrícolas, incluindo vilas, cidades, complexos industriais, áreas urbano-industrial e outras áreas urbanizadas.
- b) Agricultura implantada, composta por áreas antrópicas agrícolas, incluindo culturas agrícolas temporárias e permanentes.
- c) Solo Exposto, composta por áreas antrópicas agrícolas, incluindo áreas sem cobertura do solo.

- d) Pastagem/pousio, composta por áreas em descanso/preparadas para o cultivo agrícola, incluindo ainda pecuária de animais de grande, médio e pequeno porte.
- e) Vegetação Arbórea, composta por áreas de vegetação natural florestal, abrangendo florestas originais (primárias) e alteradas até formações florestais espontâneas secundárias, arbustivas, herbáceas e/ou gramíneo-lenhosas, em diversos estágios sucessionais. Dentro da classe vegetação arbórea incluímos as áreas de silvicultura, abrangendo as áreas de reflorestamento e cultivo agroflorestal.
- f) Lâmina D' Água, composta por águas continentais, incluindo corpos d'água naturais e artificiais que não são de origem marinha, tais como: rios, canais, lagos e lagoas de água doce, represas, açudes, etc.

Para estruturação do banco de dados digital foi utilizado o software MapInfo 8.5 que quantificou parâmetros numéricos de área, perímetro e porcentagem para as áreas de drenagem propostas para o trabalho, a partir dos divisores topográficos que limitam as mesmas. Após, foram exportadas para tratamento em planilha eletrônica Excel.

ANÁLISE MORFOMÉTRICA

Para a realização da análise morfométrica, foram avaliados os dados físicos das áreas de drenagem relacionados a topografia (clinografia) e geomorfologia por meio da estrutura de dados já existente no LagePlam (Laboratório de Geoprocessamento) da URI – Erechim, sendo assim analisados os parâmetros para cada área de drenagem com seleção dos dados necessários e compatíveis com a morfometria.

A análise morfométrica das áreas de drenagem em estudo foi baseada no levantamento dos seguintes parâmetros: a) tamanho de cada área de drenagem, b) perímetro de cada área de drenagem, c) densidade de drenagens (Dd); d) Índice de Circularidade (Ic); e) Declividade Média (Dm); f) Coeficiente de Rugosidade (RN); g) Gradiente do Rio Principal (G). A metodologia empregada para determinar os citados

parâmetros morfométricos seguiu os procedimentos apresentados por Christofolletti (2007):

- a) Tamanho total – É o elemento básico para o cálculo das características físicas, calculada em ha (hectares).
- b) Perímetro – Comprimento dos limites estabelecidos pelos divisores de água, é utilizado para o cálculo das características físicas.
- c) Densidade de drenagem (Dd) – Informa o comprimento do canal fluvial disponível para drenar cada unidade de área, informando a disponibilidade de escoamento hídrico superficial.
- d) Índice de Circularidade (Ic) – É a relação existente entre a extensão da área de drenagem e a área do círculo de mesmo perímetro.
- e) Declividade Média (Dm) – É a relação entre a soma dos comprimentos e a equidistância das curvas de nível, dividido pela extensão total das áreas de drenagem. Está relacionada ainda ao potencial erosivo da área de drenagem.
- f) Coeficiente de Rugosidade (RN) – Obtido a partir da multiplicação da densidade de drenagem pela declividade média. É um parâmetro ambiental que implica na susceptibilidade do solo à erosão hídrica e direciona o uso potencial das terras quanto às suas características (BARACUHY et al., 2003).
- g) Gradiente do Rio Principal (G) – Relaciona a declividade do rio ou canal com a extensão do respectivo trecho. A utilização desse índice permite detectar, no perfil longitudinal de um rio, alterações no seu curso, provocadas por anomalias tais como: confluência de tributários, variações na resistência à erosão do substrato rochoso ou ainda por deformações neotectônicas (FUJITA et al., 2011).

ANÁLISE DE DADOS

Para verificar se houve variação em cada um dos usos e ocupação da terra entre os anos de estudo, utilizou-se um Teste *t*. Para constatar se os usos e ocupação

da terra sofrem influência da morfometria da área de drenagem foi utilizado um teste de Mantel. Para tanto foi utilizada a matriz de usos e ocupação da terra e uma matriz com características morfométricas das áreas de drenagem estudadas. Posteriormente, utilizou-se de regressões lineares simples para verificar quais dos parâmetros morfométricos influenciam os diferentes usos e ocupação da terra.

As análises foram realizadas com o auxílio do pacote “vegan” (OKSANEN et al., 2014) do software R (R CORE TEAM, 2014).

RESULTADOS

USOS E OCUPAÇÃO DA TERRA

Ao compararmos os percentuais de uso e ocupação da terra do ano de 2003 com o ano de 2012, podemos verificar que 50% das 28 áreas de drenagem estudadas apresentaram acréscimo no percentual de solo exposto. Além disso, 64,28% das áreas apresentaram redução do percentual relacionado à pastagem/pousio. Um total de 71,42% apresentaram aumento no percentual de agricultura implantada.

Para a classe de uso e ocupação da terra classificada como lâmina d’água, não houve mudanças nos percentuais quando comparamos o ano de 2003 com 2012. Houve acréscimo de percentual para 10,71% das áreas de drenagem com relação à urbanização e aumento de 46,42% do percentual de vegetação arbórea. Os percentuais das classes de uso e ocupação da terra encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Percentual dos diferentes usos e ocupação da terra para áreas de drenagem em riachos no Sul do Brasil, para os anos de 2003 e 2012.

Área de Drenagem	Solo Exposto		Agricultura Implantada		Pastagem/ Pousio		Lâmina D’água		Área Urbanizada		Vegetação Arbórea	
	2003	2012	2003	2012	2003	2012	2003	2012	2003	2012	2003	2012
AD1	35,84	62,85	37,49	24,05	15,4	6,47	0	0	0	0	11,27	6,63
AD2	37,29	68,73	26,92	20,7	28,17	6,58	0,1	0,01	0	0	7,53	3,98
AD3	36,92	61,57	21,72	19,03	31,69	13,97	0,33	0,08	0	0	9,34	5,35
AD4	17,79	54,64	39,72	18,22	29,4	15,23	0,01	0,03	0	0	13,09	11,9
AD5	30,73	40,19	34,04	48,49	29,02	6,69	0,13	0,09	0	0	6,08	4,53

AD6	11,63	13,41	43,7	75,02	34,27	1,49	0	0	0	0	10,4	10,08
AD7	20,41	53,52	40,8	23,06	27,59	13,22	0,01	0,02	0	0	11,2	10,19
AD8	0	0	0	0	0	0	0	0	83,4	75,05	16,6	24,95
AD9	21,03	26,52	3,53	8,05	12,32	4,96	0	0	0	0	63,12	60,47
AD10	36,95	16,26	9,01	13,94	34,08	44,99	0	0	0	0	19,97	24,81
AD11	25,16	42,55	27,88	22,37	31,41	21,18	0	0	0	0	15,55	13,91
AD12	56,01	14,94	6,32	20,02	15,08	20,29	0,93	0,99	6,89	20,79	14,76	22,98
AD13	37,09	28,9	18,74	31,28	24,16	14,58	0,24	0,28	1,72	5,2	18,04	19,78
AD14	11,51	11,5	0,02	15,91	7,56	27,64	0	0	58,24	11,13	22,66	33,83
AD15	9,04	19,81	2,3	13,32	9,89	14,13	0	0	58,93	23,32	19,84	29,42
AD16	30,39	30,5	9,46	18,64	24,64	19,42	0,37	0,39	14,02	4,8	21,12	26,26
AD17	39,18	45,21	14,28	29,5	28,79	10,01	0,01	0	0	0	17,73	15,28
AD18	63,33	32,5	2,71	14,58	8,36	21,42	0	0	13,51	14,06	12,09	17,44
AD19	47,34	43,31	12,06	29,73	24,98	13,35	0,06	0,09	0	0	15,56	13,51
AD20	3,69	3,44	0,48	1,71	3,47	2,98	0	0	86,14	84,55	6,23	7,33
AD21	8,7	15,42	32,74	14,16	47,28	50,47	0	0	0	0	11,28	19,95
AD22	23,44	18,61	17,85	33,84	54,16	37,81	0	0	0	0	4,54	9,74
AD23	32,84	18,44	6,29	15,26	38,18	45,18	0	0	0	0	22,68	21,12
AD24	16,43	6,65	2,68	18,75	67,07	58,5	0	0	0	0	13,82	16,1
AD25	20,01	30,57	23,88	27,23	32,25	26,62	0	0	0	0	23,87	15,59
AD26	41,56	19,92	6,33	21,8	26,51	34,35	0	0	0	0	25,6	23,94
AD27	10,02	10,44	4,64	10,2	9,14	18,31	0	0	39,11	21,49	37,08	39,56
AD28	48,89	55,99	16,12	27,58	25,53	9,65	0,19	0,19	0	0	9,26	6,59

Verificou-se que para os usos e ocupação da terra, apenas a pastagem apresentou variação entre os anos ($t=1,94$; $p=0,05$). Esta possuía uma área de 25% em 2003, diminuindo para uma área de 18% em 2012. Os demais usos e ocupação da terra não variaram significativamente neste período. Houve, portanto, somente diferenças dentro de cada área de drenagem e diferenças de caráter regional, não significativas para o valor $p \leq 0,05$ assumido.

MORFOMETRIA

Foi observado que os usos e ocupação da terra sofrem influência das características morfométricas das áreas de drenagem ($r=0,22$; $p=0,001$). Com a utilização das regressões, verificou-se a existência de efeito positivo entre o gradiente

do rio ou canal principal e o solo exposto ($p=0,05$), conforme aumenta o gradiente do rio ou canal principal, aumenta o percentual de solo exposto (Figura 2a). Por outro lado, o gradiente do rio ou canal principal influenciou negativamente a pastagem ($p=0,02$; Figura 2b) e a vegetação arbórea ($p=0,02$; Figura 2c).

A declividade média apresentou efeito negativo sobre a agricultura ($p=0,02$), ocorrendo redução do percentual de agricultura conforme ocorre o aumento da declividade média (Figura 2d); com a pastagem ($p=0,02$) ocorre efeito positivo, sendo que há um aumento do percentual de pastagem conforme aumenta a declividade (Figura 2e); com a vegetação arbórea ($p=9,96^{-6}$) também ocorre efeito positivo, uma vez que o percentual de vegetação arbórea se eleva com maior declividade (Figura 2f).

O coeficiente de rugosidade apresentou efeito positivo apenas sobre a vegetação ($p=0,002$), verificou-se que o aumento do coeficiente de rugosidade implica em um aumento no percentual de vegetação arbórea (Figura 2g). Os demais parâmetros morfométricos (Densidade de drenagem e Índice de circularidade) não apresentaram efeito sobre os diferentes usos e ocupação da terra.

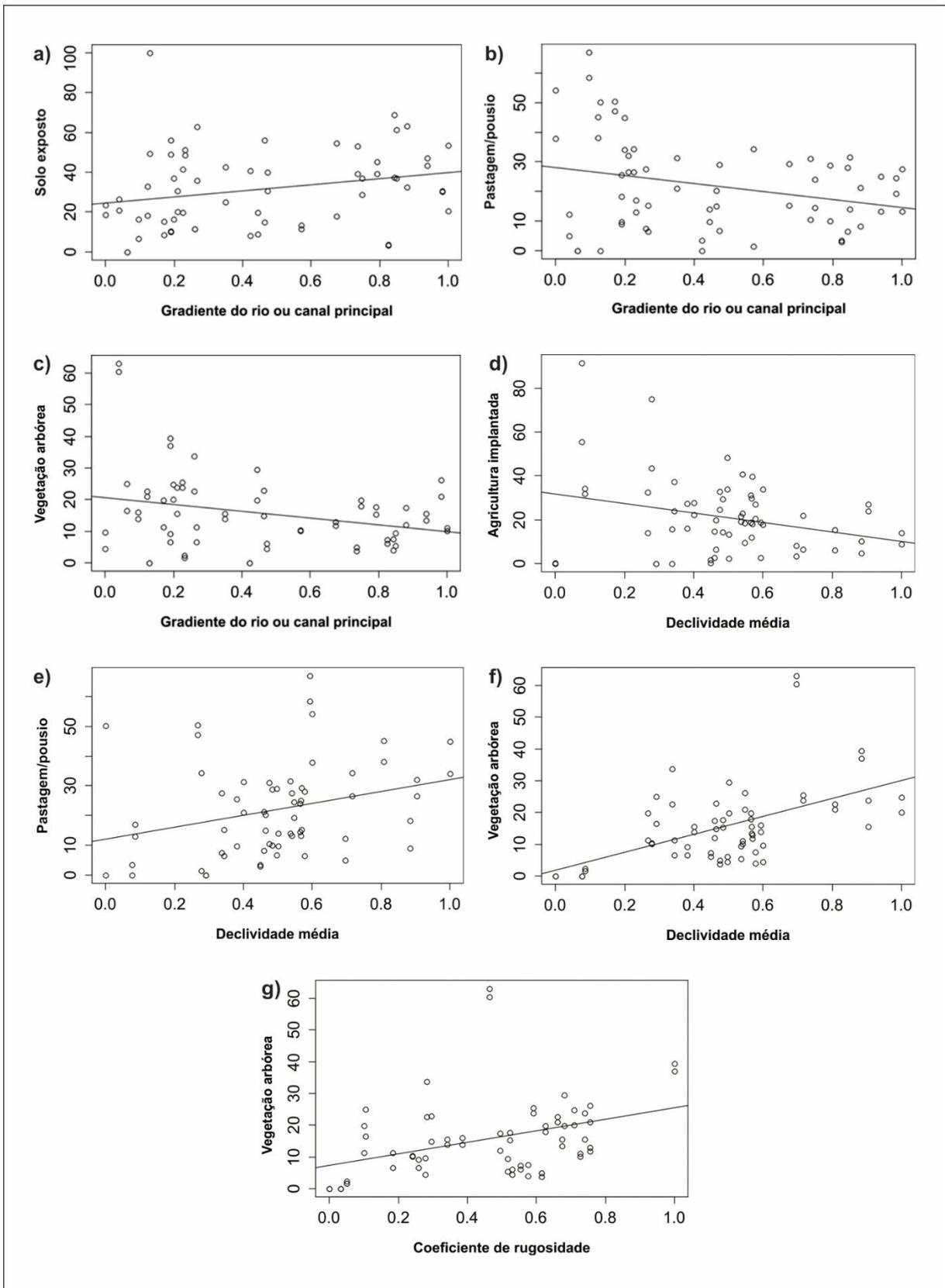


Figura 2 – Regressões lineares entre os parâmetros morfométricos (gradiente do rio principal, declividade média e coeficiente de rugosidade) sobre os usos e ocupação da terra.

Os dados dos parâmetros morfométricos das áreas de drenagem dos riachos em estudo encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros morfométricos das áreas de drenagem dos riachos em estudo em uma região no Sul do Brasil. Ic: Índice de circularidade; G: Gradiente do rio ou canal principal; Dm: Declividade média; RN: Coeficiente de rugosidade e Dd: Densidade de drenagem.

Área de Drenagem	Área (Km ²)	Perímetro (Km)	Hierarquia Fluvial (ordem)	Ic	G (m/m)	Dm (%)	RN (km/km ²)	Dd (km/km ²)
AD1	1,96	3,99	1 ^a	0,85	21,48	9,65	6,34	0,66
AD2	14,27	15,08	2 ^a	0,74	59,81	15,7	19,28	1,23
AD3	10,43	14,56	2 ^a	0,56	60,26	14,62	17,29	1,18
AD4	14,94	15,53	2 ^a	0,73	48,62	15,5	25,25	1,63
AD5	11,01	12,9	2 ^a	0,76	35,11	13,61	17,76	1,3
AD6	4,81	7,76	1 ^a	0,82	41,76	7,93	8,2	1,03
AD7	18,72	18,04	3 ^a	0,69	70,32	14,74	24,26	1,65
AD8	1,42	2,87	1 ^a	0,89	7,92	8,26	3,68	0,45
AD9	1,14	3,3	1 ^a	0,89	6,34	18,74	15,58	0,83
AD10	3,81	8,28	1 ^a	0,55	16,95	26,65	23,72	0,89
AD11	3,26	7,4	1 ^a	0,55	27,07	11,09	11,51	1,04
AD12	4,42	8,21	1 ^a	0,67	34,59	12,77	9,99	0,78
AD13	15,09	16,93	3 ^a	0,63	53,54	15,39	20,94	1,36
AD14	1,87	4,61	1 ^a	0,65	21,02	9,47	9,6	1,01
AD15	5,77	8,68	2 ^a	0,83	33,25	13,71	22,77	1,66
AD16	24,94	20,04	3 ^a	0,76	69,16	14,89	25,25	1,7
AD17	8,23	11,16	3 ^a	0,75	56,41	13,28	17,51	1,32
AD18	4,02	6,79	2 ^a	0,85	62,31	12,63	16,58	1,31
AD19	13,25	13,53	3 ^a	0,85	66,25	15,4	22,52	1,46
AD20	15,59	15,75	3 ^a	0,74	58,7	12,34	18,57	1,5
AD21	1,62	3,32	1 ^a	0,83	15,02	7,63	3,54	0,46
AD22	1,81	3,52	1 ^a	0,86	3,74	16,29	9,45	0,58
AD23	2,55	5,95	2 ^a	0,63	11,87	21,66	22,14	1,02
AD24	1,74	3,82	1 ^a	0,76	10,04	16,08	12,96	0,81
AD25	3,83	7,75	2 ^a	0,64	17,63	24,18	24,69	1,02
AD26	1,82	4,92	1 ^a	0,56	18,66	19,3	19,76	1,02
AD27	6,46	9,24	3 ^a	0,86	16,29	23,64	33,33	1,41
AD28	2,77	5,18	2 ^a	0,87	16,32	10,6	8,74	0,82

DISCUSSÃO

Alterações significativas na dinâmica da paisagem podem ser vistas mais facilmente em períodos de estudo maiores, uma vez que as mudanças observadas foram a nível de área de drenagem e não a nível regional (conforme os percentuais e

imagens de satélite). Os resultados que surgem a partir de estudos com escala temporal maior podem fornecer ferramentas importantes para determinar os padrões da estrutura e função dos ecossistemas nos quais as comunidades bióticas ocorrem (SILVA, ALBERTONI e PALMA-SILVA, 2015).

A redução das áreas com pastagem de 2003 para 2012, deve-se principalmente à destinação de algumas destas áreas para agricultura e também à conversão de algumas áreas de pastagem em solo exposto. Segundo Santos et al. (2014), as áreas de cultivo de forrageiras devem diminuir na Região Sul devido à previsão de aumento de temperatura nos próximos anos. Segundo os mesmos autores, as pastagens atuais estariam sendo substituídas por pastagens tropicais. Porém, as mesmas são pouco tolerantes a solos rasos, uma vez que estes podem apresentar problemas de drenagem para tais gramíneas, dessa forma, a longo prazo haverá a substituição de áreas de pastagem por solo exposto.

A relação da paisagem com a morfometria pode ser explicada em função das potencialidades que certas áreas apresentam em relação aos diferentes usos e ocupação da terra, diferentes regiões têm diferentes usos e isso deve-se à sua morfometria, que permite ou não aquele uso no local (SCOTT et al., 2013).

O índice de gradiente do rio ou canal principal pode variar com a maior ou menor inclinação do leito do rio. Quando aumenta o gradiente, o aumento da velocidade das águas faz com que o rio se torne mais raso, e a sua superfície obedece às irregularidades do fundo, formando-se assim as chamadas corredeiras. O perfil longitudinal de um rio sofre então flutuações, devido às variações no escoamento e na carga sólida, o que resulta em irregularidades no seu leito como as corredeiras e as depressões. Ao longo do canal, o rio tenta eliminar essas irregularidades, na tentativa de adquirir um perfil longitudinal côncavo e liso, com declividade suficiente para transportar a sua carga (LANA et al., 2001).

A declividade média é um dos parâmetros morfométricos que influencia na distribuição dos usos e ocupação da terra ao longo das áreas de drenagem. Um uso que é relacionado a este parâmetro é a agricultura, a qual diminui significativamente com o aumento da declividade, uma vez que se utilizam maquinários que precisam operar em terrenos planos.

A pastagem, por sua vez, está relacionada positivamente com a declividade, pois a área não pode ser utilizada para a agricultura e acaba sendo destinada à alimentação ou criação de rebanhos (SIQUEIRA et al., 2012).

Outra classe que possui relação positiva com a declividade é a vegetação arbórea, já que nos locais muito declivosos, ocorre menor percentual de alteração da paisagem natural com vegetação. No caso de uso anterior para agricultura ou pastagem, pode ocorrer a regeneração das espécies arbóreas quando estas atividades cessam. A declividade recomendada para uso agrícola é de até 20%, acima disso, a área deverá ser destinada a outras atividades, como por exemplo o reflorestamento (OLIVEIRA et al., 2013).

O coeficiente de rugosidade é um parâmetro que está relacionado à densidade de drenagem e à declividade média. Se a declividade média é alta, o coeficiente de rugosidade também será, e, quanto maior o coeficiente de rugosidade, maior é o potencial de erosão da área de drenagem. Portanto, o aumento da declividade média favorece o desenvolvimento da vegetação arbórea, uma vez que esta não pode ser removida para que a área seja ocupada com demais atividades. A presença da vegetação reduz os processos naturais relacionados à erosão, mantendo o ambiente íntegro (PISSARRA et al., 2004).

CONCLUSÕES

A declividade média é um dos parâmetros que delimita as potencialidades de usos e ocupação da terra, uma vez que é utilizada para o cálculo de parâmetros como o coeficiente de rugosidade e do índice de gradiente do rio ou canal principal. Os usos e ocupação da terra, como solo exposto, pastagem/pousio, vegetação arbórea e agricultura, são dependentes destes parâmetros morfométricos, sendo que neste caso, a paisagem sofreu maior influência.

Estudos futuros com dinâmica da paisagem e parâmetros morfométricos podem ser realizados em um período temporal maior, a fim de tornar mais nítidas as mudanças que ocorrem com a paisagem e com os usos e ocupação nela exercidos.

Os estudos de dinâmica da paisagem com georreferenciamento e análise da

morfometria das áreas de drenagem são de extrema importância no que diz respeito ao manejo, planejamento e recuperação de áreas de drenagem, uma vez que fornecem informações fundamentais a respeito das atividades possíveis e recomendáveis nos locais a serem utilizados. Além disso estudos que visam a manutenção da integridade ambiental favorecem a diversidade biológica nos ecossistemas.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A., J. L. STAPE, P. C. SENTELHAS, J. L. M. GONÇALVES e G. SPAROVEK. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2014.

ALVES, J. M. P. e CASTRO, P. T. A. Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. **Revista Brasileira de Geociências**, v.33, n.2, p.117-127, 2003.

ANDRADE, L. V. P.; FERREIRA, E.; BOTELHO, S. A. e DAVIDE, A. C. Caracterização física da bacia hidrográfica do ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG e uso conflitante da terra em suas áreas de preservação permanente. **Revista Cerne**, v.11, p.49-60, 2005.

BARACUHY, J. G. V.; KURTZ, S. M. J. M.; KURTZ, F. C.; DUARTE, S. M. A.; LIMA, V. L. A. e ROCHA, J. S. M. Deterioração físico-conservacionista da microbacia hidrográfica do riacho Paus Brancos, Campina Grande, PB . **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 159-164, 2003.

BISWAS, A.; MAJUMDAR, D. D. e BANERJEE, S. Morphometry Governs the Dynamics of a Drainage Basin: Analysis and Implications. **Geography Journal**, v. 2014, 14 p., 2014.

BRIGANTE, J. e ESPÍNDOLA E.L.G. **Limnologia Fluvial: um estudo no rio Mogi-Guaçu**. São Carlos, RiMa, 2003.

CALIL, P. M.; OLIVEIRA, L. F. C.; KLIEMANN, H. J. e OLIVEIRA, V. A. Caracterização geomorfométrica e do uso do solo da Bacia Hidrográfica do Alto Meia Ponte, Goiás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 4, 2012.

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B. e MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, v. 30, n. 2, p. 241-248, 2006.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 2007. 236 p.

COELHO, V. H. R.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ALMEIDA, C. N.; LIMA, E. R. V.; RIBEIRO, N. A. e MOURA, G. S. S. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 1, Jan. 2014.

DECIAN, V. S. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento. In: ZAKRZEWSKI, S. B. (Org.). **Conservação e uso sustentável da água: múltiplos olhares**. Erechim, RS: EdiFapes, 2007. 138 p. Projeto Lambari: cuidando as águas do Alto Uruguai Gaúcho.

DECIAN, V.; ZANIN, E. M.; HENKE, C.; QUADROS, F. R. e FERRARI, C. A. Uso da terra na região Alto Uruguai do Rio Grande do Sul e obtenção de banco de dados relacional de fragmentos de vegetação arbórea. **Perspectiva**, v. 33, n. 121, p. 165-176, 2009.

FUJITA, R. H.; GON, P. P.; STEVAUX, J. C.; SANTOS, M. L. e ETCHEBEHERE M. L. Perfil longitudinal e a aplicação do índice de gradiente (RDE) no rio dos Patos, bacia hidrográfica do rio Ivaí, PR. **Revista Brasileira de Geociências**, v.41, n.4, p. 597-603, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de uso da terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

LANA, C. E.; ALVES, J. M. P. e CASTRO, P. T. A. Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG - Brasil. **Revista Escola de Minas**, v. 54, n. 2, 2001.

MALIK, I. M.; BHAT, M. S. e KUCHAY N. A. Watershed based drainage morphometric analysis of Lidder catchment in Kashmir Valley using Geographical Information Systems. **Recent Research in Science and Technology**, v.3, n.4, p. 118-126, 2011.

OKSANEN, J.; BLANCHET, F.G.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MINCHIN, P. R.; O'HARA, R. B.; SIMPSON, G.L.; SOLYMOS, P.; STEVENS, M.H.H. e WAGNER, H. 2014. **Vegan**: Community Ecology Package. R package version 2.2-0. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; BUDKE, J. C.; JARENCOW, J. A.; EISENLOHR, P. V. e NEVES, D. R. M. Delving into the variations in tree species composition and richness across South American subtropical Atlantic and Pampean forests. **Journal of Plant Ecology** (on line): p. 1-23, 2013.

OLIVEIRA, L. F. C.; CALIL, P. M.; RODRIGUES, C.; LIEMANN, H. J. e OLIVEIRA, V. A. Potencial do uso dos solos da bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte, Goiás. **Ambi-Agua**, v. 8, n. 1, p. 222-238, 2013.

PÉRICO, E.; CEMIN, G.; AREND, U.; REMPEL, C. e ECKHARDT, R. R. Análise fisiográfica da bacia hidrográfica do rio Forqueta, RS. In **Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Curitiba-PR, Brasil, p.1200-1207, 2011.

PISSARRA, T. C. T.; POLITANO, W. e FERRAUDO, A. S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.297-305, 2004.

SANTOS, P. M.; EVANGELISTA, S. R. M.; PEZZOPANE, J. R. M. (Ed.). Cenários agrícolas futuros para pastagens no Brasil. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste. **Embrapa Pecuária Sudeste**. Documentos, 114, 2014.

SCOTT D. C.; P. SAM L.; SERGI S.; JOHN M. M. e JOHN L. S. The effects of land use changes on streams and rivers in mediterranean climates, **Hydrobiologia**, v. 719, n.1, p. 383-425, 2013.

SEABRA, V. S. e CRUZ, C. M.; Mapeamento da dinâmica da cobertura e uso da terra na bacia hidrográfica do Rio São João, RJ. **Sociedade e natureza**, v. 25, n. 2, 2013 .

SILVA, J. S.; ALBERTONI, E. F.; PALMA-SILVA, C. Temporal variation of phytophilous Chironomidae over a 11-year period in a shallow Neotropical lake in southern Brazil. **Hydrobiologia**, v. 742, p. 129-140, 2014.

SILVA, C. A. Caracterização dos solos da microrregião geográfica de Erechim. **Perspectiva**, v. 32, p. 127-140, 2008.

SIQUEIRA, H. E.; TIBERY, L. R.; GUIDOLINI, J. F.; JUNIOR, R. F.V. e RODRIGUES, V. A. Análise morfométrica e definição do potencial de uso do solo da microbacia do Rio Veríssimo, Veríssimo – MG. **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n.15; p. 2240, 2012.

SOUZA, M. L. e MOULTON, T. P. The effects of shrimps on benthic material in a Brazilian island stream. **Freshwater Biology**, v.50, p.592-602, 2005.

SREEDEVI, P. D.; OWAIS, S.; KHAN, H. H. e AHMED, S. Morphometric Analysis of a Watershed of South India Using SRTM Data and GIS. **Journal Geological Society of India**, v.73, n.4, p. 543-552, 2009.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E. e NASCIMENTO, P.C. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2 ed. – Porto Alegre- Emater/RS- Ascar, 2008.

The R Development Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. (R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>), 2014.

TUNDISI, J. G. e TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de textos, p. 631, 2008.

VILLELA, S. M. e MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 245 p., 1975.

CAPÍTULO 2

COMUNIDADE DE CHIRONOMIDAE (INSECTA, DIPTERA) E DINÂMICA DA PAISAGEM

COMUNIDADE DE CHIRONOMIDAE (INSECTA, DIPTERA) E DINÂMICA DA PAISAGEM

RESUMO

A família Chironomidae possui capacidade para tolerar ambientes aquáticos com as mais diversas condições. As variáveis ambientais influenciam sua distribuição temporal e espacial e torna-os excelentes bioindicadores. Este estudo teve por objetivo verificar a existência de variações na estrutura e composição da comunidade de Chironomidae ao longo do tempo, e verificar a influência das variáveis limnológicas, morfométricas e da dinâmica da paisagem sobre esta comunidade, em riachos do sul do Brasil. O material biológico é proveniente de coletas realizadas em 2004 e 2012, no verão e no inverno, com auxílio de um Surber, em 28 áreas de drenagem. Os organismos foram identificados até o nível taxonômico de gênero. Variáveis limnológicas analisadas foram: temperatura da água, condutividade elétrica, turbidez, pH e oxigênio dissolvido. A análise da paisagem foi realizada com base em imagens de satélite e a quantificação de atributos nas áreas de drenagem e variáveis morfométricas foram determinadas também nas áreas de drenagem. Foram identificadas 12.577 larvas, distribuídas em 85 gêneros. O ano 2012 apresentou maior densidade de organismos (57% do total), já 2004 apresentou maior riqueza (65). *Chironomus*, *Polypedillum* e *Rheotanytarsus* foram os gêneros com maior densidade em 2004; em 2012 foram *Corynoneura*, *Rheotanytarsus* e *Cricotopus/Orthocladius*. A estrutura da comunidade diferiu significativamente entre os anos 2004 e 2012. A análise de variância multivariada mostrou que houve variação na composição da comunidade entre os anos ($F_{(6,41)} = 1,29$; $p=0,001$). A Análise de Redundância explicou 67% da variação dos dados e mostrou que a distribuição dos organismos para o ano 2004 foi influenciada pelo gradiente do rio ou canal principal, temperatura da água, pH e condutividade elétrica, e também do percentual de pastagem. Para o ano 2012 a declividade foi o fator determinante para a distribuição dos organismos. Assim, concluímos que a composição e estrutura da comunidade de Chironomidae variou em um período de nove anos e foi influenciada por variáveis limnológicas como temperatura, pH e condutividade elétrica. Em adição, houveram efeitos dos usos e ocupação da terra e da morfometria das áreas de drenagem, indicando a importância destas para a composição e estruturação das comunidades de organismos aquáticos.

Palavras-chave: Insetos aquáticos. Usos e ocupação da terra. Morfometria de áreas de drenagem. Variação temporal.

INTRODUÇÃO

Os ecossistemas aquáticos estão sendo impactados pelas atividades antrópicas, devido ao crescimento das cidades e às suas demandas, além do desenvolvimento econômico de muitas regiões, que por sua vez pode produzir alterações significativas no uso da terra, poluição do ar, com impactos nos recursos hídricos (TUNDISI e TUNDISI, 2008). Como resultado, pode ocorrer uma queda acentuada da biodiversidade aquática, desestruturação do ambiente físico, químico e alterações na dinâmica e estrutura das comunidades biológicas, além de mudanças climáticas, remoção da vegetação ripária e alterações no fluxo dos rios (CALLISTO et al., 2001; ALLAN, 2004; ALLAN e CASTILLO 2007; ROQUE et al., 2010; SENSOLO et al., 2012).

A avaliação dos impactos causados pela atividade antrópica nos corpos d'água costuma ser feita a nível de bacias hidrográficas, pois estas são unidades ecossistêmicas adequadas para investigações e gerenciamento dos recursos hídricos (FERNANDES e SILVA, 1994). Os ecossistemas aquáticos são abertos, trocam energia e matéria entre si e, com os ecossistemas terrestres, além disso, sofrem alterações de diferentes tipos em virtude do uso e ocupação da terra (ESPÍNDOLA et al., 2000).

Uma das atividades antrópicas mais impactantes no entorno de bacias hidrográficas é a agricultura, a qual altera em muito a qualidade da água e do meio ambiente (CHANG et al., 2008). O uso de técnicas agrícolas inadequadas, utilização de agroquímicos e a exploração madeireira, são apontados como principal causa do desmatamento e conseqüentemente da erosão e assoreamento dos corpos d'água (ARAÚJO et al., 2009).

A sazonalidade da agricultura traz diferentes impactos, uma vez que diferentes ações de manejo são realizadas junto aos plantios em cada uma das estações do ano (CHANG et al., 2008). A conversão de grandes áreas naturais para pastagens e plantio causam mudanças em escala de bacias hidrográficas, devido à remoção da vegetação ripária, impactando cursos d'água através da sedimentação e degradação da qualidade da água, uma vez que se alteram também suas características químicas, físicas e biológicas, acarretando em perda da biodiversidade (SOUZA et al., 2013; COLZANI et al., 2013).

A vegetação ripária deve ser mantida, uma vez que beneficia o ecossistema aquático de diversas formas: fornecendo matéria orgânica, o que diversifica as condições tróficas, regulação térmica devido à cobertura pelo dossel da floresta, estruturação do habitat e redução do aporte de nutrientes e poluentes para o curso d'água (LOOY et al., 2013). Estas alterações podem atuar como filtros ambientais, fazendo com que somente espécies adaptadas a tais condições possam habitar nestes ambientes aquáticos, ocasionando redução da biodiversidade aquática e mudanças na dinâmica e estrutura de comunidades biológicas (ROQUE et al., 2010; CALLISTO et al., 2005).

A sensibilidade de uma comunidade de organismos aquáticos, ou de populações de diferentes espécies, constitui-se em um indicador fundamental das condições ambientais, pois os organismos e as comunidades podem responder a diferentes alterações em recursos ou a alterações em variáveis ambientais como condutividade, temperatura da água ou poluentes orgânicos e inorgânicos. Dessa forma, o monitoramento biológico permite, até certo ponto, antecipar impactos, avaliar o risco ecológico e as consequências dos danos, além de identificar qualquer tipo de estresse pelo qual passa um ecossistema aquático e comunidades, que são os componentes fundamentais do ecossistema (TUNDISI e TUNDISI, 2008; MACHADO et al., 2015).

Variações na composição das comunidades aquáticas em pequena escala são geralmente explicadas pelas variáveis físicas e químicas de qualidade da água, o que combinado com dados espaciais, contribui para explicar a diversidade biológica e as relações dos organismos aquáticos com o ambiente (HEPP e MELO, 2013).

Estudos de biomonitoramento com a utilização de macroinvertebrados bentônicos são frequentes, uma vez que estes organismos mostram um *continuum* de respostas às variáveis ambientais (FERREIRA et al., 2014). Dentre os macroinvertebrados bentônicos mais utilizados em estudos de qualidade ambiental, a família Chironomidae é a que possui maior capacidade fisiológica para tolerar ambientes com diversos níveis de qualidade ambiental quando comparada a outros grupos de insetos aquáticos. As variáveis ambientais, tais como temperatura da água, condutividade e pH influenciam a sua distribuição temporal e torna-os excelentes indicadores de qualidade ambiental (RESTELLO et al., 2014).

Larvas da família Chironomidae têm grande importância ecológica pois fazem parte da transformação da matéria orgânica. As larvas reduzem o tamanho das partículas vegetais, liberando nutrientes do sedimento para a coluna d'água, participam do revolvimento do fundo com sedimentos, processo conhecido como bioturvação e que possui grande importância física, química e biológica para os ecossistemas aquáticos (TRIVINHO-STRIXINO e STRIXINO 1995; HENRIQUES-OLIVEIRA et al., 2003; GALIZZI et al., 2012; ESTEVES, 2011; BIASI et al., 2013).

O padrão de dominância de organismos da família Chironomidae é observado em riachos localizados na Região Sul do Brasil, como relatado em inúmeros estudos sobre a estrutura e composição desses organismos (HEPP e RESTELLO, 2007; KONIG et al., 2008; MILESI et al., 2008; HEPP e RESTELLO, 2010; BAGATINI et al., 2010; RESTELLO et al., 2012), sobre efeitos de diferentes usos e ocupação da terra (HEPP e SANTOS, 2009; HEPP et al., 2010; SENSOLO et al., 2012).

Uma vez que os Chironomidae são organismos que apresentam respostas rápidas às alterações sofridas nos habitats, fornecendo informações sobre a qualidade ambiental e subsídios para intervenções junto ao ambiente em estudo, o conhecimento do comportamento desta comunidade ao longo do tempo torna-se relevante (ABURAYA e CALLIL, 2007).

Dessa forma, este estudo teve por objetivo verificar a existência de variações na estrutura e composição da comunidade de Chironomidae ao longo do tempo, e verificar a influência das variáveis limnológicas, morfométricas e da dinâmica da paisagem sobre esta comunidade, em riachos do sul do Brasil.

Espera-se que haja diferença na composição e estrutura da comunidade amostrada durante o ano de 2004 e a de 2012, uma vez que dentro deste intervalo de tempo, possa ter ocorrido alterações nos usos e ocupação da terra nas áreas de drenagem, e conseqüentemente nas variáveis limnológicas, afetando a comunidade biológica. Além disso, a morfometria das áreas de drenagem pode ter um efeito sobre a comunidade de Chironomidae de forma indireta, uma vez que a paisagem sofre influência da morfometria (Cap.1).

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

Este trabalho foi realizado em riachos da região sul do Brasil, localizada entre as coordenadas $27^{\circ}12'59''$ a $28^{\circ}00'47''$ latitude sul e $51^{\circ}49'34''$ a $52^{\circ}48'12''$ de longitude oeste (Figura 1), e com altitude que varia de 400 a 800 m (SILVA, 2008). As 28 áreas de drenagem do estudo possuem forte influência agrícola e de acordo com Decian et al. (2009) todos os riachos selecionados estão inseridos em matriz agrícola, possuem pequena ordem (<3ª ordem) e características limnológicas semelhantes.

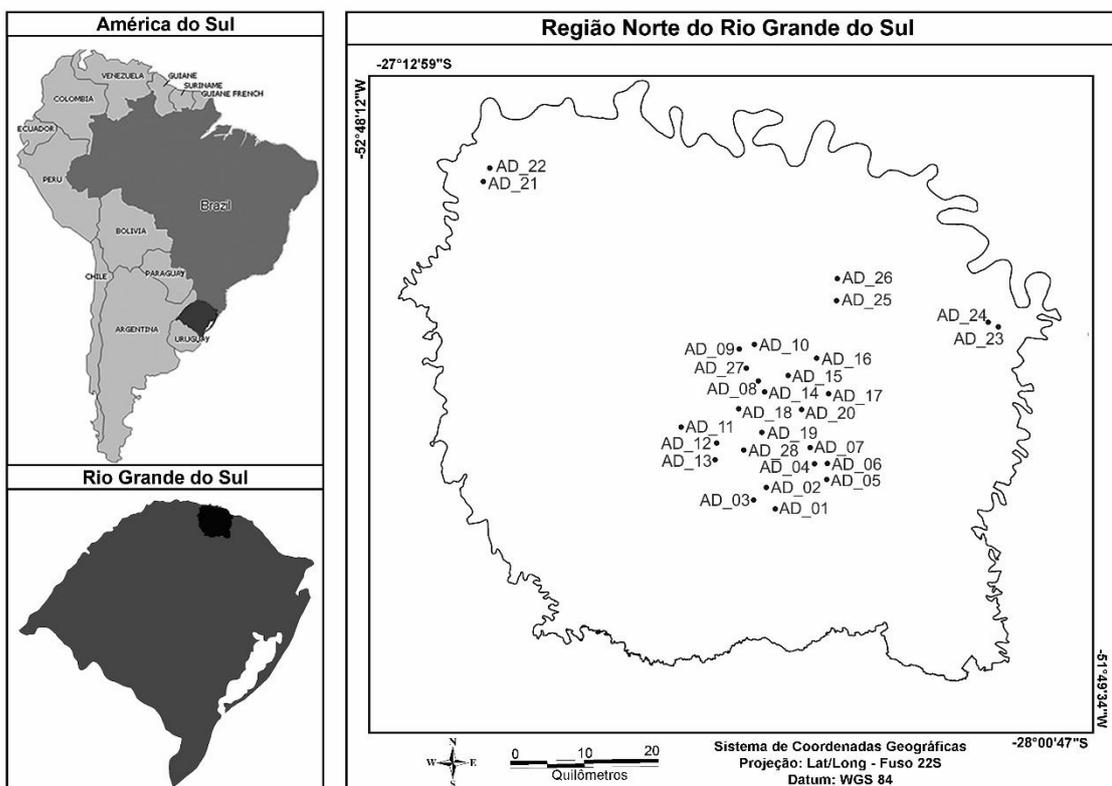


Figura 1 - Localização Geográfica das Áreas de Drenagem em uma região no sul do Brasil.

O clima desta área é classificado como subtropical temperado (tipo Cfb de Köppen), com temperatura média anual de $18\pm 1^{\circ}\text{C}$ e precipitação anual entre 1900 e 2200 mm³ (ALVARES et al., 2013). A formação geológica e edáfica é constituída por basalto e o solo é composto predominantemente pela Classe dos Latossolos, mais especificamente o Latossolo Vermelho Aluminoférrico típico (LVaf) (STRECK et al., 2008). A vegetação é caracterizada por um misto de Floresta Estacional Perenifolia com Araucária e Floresta Estacional Semidecidual (OLIVEIRA-FILHO et al., 2013).

AMOSTRAGEM E IDENTIFICAÇÃO DOS CHIRONOMIDAE

Para este estudo foi utilizada a base de dados do Laboratório de Biomonitoramento da URI Erechim visando a análise da comunidade de Chironomidae frente a variações no uso e ocupação da terra num intervalo de tempo correspondente aos anos de 2004 e 2012.

Esta base de dados foi obtida a partir de coletas semestrais de macroinvertebrados bentônicos, com um amostrador Surber (malha de 250 μm e área de 0,09 m²), em substrato pedregoso. De acordo com Sensolo et al. (2012) foi escolhido este tipo de substrato para manter o padrão de homogeneidade das amostras, o que possibilita avaliar o real efeito das variáveis ambientais (usos e ocupação da terra) sobre os organismos.

O material coletado foi fixado em campo com etanol 80%, acondicionado em potes plásticos e conduzido ao Laboratório de Biomonitoramento da URI para triagem e identificação. As amostras foram triadas a fim de separar a família Chironomidae dos demais grupos. Para identificação das larvas, as mesmas foram mergulhadas em solução de hidróxido de potássio 10% durante 24 horas para clareamento. Após foram confeccionadas lâminas semipermanentes com solução de Hoyer proposta por Trivinho-Strixino e Strixino (1995) e os organismos foram analisados em microscopia óptica com aumento de 1000 vezes.

A identificação até o nível taxonômico de gênero foi realizada com chaves de EPLER (2001) e STRIXINO (2011). Posteriormente o material foi depositado na coleção de Invertebrados Bentônicos do Museu Regional do Alto Uruguai (MuRAU) da URI – Erechim.

VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS

Os valores das variáveis limnológicas mensuradas foram obtidos no banco de dados do Laboratório de Biomonitoramento da URI. As variáveis foram mensuradas com o auxílio de um analisador multiparâmetro Horiba® e são as seguintes: temperatura da água (°C), turbidez (UNT), condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$), pH e oxigênio dissolvido (mg L^{-1}). As análises foram realizadas de acordo com métodos padronizados e reconhecidos internacionalmente descritos no *Standard Methods* (APHA, 1998).

ANÁLISE DOS USOS E OCUPAÇÃO DA TERRA

A análise da paisagem das áreas de drenagem utilizadas neste trabalho, referente ao uso e ocupação da terra, foi obtida a partir de imagens de satélite proveniente do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), através do acesso, seleção e *download* das imagens geradas na Plataforma LANDSAT TM 5, referentes a duas tomadas (2003 e 2012) com período sazonal de outubro para ambos os anos.

Para o georreferenciamento das imagens de satélite foi realizada a coleta de coordenadas (sistema de coordenadas UTM SIRGAS/2000 e fuso 22 S, com escala de apresentação final de 1:35.000). Após, foi aplicado o módulo de classificação digital supervisionada pelo método de Máxima verossimilhança (MaxVer) do Aplicativo IDRISI ANDES, aplicou-se o índice de Kappa e verdade terrestre para averiguar os padrões amostrais, definidos como: área urbanizada, agricultura implantada, solo exposto, pastagem/pousio, vegetação arbórea e lâmina d'água.

Para estruturação do banco de dados digital foi utilizado o software MapInfo 8.5 que quantificou parâmetros numéricos de área, perímetro e porcentagem para as áreas de drenagem propostas para o trabalho, a partir dos divisores topográficos que limitam as mesmas. Após, foram exportadas para tratamento em planilha eletrônica Excel.

ANÁLISE MORFOMÉTRICA

Para a realização da análise morfométrica, foram avaliados os dados físicos das áreas de drenagem relacionados a topografia (clinografia) e geomorfologia por meio da estrutura de dados já existente no LagePlam (Laboratório de Geoprocessamento) da URI – Erechim, sendo assim analisados os parâmetros para cada área de drenagem com seleção dos dados necessários e compatíveis com a morfometria.

A análise morfométrica das áreas de drenagem em estudo foi baseada no levantamento dos seguintes parâmetros: a) tamanho de cada área de drenagem, b) perímetro de cada área de drenagem, c) hierarquia fluvial, d) densidade de drenagens (Dd); e) Índice de Circularidade (Ic); f) Declividade Média (Dm); g) Coeficiente de Rugosidade (RN); h) Gradiente do Rio Principal (G). A metodologia empregada para determinar os parâmetros morfométricos seguiu os procedimentos apresentados por Christofolletti (2007).

ANÁLISE DOS DADOS

Para avaliação da estrutura da comunidade de Chironomidae foram estimados os valores de densidade de organismos (ind m^{-2}), riqueza observada dada pelo número de gêneros identificados, riqueza rarefeita e calculados os índices de Diversidade de Shannon e Equabilidade (MAGURRAN, 2004). A riqueza rarefeita foi calculada a partir das curvas de rarefação (GOTELLI e COLWELL, 2001), para evitar uma possível influência do número de organismos (abundância) sobre a riqueza.

Para esta análise foi considerada a menor abundância de organismos coletados nos locais, com 1000 aleatorizações para a definição do valor de riqueza rarefeita. Para verificar se houve diferença na estrutura da comunidade entre os anos de estudo foi utilizado um Teste *t*.

Para verificar se a composição da comunidade variou entre os anos de estudo e para verificar os efeitos das variáveis morfometria, usos e ocupação da terra e

variáveis limnológicas sobre a composição da comunidade, foram organizadas quatro matrizes: (i) a matriz biológica constituída de dados da comunidade de Chironomidae (gêneros), (ii) uma matriz com atributos do uso e ocupação da terra nas áreas de drenagem para o ano de 2004 e 2012, (iii) uma matriz com dados de morfometria das áreas de drenagem e (iv) uma matriz com as variáveis limnológicas.

Para verificar se a composição da comunidade varia entre os anos (2004 e 2012) utilizou-se de uma MANOVA (Análise de Variância Multivariada). A matriz biológica foi transformada em $\log(x+1)$ para evitar distorções causadas por “outliers” e homogeneização das variâncias. Uma análise multivariada com base na mediana dos centróides definida a partir de uma PCoA (betadisper) foi realizada para verificar a dispersão dos dados a partir de uma ordenação das unidades amostrais. Posteriormente, para verificar a significância desta, foi aplicado uma ANOVA (Análise de Variância).

Para analisar quais dos efeitos (morfometria, usos e ocupação da terra e variáveis limnológicas) exerceram influência sobre a composição dos Chironomidae, foi utilizada uma RDA (Análise de Redundância). Para isso, utilizou-se uma matriz com todas as variáveis e com os dados biológicos já transformados.

Para verificar se houve diferença entre as variáveis limnológicas por ano de estudo, utilizou-se um Teste t considerando níveis de significância, valores de $p < 0,05$. As análises foram realizadas com o auxílio do pacote “vegan” (OKSANEN et al., 2014) do software R (R CORE TEAM, 2014).

RESULTADOS

VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS

As águas dos riachos apresentaram-se bem oxigenadas nos períodos estudados, variando de $7,06 \pm 1,11$ (mg L⁻¹) em 2004 e $6,69 \pm 0,62$ (mg L⁻¹) em 2012. O pH apresentou-se próximo à neutralidade em todos os pontos. As maiores médias de turbidez foram para o ano 2012 ($9,23 \pm 6,60$ UNT) (Tabela 1). Pode-se verificar pelo Teste *t* que apresentaram variação significativa entre os anos 2004 e 2012 as seguintes variáveis limnológicas: temperatura ($t=2,26$; $p=0,03$); condutividade elétrica ($t=2,02$; $p=0,05$) e pH ($t=3,26$; $p=0,005$). A turbidez e o oxigênio dissolvido das áreas de drenagem não apresentaram diferença entre os anos de 2004 e 2012 ($p > 0,05$).

Tabela 1 – Média e desvio padrão das variáveis limnológicas mensuradas nas áreas de drenagem de riachos do Sul do Brasil, nos anos de 2004 e 2012.

Variáveis Limnológicas	2004	2012
Temperatura da água (°C)	$19,36 \pm 1,85$	$18,22 \pm 0,91$
Condutividade Elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	$110,95 \pm 98,50$	$62,04 \pm 31,33$
Turbidez (UNT)	$7,64 \pm 3,79$	$9,23 \pm 6,60$
pH	$7,14 \pm 0,34$	$6,65 \pm 0,41$
Oxigênio Dissolvido (mg L ⁻¹)	$7,06 \pm 1,11$	$6,69 \pm 0,62$

COMUNIDADE DE CHIRONOMIDAE: COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA

Durante o período estudado foram amostradas em 28 riachos e identificadas 12.577 larvas de Chironomidae, distribuídas em 85 gêneros e estes em três subfamílias (Chironominae, Orthocladiinae e Tanypodinae). O ano de 2012 apresentou maior densidade de organismos (56,63% do total), enquanto que o ano de 2004 apresentou maior riqueza (65 gêneros).

Para o ano de 2004 os gêneros com maior densidade foram *Chironomus* (1.702 exemplares; 13,53%), *Polypedillum* (486; 3,86%) e *Rheotanytarsus* (458; 3,64%), enquanto para o ano de 2012 foram *Corynoneura* (1.216; 9,67%), *Rheotanytarsus* (748; 5,95%), *Cricotopus/Orthocladius* (742; 5,90%) e *Polypedillum* (541 organismos; 4,30%). Tanto para o ano de 2004 quanto para o ano de 2012, a subfamília *Chironominae* foi a mais representativa.

Tabela 2 – Densidade de subfamílias e gêneros de Chironomidae (média e desvio padrão) identificados em riachos do Sul do Brasil nos anos de 2004 e 2012.

Gênero	Densidade (ind m ⁻²)	
	2004	2012
Chironominae Maquart, 1838		
<i>Aedokritus</i> Roback, 1958	0,00 ± 0,00	0,10 ± 0,30
<i>Beardius</i> Reiss e Sublette, 1985	0,60 ± 2,01	0,00 ± 0,00
<i>Brundiniella</i> Roback, 1978	0,25 ± 1,12	0,00 ± 0,00
<i>Caladomyia</i> Säwedal, 1981	0,25 ± 0,55	0,80 ± 1,17
<i>Chironomus</i> Meigen, 1803	85,10 ± 334,50	3,40 ± 4,05
<i>Cladopelma</i> Kieffer, 1921	0,10 ± 0,45	0,00 ± 0,00
<i>Constempellina</i> Pankratova, 1983	0,00 ± 0,00	0,80 ± 1,83
<i>Dicrotendipes</i> Kieffer, 1913	0,45 ± 1,23	0,10 ± 0,30
<i>Endotribelos</i> Grodhaus, 1987	2,05 ± 8,01	1,00 ± 1,84
<i>Endochironomus</i> Grodhaus, 1987	0,95 ± 3,58	0,00 ± 0,00
<i>Fissimentum</i> Cranston e Nolte, 1996	0,05 ± 0,22	0,00 ± 0,00
<i>Glyptotendipes</i> Kieffer, 1913	0,05 ± 0,22	0,00 ± 0,00
<i>Goeldichironomus</i> Fittkau, 1965	0,00 ± 0,00	32,60 ± 39,58
<i>Harnischia</i> Kieffer, 1921	0,50 ± 1,10	0,00 ± 0,00
<i>Lauterborniella</i> Thienemann e Bause, 1913	0,10 ± 0,31	0,00 ± 0,00
<i>Manoa</i> Fittkau, 1963	0,00 ± 0,00	4,30 ± 12,57
<i>Microchironomus</i> Kieffer, 1918	0,65 ± 2,25	5,10 ± 8,64
<i>Nilothauma</i> Goetghebuer, 1921	0,65 ± 2,68	0,00 ± 0,00
<i>Nimbocera</i> Reiss, 1972	3,25 ± 7,89	27,00 ± 41,54
<i>Parachironomus</i> Lenz, 1921	0,00 ± 0,00	1,90 ± 3,56
<i>Paralauterborniella</i> Lenz, 1941	0,10 ± 0,31	0,40 ± 0,92
<i>Paratanytarsus</i> Thienemann e Bause, 1951	0,10 ± 0,45	1,10 ± 1,37
<i>Paratendipes</i> Kieffer, 1911	4,40 ± 7,30	8,10 ± 12,50
<i>Phaenopsectra</i> Kieffer, 1921	3,60 ± 8,36	47,20 ± 79,84
<i>Polypedillum</i> Kieffer, 1912	24,30 ± 38,33	54,10 ± 94,32
<i>ProxParatendipes</i> Kieffer, 1911	0,15 ± 0,67	0,00 ± 0,00
<i>Pseudochironomus</i> Riethia Malloch, 1915	0,00 ± 0,00	0,10 ± 0,30
<i>Rheotanytarsus</i> Thienemann e Bause, 1913	22,90 ± 37,09	74,80 ± 140,83
<i>Riethia</i> Kieffer, 1917	0,55 ± 1,47	5,20 ± 9,13
<i>Saetheria</i> Jackson, 1977	0,00 ± 0,00	8,00 ± 17,49

Tabela 2 – Continuação

Gênero	Densidade (ind m ⁻²)	
	2004	2012
<i>Stempellina</i> Thienemann e Bause, 1913	0,00 ± 0,00	0,10 ± 0,30
<i>Stenochironomus</i> Kieffer, 1919	0,00 ± 0,00	0,40 ± 0,92
** <i>Tanytarsini</i>	0,45 ± 1,61	0,00 ± 0,00
** <i>Tanytarsini</i> Gen D	4,80 ± 9,73	1,00 ± 1,90
<i>Tanytarsus</i> Van der Wulp, 1874	7,00 ± 10,12	2,60 ± 2,24
<i>Xestochironomus</i> Sublete e Wirth, 1972	0,00 ± 0,00	0,20 ± 0,40
<i>Zavreliella</i> Kieffer, 1920	0,00 ± 0,00	0,50 ± 0,92
<i>Orthoclaadiinae</i> Edwards, 1929		
<i>Acricotopus</i> Kieffer, 1921	0,10 ± 0,31	0,00 ± 0,00
<i>Antillocladius</i> Saether, 1981	5,65 ± 21,76	0,00 ± 0,00
<i>Cardiocladius</i> Kieffer, 1912	0,00 ± 0,00	7,00 ± 7,96
<i>Corynoneura</i> Winnertz, 1846	3,30 ± 7,46	121,60 ± 151,92
<i>Cricotopus</i> van der Wulp, 1874	12,15 ± 33,33	1,50 ± 1,91
<i>Cricotopus/Orthocladus</i> *	1,05 ± 3,63	74,20 ± 76,26
<i>Eukiefferiella</i> Thienemann, 1926	0,05 ± 0,22	0,00 ± 0,00
<i>Gymnometriocnemus</i> Goetghebuer, 1932	0,95 ± 4,25	4,60 ± 4,78
<i>Hidrobaenus</i> Cranston, 1986	20,50 ± 44,17	0,00 ± 0,00
<i>Lopescladius</i> Oliveira, 1967	14,85 ± 17,62	0,40 ± 0,66
<i>Mesocricotopus</i> Brundin, 1956	0,05 ± 0,22	0,10 ± 0,30
<i>Metriocnemus</i> Kieffer 1921	0,00 ± 0,00	2,90 ± 4,93
<i>Nanocladius</i> Kieffer, 1912	0,40 ± 1,14	8,70 ± 10,58
<i>Onconeura</i> Andersen e Sather, 2005	0,05 ± 0,22	14,10 ± 16,85
<i>Orthoclaadiinae</i> Lenz, 1921	0,00 ± 0,00	0,50 ± 0,92
<i>OrthoclaadiinaeA</i> Kieffer, 1911	0,20 ± 0,89	5,70 ± 12,70
<i>OrthoclaadiinaeB</i> Kieffer, 1911	0,35 ± 1,57	0,50 ± 0,92
** <i>Orthoclaadiinae</i> Gen 1	0,80 ± 2,07	0,00 ± 0,00
<i>Orthocladus</i> van der Wulp, 1874	0,30 ± 0,73	1,90 ± 4,78
<i>Paracladius</i> Hirvenoja, 1973	0,20 ± 0,70	0,20 ± 0,40
<i>Parakiefferiella</i> Thienemann, 1926	0,05 ± 0,22	0,80 ± 1,83
<i>Parametriocnemus</i> Goetghebuer, 1932	8,50 ± 15,54	42,90 ± 62,44
<i>Paraphaenocladus</i> Thienemann, 1924	0,30 ± 0,92	1,40 ± 1,74
<i>Psectrocladius</i> Holmgren, 1869	0,80 ± 1,36	17,10 ± 35,65
<i>Rheocricotopus</i> Thienemann e Harnisch, 2004	1,70 ± 3,74	1,10 ± 1,92
** <i>ThieneS</i>	2,50 ± 5,71	0,00 ± 0,00
<i>Thienemannia</i> Kieffer, 1909	0,15 ± 0,67	8,10 ± 15,70
<i>Thienemaniella</i> Kieffer, 1911	5,90 ± 10,73	5,80 ± 12,67
<i>Ubatubaneura</i> Trivinho-Strixino, 2009	0,00 ± 0,00	0,50 ± 0,92
<i>Tanypodinae</i> Thienemann e Zavrel, 1916		
<i>Ablabesmya</i> Johannsen, 1905	0,15 ± 0,67	0,00 ± 0,00
<i>Djalmabatista</i> Fittkau, 1968	0,00 ± 0,00	0,40 ± 0,92
<i>GrThienemannimyia</i> Fittkau, 1957	0,00 ± 0,00	1,40 ± 2,06
<i>Hudsonimyia</i> Roback, 1979	1,50 ± 4,38	9,70 ± 13,49

Tabela 2 – Continuação

Gênero	Densidade (ind m ⁻²)	
	2004	2012
<i>Labrundinia</i> Fittkau, 1962	0,05 ± 0,22	12,80 ± 17,37
<i>Larsia</i> Fittkau, 1962	3,10 ± 5,93	4,50 ± 4,13
<i>Natarsia</i> Fittkau, 1962	0,55 ± 1,28	0,50 ± 0,92
<i>Nilotanypus</i> Kieffer, 1923	0,35 ± 0,75	0,90 ± 2,70
<i>Paramerina</i> Stur e Fittkau, 1997	5,25 ± 8,72	3,60 ± 3,38
<i>Parapentaneura</i> Stur, Fittkau and Serrano, 2006	0,05 ± 0,22	0,00 ± 0,00
<i>Pentaneura</i> Philippi, 1865	2,20 ± 3,46	36,70 ± 77,55
<i>Procladius</i> Skuse, 1889	0,05 ± 0,22	0,00 ± 0,00
<i>Reomyia</i> Roback, 1986	0,00 ± 0,00	0,10 ± 0,30
<i>Rheopelopia</i> Fittkau, 1962	3,80 ± 13,47	28,90 ± 63,60
<i>Tanypus</i> Meigen, 1803	0,15 ± 0,49	0,00 ± 0,00
<i>Thiennemannimyia</i> Fittkau, 1962	11,25 ± 20,44	10,10 ± 11,67
<i>Trissopelopia</i> Kieffer, 1923	0,05 ± 0,22	0,00 ± 0,00

* Gênero não definido, identificado como *Cricotopus/Orthocladius*, devido à semelhança entre ambos (EPLER, 2001)

** Gêneros não definidos (STRIXINO, 2011)

Verificou-se que houve diferença significativa na estrutura da comunidade de Chironomidae entre os anos de 2004 e 2012, conforme segue: (i) densidade de organismos ($t=-2,36$; $p=0,03$), pode-se observar maior densidade de organismos em 2012; (ii) riqueza observada ($t=-7,69$; $p=6,002$). Verificou-se que alguns gêneros coletados em 2004 não foram amostrados em 2012 e vice-versa (*Hidrobaenus* e *Lopescladius* por exemplo). O ano de 2004 apresentou maior riqueza do que o ano de 2012 (65 e 61 gêneros respectivamente); (iii) riqueza rarefeita ($t=-10,13$; $p=2,119$); (iv) Índice de Diversidade de Shannon ($t=-3,08$; $p=0,004$), houve maior índice de diversidade para o ano 2012 ($H'=0,99$); (v) Equabilidade de Pielou ($t=-3,09$; $p=0,004$). Os valores de equabilidade de Pielou são: $J=0,40$ para o ano de 2004 e $J=0,51$ para 2012.

Observou-se a existência de variação na composição da comunidade de Chironomidae entre os anos de 2004 e 2012 ($F_{(6,41)} = 1,29$; $p=0,001$).

A análise de dispersão (PCoA), mostrou a existência de dois grupos distintos (Figura 2) indicando haver diferença na comunidade entre os anos. A ANOVA corroborou a análise indicando significância na variação dos dados ($F_{(10,005)} = 1,29$; $p=0,003$). Com a definição dos polígonos gerados entre os anos, observou-se maior variabilidade existente para o ano 2004.

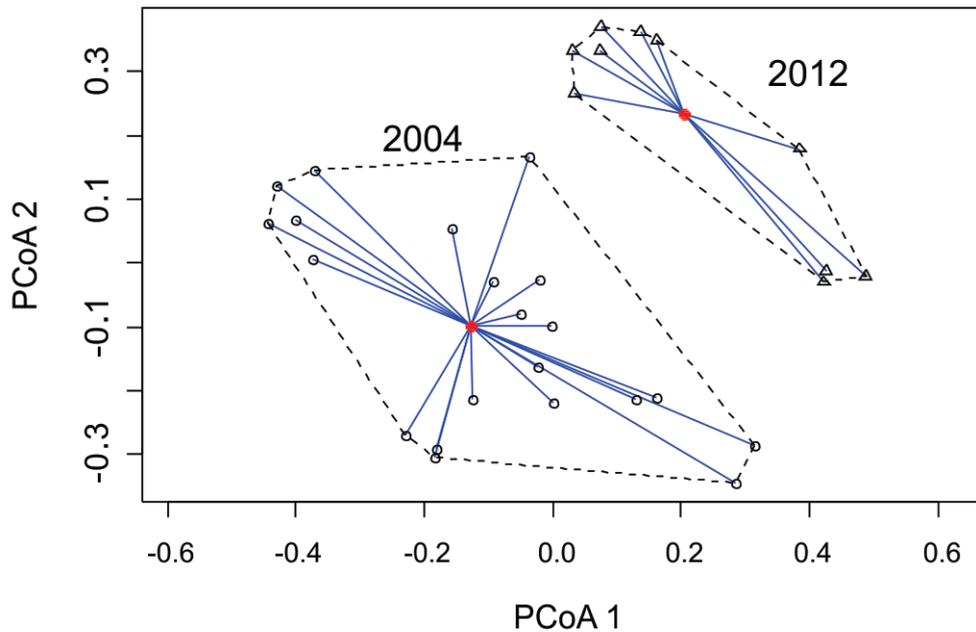


Figura 2 – Ordenação (PCoA), baseada na composição da comunidade de Chironomidae em riachos do Sul do Brasil durante os anos de 2004 e 2012.

EFEITOS DOS PARÂMETROS MORFOMETRICOS, LIMNOLÓGICOS E DA PAISAGEM SOBRE A COMPOSIÇÃO DA COMUNIDADE DE CHIRONOMIDAE

A Análise de Redundância (RDA) utilizando parâmetros de morfometria (Anexo tabela 1), usos e ocupação da terra (Anexo tabela 2) e as variáveis limnológicas (Figura 3), permitiu verificar que os dois primeiros eixos explicaram 67% da variação total dos dados estudados. O eixo 1 explicou 47% e o eixo 2 explicou 20%. A composição dos organismos para o ano de 2004 foi influenciada pelo gradiente do rio ou canal principal, temperatura da água, pH, condutividade elétrica e pastagem/pousio. Para a composição dos organismos no ano de 2012 a declividade e o coeficiente de rugosidade foram os fatores determinantes.

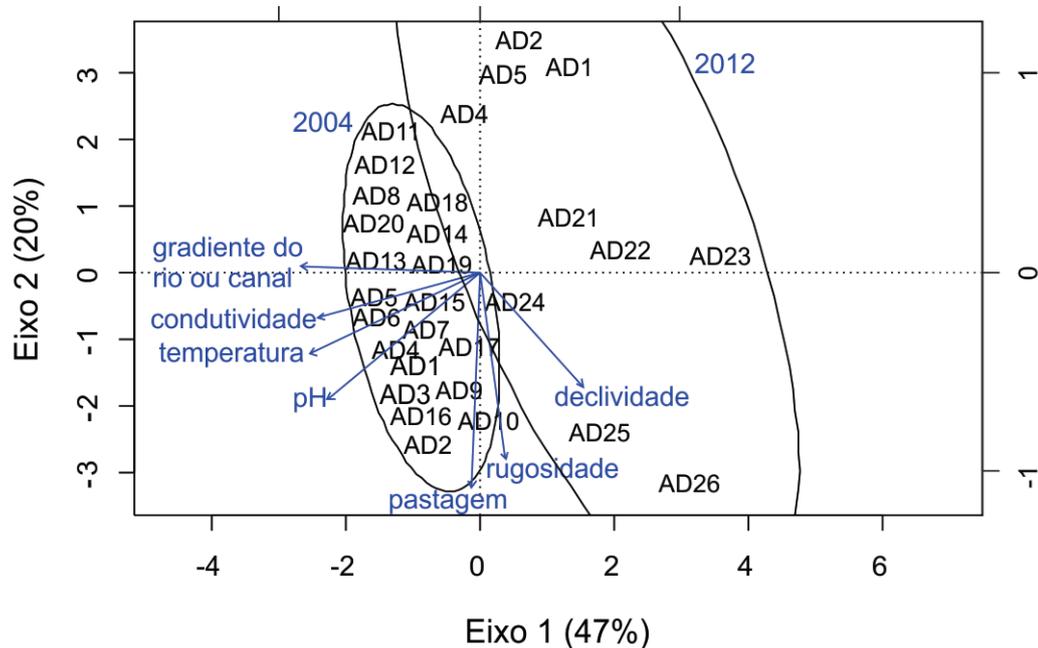


Figura 3 – Diagrama biplot de ordenação (RDA) com variáveis limnológicas, usos e ocupação da terra e morfometria sobre a composição da comunidade de Chironomidae riachos do Sul do Brasil, entre os anos de 2004 e 2012.

DISCUSSÃO

O ano de 2004 apresentou maior temperatura média da água, condutividade elétrica e pH, esses fatores podem explicar a maior densidade de *Chironomus* para este ano. Estas larvas são altamente tolerantes a ambientes impactados, resistindo a condições extremas, como a presença de grandes quantidades de matéria orgânica, baixo percentual de oxigênio dissolvido e elevadas temperaturas (ROQUE et al., 2010, CALLISTO et al., 2005, KLEINE e TRIVINHO-STRIXINO, 2005; LOOY et al., 2013).

A temperatura para o ano de 2004 pode explicar a redução na densidade de organismos quando comparado com o ano de 2012. As diferenças de temperatura afetam a distribuição e a abundância de invertebrados bentônicos, uma vez que as taxas de crescimento e o desenvolvimento de insetos aquáticos são controlados pela temperatura do ambiente (HENRIQUES-OLIVEIRA et al., 2003).

Variações no pH das áreas de drenagem para os anos estudados também foram constatadas. O ano de 2012 teve amostragens de pH mais ácidas que em 2004.

A explicação possível é que em 2012, houve maior aporte de matéria orgânica para os riachos. Além disso, o maior percentual de vegetação para o ano 2012 pode ter aumentado a liberação de íons eliminados na decomposição da matéria orgânica no corpo hídrico (ESTEVES, 2011).

Os íons dissolvidos na água aumentam a condutividade elétrica, o que causa um efeito negativo sobre a comunidade de macroinvertebrados. Este fenômeno já foi abordado em um estudo na Itália, realizado por Rossaro et al. (2007), e o mesmo pode ser observado no presente estudo com a comunidade de Chironomidae, uma vez que a riqueza observada diminuiu no ano de 2012, possivelmente em função dessas variações de pH e condutividade.

No ano 2012 a variação na composição da comunidade pode ser explicada pelo aumento nos percentuais de agricultura implantada, urbanização e vegetação arbórea, assim como pela redução do percentual de pastagem/pousio. Variações nos usos e ocupação da terra causam mudanças na comunidade de Chironomidae, conforme verificado por alguns autores (RESTELLO et al., 2012; DE TONI et al., 2014). Essas variações nos usos e ocupação da terra estão relacionadas à declividade do terreno e podem acarretar em mudanças nas variáveis limnológicas.

Um fator que explica as variações na composição da comunidade de Chironomidae, é o gradiente do rio ou canal principal, que relaciona a declividade do rio com sua extensão. Este índice permite verificar alterações no curso do rio, provocadas por anomalias, como por exemplo, resistência à erosão do substrato rochoso (FUJITA et al., 2011). Estas alterações no fluxo do riacho, podem, por sua vez, afetar a comunidade bentônica que ali vive, facilitando ou dificultando (em caso de erosão) a presença e fixação da mesma no substrato. Neste caso, houve menor potencial erosivo, favorecendo a fixação da fauna.

A declividade foi o fator que explicou indiretamente a composição da comunidade de Chironomidae para o ano de 2012. Segundo Wantzen et al. (2005), a declividade do terreno relaciona-se à vazão do corpo hídrico, a qual por sua vez causa influência na dispersão e nas interações tróficas dos organismos (ANJOS e TAKEDA, 2010). Uma maior declividade está associada também a um maior percentual de vegetação, conforme abordado no capítulo primeiro deste trabalho, no ano de 2012, houve um aumento de 46,42% no percentual de vegetação em áreas declivosas.

A presença da vegetação arbórea beneficia o ecossistema aquático, fornecendo matéria orgânica, proporcionando regulação térmica devido à cobertura pelo dossel da floresta; favorece a estruturação do habitat e a redução do aporte de nutrientes e poluentes para o curso d'água (LOOY et al., 2013). Desta forma, o estabelecimento da comunidade de Chironomidae no local torna-se facilitado, o que pode explicar a alta densidade de organismos para o ano de 2012 (Anexo tabela 2). A presença de maior quantidade de vegetação arbórea no ano de 2012 também pode indicar a ocorrência de menor temperatura da água para este ano (LOOY et al., 2013; BARRELLA, 2000; NIYOGI et al., 2007; PIRES et al., 2009).

Para o ano de 2012, o gênero mais abundante foi *Corynoneura*. Segundo Sanseverino et al. (1998), são organismos que ocorrem em locais de correnteza, depósito (remanso) ou em áreas com macrófitas aquáticas. A presença de correnteza e áreas de remanso estão relacionadas à declividade, a qual foi um dos fatores determinantes para a composição da comunidade no ano de 2012.

O segundo gênero mais abundante para este ano foi *Rheotanytarsus*. Habitante de substratos rochosos (SANSEVERINO et al., 1998), o gênero possui hábito filtrador e construtor de tubos aderidos às pedras em áreas de correnteza. A presença deste gênero pode estar relacionada com a pluviosidade média mensal do ano 2012 (118 mm) que foi inferior ao ano de 2004 (125,33 mm). As larvas são carregadas pela água em períodos mais chuvosos, e em períodos menos chuvosos possuem facilidade para se fixar no substrato (COFFMAN e FERRINGTON, 1984, STRIXINO, 2011).

A presença de *Cricotopus/Orthocladius* como o terceiro mais abundante em 2012 pode ser explicada pela capacidade deste gênero, de se esconder nas fendas do substrato e dessa forma não é carregado pela correnteza (HENRIQUES-OLIVEIRA et al., 1999).

O gênero *Polypedillum* também apresentou alta densidade, sendo conhecido por sua resistência com relação a condições adversas. Estas larvas ocorrem praticamente em todos os tipos de ambientes e são consideradas generalistas (SENSOLO et al., 2012). Devido a sua capacidade de adaptação às mais diversas condições do ambiente, *Polypedillum* estabeleceu-se com facilidade na área de estudo com predomínio do uso agrícola.

Houve variação significativa na composição e estrutura da comunidade de Chironomidae no período de nove anos de estudo, a hipótese do trabalho foi

corroborada, pois o gradiente do rio ou canal principal, o pH, a temperatura da água e a condutividade elétrica influenciaram na comunidade amostrada para o ano de 2004, juntamente com o percentual de pastagem/pousio.

Para o ano de 2012, apenas a declividade média mostrou significância para a composição da comunidade amostrada neste ano. Dos usos e ocupação da terra, a pastagem/pousio apresentou variação significativa e os demais usos não influenciaram de forma direta a comunidade de Chironomidae para este ano, porém estão ligados à declividade do terreno, variando conforme esta aumenta ou diminui.

CONCLUSÕES

O presente estudo mostrou existir variação na comunidade de Chironomidae em um período de nove anos. Essa variação pode se dar em função das alterações antrópicas no ambiente que provocam mudanças nas características limnológicas dos habitats aquáticos, uma vez que com as variações nos usos e ocupação da terra, ocorrem impactos nos cursos d'água, os quais são sentidos pela comunidade aquática que ali vive.

A comunidade de Chironomidae sofreu influência das variáveis limnológicas, como temperatura da água, condutividade elétrica e pH. Estes parâmetros podem atuar modificando o ciclo de desenvolvimento destes organismos, quantidade de alimento disponível e diversidade de habitats do corpo hídrico. Houve variação na estrutura e composição da comunidade de Chironomidae entre os anos de estudo, e esta variação esteve relacionada com as variáveis limnológicas, morfométricas e com a dinâmica da paisagem.

O ano de 2004 apresentou maior densidade de organismos resistentes a áreas impactadas, quando comparado ao ano de 2012. Além disso, apresentou maiores valores de temperatura da água, pH e condutividade elétrica.

No ano de 2012, também houve acréscimo no percentual de vegetação em áreas declivosas, o que permite uma melhor qualidade ambiental para os organismos, uma vez que a disponibilidade de recursos e serviços prestados pela vegetação à

comunidade aquática aumenta, permitindo assim maior densidade de organismos neste ano. No entanto, houve aumento nos percentuais de agricultura implantada e urbanização, restringindo a presença de alguns gêneros, o que acarreta em menor riqueza para o ano de 2012.

REFERÊNCIAS

ABURAYA, H. e CALLIL, C.T. Variação temporal de larvas de Chironomidae (Diptera) no Alto Rio Paraguai (Cáceres, Mato Grosso, Brasil). **Zoologia**, v. 24, n. 3, 2007.

ALLAN, J.D. Landscape and rivers capes; the influence of land use on stream ecosystems. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.35, p. 257-284, 2004.

ALLAN J.D. e CASTILLO M.M., 2007. **Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters**, Springer, New York, 436 p.

ANDRADE, L. V. P.; FERREIRA, E.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C. Caracterização física da bacia hidrográfica do ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG e uso conflitante da terra em suas áreas de preservação permanente. **Revista Cerne**, v.11, p.49-60, 2005.

ANJOS, A. F. D. e TAKEDA, A. M. Estrutura da comunidade das larvas de Chironomidae (Insecta: Diptera), em diferentes substratos artificiais e fases hídricas, no trecho superior do rio Paraná, Estado do Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 32, n. 2, p. 131-140, 2010.

APHA. American Public Association. **Standard methods for the examination of water and water water**. 20 ed. Washington : APHA,1998. 1180p.

ARAÚJO, L. E.; SANTOS, M. J.; DUARTE, S. M.; OLIVEIRA, E. M. Impactos ambientais em bacias hidrográficas – caso da bacia do rio Paraíba. **Tecnológica**, v. 13, p. 109-115, 2009.

BAGATINI, Y. M.; BENEDITO, E. e HIGUTI, J. Effect of the environmental factors on the caloric content of benthic and phytophilous invertebrates in neotropical reservoirs in the Paraná State. **International Review of Hydrobiology**, v. 95, p.246-259, 2010.

BARRELLA, W.; PETRERE JR., M.; SMITH, W. S. e MONTAG, L. F. DE. A. As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R. R. e LEITÃO FILHO, H. DE. F. eds. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo, EDUSP FAPESP, 2000. 320p.

BIASI, C., TONIN, A.M.; RESTELLO, R.M.; HEPP, L.U. Colonisation of leaf litter by Chironomidae (Diptera): influence of chemical quality and exposure duration in a Neotropical stream. **Limnologia**, v. 43, n. 6, p. 427-433, 2013.

CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. D. C. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 6, n. 1, p. 71-82, 2001.

CALLISTO. M.; GONÇALVES. J. F.; MORENO. P. Invertebrados Aquáticos como Bioindicadores. In: GOULART. E. M. A. (Ed.). **Navegando o Rio das Velhas das Minas aos Gerais**. Belo Horizonte: UFMG. 2005.

CHANG, C. L.; KUAN, W. H.; LUI, P. S.; HU, C. Y. Relationship between landscape characteristics and surface water quality. **Environmental Monitoring and Assessment**. v. 147, p. 57-64, 2008.

COFFMAN, W.P. e FERRINGTON, L.C. Chironomidae. In: Merritt RW, Cummins KW, editors. **An introduction to the Aquatic Insects of North America**. Kendall Hunt publishing Company; 1984. p. 551–554.

COLZANI, E.; SIQUEIRA, T.; SURIANO, M. T.; ROQUE, F. O. Responses of Aquatic Insect Functional Diversity to Landscape Changes in Atlantic Forest. **Biotropica**. v. 45, p. 343-350, 2013.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 2007. 236 p.

DECIAN, V.; ZANIN, E. M.; HENKE, C.; QUADROS, F. R. e FERRARI, C. A. Uso da terra na região Alto Uruguai do Rio Grande do Sul e obtenção de banco de dados relacional de fragmentos de vegetação arbórea. **Perspectiva**, v. 33, n. 121, p. 165-176, 2009.

DE TONI, K. R.; NAVA, D.; RESTELLO, R. M.; DECIAN, V.; ROVANI, I. L.; HEPP, L. U. Integridade da paisagem e sua influência sobre a composição da comunidade de Chironomidae (Diptera) em riachos de pequena ordem. **Ecología Austral**, v. 24, p. 335-342, 2014.

ESPÍNDOLA, E. L. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; RIETZLER, A. C.; e TUNDISI, J. G. Spatial heterogeneity of the Tucuruí Reservoir (State of Pará, Amazonia, Brazil) and the distribution of zooplanktonic species. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 60, n. 2, p. 179-194, 2000.

EPLER, J. H. **Identification manual for the larval Chironomidae (Diptera) of North and South Carolina. A guide to the taxonomy of the midges of the southeastern United States, including Florida**. North Carolina Department of Environment and Natural Resources, Raleigh, NC, and St. Johns River Water Management District, Palatka, FL. 2001.

ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 790 p., 2011.

FERREIRA, W. R.; LIGEIRO, R.; MACEDO, D. R.; HUGHES, R. M.; KAUFMANN P. R.; OLIVEIRA, L. G.; CALLISTO, M. Importance of environmental factors for the richness and distribution of benthic macroinvertebrates in tropical headwater streams. **Freshwater Science**, v. 33, n. 3, p.860–871, 2014.

FERNANDES, M.R. e SILVA, J. C. **Programa Estadual de Manejo de Sub-Bacias Hidrográficas: Fundamentos e estratégias** - Belo Horizonte: EMATER MG. 24p. 1994.

FUJITA, R. H.; GON, P. P.; STEVAUX, J. C.; SANTOS, M. L. e ETCHEBEHERE M. L. Perfil longitudinal e a aplicação do índice de gradiente (RDE) no rio dos Patos, bacia hidrográfica do rio Ivaí, PR. **Revista Brasileira de geociências.**, v.41, n.4, p. 597-603, 2011.

GALIZZI, M. C.; ZILLI, F.; MARCHESE, M. Diet and functional feeding groups of Chironomidae (Diptera) in the Middle Paraná River floodplain (Argentina). **Iheringia, Série Zoologia**, v. 102, n.2, p.117-121, 2012.

GOTELLI, N.J. e COLWELL, R.K. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. **Ecology Letters**, n. 4, p. 379-391, 2001.

HENRIQUES-OLIVEIRA, A.L.; SANSEVERINO, A.M. e NESSIMIAN, J.L. Larvas de Chironomidae (Insecta:Diptera) de substrato rochoso em dois rios em diferentes estados de preservação na Mata Atlântica, RJ. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 11, n. 2, p. 17-28, 1999.

HENRIQUES-OLIVEIRA, A. L.; NESSIMIAN, J. L.; DORVILLÉ, L. F. M. Feeding habits of Chironomid larvae (Insecta:Diptera) from a stream in the floresta da Tijuca, Rio de Janeiro, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**. v. 63, n. 2, p. 269-281, 2003.

HEPP, L.U. e MELO, A.S. Dissimilarity of stream insect assemblages: effects of multiple scales and spatial distances. **Hydrobiologia**, v. 703, n. 1, p. 239-246, 2013.

HEPP, L. U.; MILESI, S. V.; BIASI, C.; RESTELLO, R. M. Effects of agricultural and urban impacts on macroinvertebrates assemblages in streams (Rio Grande do Sul, Brazil). **Zoologia**, v.27, n.1, p.106–113, 2010.

HEPP, L. U. e RESTELLO, R. M. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores da qualidade das águas do Alto Uruguai Gaúcho. In: Organização de Sônia Balvedi Zakrzewski **Conservação e uso sustentável da água: múltiplos olhares**. - Erechim, RS: Edifapes, p. 75-86, 2007.

HEPP, L. U. e RESTELLO, R. M. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliação de impactos resultantes dos usos da terra. In: SANTOS, J.E.; ZANIN, E.M.; MOSCHINI, L.E. (Org.). **Faces da Polissemia da Paisagem: Ecologia, Planejamento e Percepção**. São Carlos: Rima Editora, p.264-277. 2010.

HEPP, L.U. e SANTOS, S. Benthic communities of streams related to different land uses in a hydrographic basin in southern Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v.157, p. 305-318, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de uso da terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

KLEINE, P. e TRIVINHO-STRIXINO, S. Chironomidae and other aquatic macroinvertebrates of a first order stream: community response after habitat fragmentation. **Acta Limnol Brasil**, v.17, p.81-90, 2005.

KONIG, R.; SUZIN, C.R.H.; RESTELLO, R.M.; HEPP, L.U. Qualidade das águas de riacho da região norte do Rio Grande do Sul (Brasil) através de variáveis físicas, químicas e biológicas. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v.3, p.84-93, 2008.

LOOY, K. V.; TORMOS, T.; FERRÉOL, T. M.; VILLENEUVE, B.; VALETTE, L.; CHANDESRI, A.; BOUGON, N.; ORAISON, F.; SOUCHON, Y. Benefits of riparian forest for the aquatic ecosystem assessed at a large geographic scale. **Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems**. n. 408 article 06. 16p, 2013.

MACHADO, N. G.; NASSARDEN, D. C. S.; SANTOS, F.; BOAVENTURA, I. C. G.; PERRIER, G.; SOUZA, F. S. C.; MARTINS, E. L.; BIUDES, M. S. Chironomus larvae (Chironomidae: Diptera) as water quality indicators along an environmental gradient in a neotropical urban stream. **Revista Ambiente e Água**, v.10, p. 298-309, 2015.

MAGURRAN, A. E. **Ecological diversity and its measurement**. London: Croon Helm, p. 260, 2004.

MILESI, S. V.; BIASI, C.; RESTELLO, R. M.; HEPP, L. U. Efeito de metais sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos em riachos do Sul do Brasil. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 30, p. 283-289, 2008.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura. 73p. 1961.

NIYOGI, D. K.; KOREN, M.; ARBUCKLE, C. J.; TOWNSEND, C. R. Stream communities along a catchment land use gradient: subsidy-stress responses to pastoral development. **Environmental Management**, v.39, p. 213-225, 2007.

OKSANEN, J.; BLANCHET, F.G.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MINCHIN, P. R.; O'HARA, R. B.; SIMPSON, G.L.; SOLYMOS, P.; STEVENS, M.H.H. e WAGNER, H. 2014. **Vegan**: Community Ecology Package. R package version 2.2-0. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; BUDKE, J. C.; JARENCOW, J. A.; EISENLOHR, P. V. e NEVES, D. R. M. Delving into the variations in tree species composition and richness across South American subtropical Atlantic and Pampean forests. **Journal of Plant Ecology** (on line): p. 1-23, 2013.

PIRES, L. F.; BACCHI, O. O. S.; CORREQUEL, V.; REICHARDT, K.; FILIPPE, J. Riparian forest potential to retain sediment and carbon evaluated by the ¹³⁷Cs fallout and carbon isotopic ratio techniques. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.81, n. 2, p.271-279, 2009.

PISSARRA, T. C. T.; POLITANO, W. e FERRAUDO, A. S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.297-305, 2004.

RESTELLO, R. M.; HEPP, L. U.; MENEGATT, C.; DECIAN, V.; OLIVEIRA, C. H. Efeito das características da área de drenagem sobre a distribuição de Chironomidae (Diptera) em riachos do Sul do Brasil. In: SANTOS, J. E.; ZANIN, E.

M. e MOSCHINI, L. E. (Org). **Faces Da Polissemia Da Paisagem – Ecologia, Planejamento e Percepção**. São Carlos: RIMA Editora, p. 325-339, 2012.

RESTELLO, R. M.; BIASI, C.; MOUTINHO, P. F. B. DE M.; GABRIEL, G.; HEPP, L. U. Composition and diversity of the Chironomidae in subtropical streams: effects of environmental predictors and temporal analysis. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 26, n. 2, p. 215-226, 2014.

ROQUE, F.O.; SIQUEIRA, T.; BINI, L.M.; RIBEIRO, M.C.; TAMBOSI, L.R.; CIOCHETI, G.; TRIVINHO-STRIXINO, S. Untangling associations between chironomid taxa in Neotropical streams using local and landscape filters. **Freshwater Biology**, v. 55, n. 4, p. 847-865, 2010.

ROSSARO, B.; MARZIALI, L.; CARDOSO, A. C.; SOLIMINI, A.; FREE, G.; GIACCHINI, R. A biotic index using benthic macroinvertebrates for Italian lakes. **Ecol Indicators**, v.7, p.412-29, 2007.

SANSEVERINO, A.M.; NESSIMIAN, J.L. e OLIVEIRA, A.L.H., 1998. A fauna de Chironomidae (Diptera) em diferentes biótopos aquáticos na Serra do Subaio (Teresópolis, RJ). Pp. 157-173. *In: Ecologia de Insetos Aquáticos*. Nessimian, J.L. e A.L. Carvalho. E. (eds). Series Oecologia Brasiliensis, vol. V. PPGE-UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil.

SENSOLO, D.; HEPP, L. U.; DECIAN, V.; RESTELLO, R. M. Influence of landscape on the assemblages of Chironomidae in Neotropical streams. **Ann. Limnol**, v.48, p.391-400, 2012.

SILVA, C. A. Caracterização dos solos da microrregião geográfica de Erechim. **Perspectiva**. v. 32, p. 127-140, 2008.

SOUZA, A. L. T.; FONSECA, D. G.; LIBÓRIO, R. A.; TANAKA, M. O. Influence of riparian vegetation and forest structure on the water quality of rural low-order streams in SE Brazil. **Forest Ecology and Management**. v. 298 p.12–18, 2013.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2 ed. – Porto Alegre- Emater/RS- Ascar, 2008.

The R Development Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. (R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>), 2014.

TRIVINHO-STRIXINO, S. e STRIXINO, G. **Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo**: Guia de identificação e diagnose dos gêneros. PPG-ERN/UFSCar, São Carlos, São Paulo, p.229, 1995.

STRIXINO, S. **Larvas de Chironomidae**: Guia de identificação. São Carlos, Depto Hidrobiologia / Lab. Entomologia Aquática/ UFSCar, 2011.

TUNDISI, J. G. e TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de textos, p. 631, 2008.

WANTZEN, M.; DRAGO, E.; DA SILVA, C.J. Aquatic habitats of the Upper Paraguay River-Floodplain-System and parts of the Pantanal (Brazil). **Ecohydrology Hydrobiology**, v.6, n.2, p.107-126, 2005.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o período de nove anos, a dinâmica da paisagem não apresentou variação significativa, havendo apenas variação significativa para o uso e ocupação da terra classificado como pastagem/pousio. O mesmo apresentou redução do ano de 2012 quando comparado ao ano de 2004. Para este mesmo período ocorreu acréscimo das áreas de urbanização, vegetação arbórea e agricultura.

Estas variações observadas nos usos e ocupação da terra estiveram relacionadas aos parâmetros morfométricos das áreas de drenagem do estudo. A declividade média, o gradiente do rio ou canal principal e o coeficiente de rugosidade foram os fatores que explicaram as variações nos usos e ocupação da terra.

A variação significativa ocorrida com as variáveis limnológicas do ano 2004 para 2012, pode se dar em função das alterações antrópicas na paisagem, como as variações nos usos e ocupação da terra. Estas causam impactos nos cursos d'água, os quais são sentidos pela comunidade aquática que ali vive.

Houve variação na composição da comunidade de Chironomidae entre os anos de estudo, e esta variação esteve relacionada com as variáveis limnológicas, morfométricas e com a dinâmica da paisagem. As larvas de Chironomidae sofreram influência das variáveis como temperatura da água, condutividade elétrica e pH.

No ano de 2012, houve acréscimo no percentual de vegetação em áreas declivosas, o que permitiu uma melhor qualidade ambiental para os organismos, uma vez que a disponibilidade de recursos e serviços prestados pela vegetação à comunidade aquática aumenta, permitindo assim uma alta densidade de organismos neste ano. No entanto, houve aumento nos percentuais de agricultura implantada e urbanização, restringindo a presença de alguns gêneros, o que acarreta em menor riqueza para o ano de 2012 quando comparado a 2004.

Os Chironomidae podem indicar a qualidade ambiental de uma determinada região, juntamente com informações espaciais e temporais. Estes organismos apresentam gêneros resistentes, tolerantes e sensíveis a ambientes degradados, podendo, assim, fornecer subsídios para análises de risco e degradação ambiental.

Para uma melhor avaliação em termos de qualidade e degradação ambiental, faz-se necessário que trabalhos futuros levem em consideração um período de estudo

superior a este, uma vez que não houve variação em termos de dinâmica da paisagem em apenas nove anos. A paisagem pode ser um dos fatores mais influentes na composição de uma comunidade, mas para que se possa inferir com mais precisão, é necessário eliminarmos efeitos provenientes de outros fatores, como a morfometria da área de estudo e as variáveis limnológicas. Além disso, sugere-se a ampliação da área amostral, buscando informações de outras regiões com diferentes altitudes e diferentes influências antrópicas.