



THAIS YUMI YUHARA

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA UTILIZAÇÃO DE
MANILHAS NA CONSTRUÇÃO DE ESTRADAS
SOBRE AMBIENTES AQUÁTICOS E NA
ICTIOFAUNA EM DUAS RODOVIAS NA REGIÃO
SUL DE MINAS GERAIS**

LAVRAS - MG

2012

THAIS YUMI YUHARA

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA UTILIZAÇÃO DE MANILHAS NA
CONSTRUÇÃO DE ESTRADAS SOBRE AMBIENTES AQUÁTICOS E NA
ICTIOFAUNA EM DUAS RODOVIAS NA REGIÃO SUL DE MINAS
GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, área de concentração em Ecologia e Conservação de Paisagens Fragmentadas e Agrossistemas, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Paulo dos Santos Pompeu

LAVRAS - MG

2012

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Yuhara, Thais Yumi.

Avaliação do impacto da utilização de manilhas na construção de estradas sobre ambientes aquáticos e na ictiofauna em duas rodovias na região sul de Minas Gerais / Thais Yumi Yuhara. – Lavras : UFLA, 2012.

69 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.

Orientador: Paulo dos Santos Pompeu.

Bibliografia.

1. Ecologia de estradas. 2. Impacto antrópico. 3. Peixes. 4. Ecologia aquática. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 574.5222

THAIS YUMI YUHARA

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA UTILIZAÇÃO DE MANILHAS NA
CONSTRUÇÃO DE ESTRADAS SOBRE AMBIENTES AQUÁTICOS E NA
ICTIOFAUNA EM DUAS RODOVIAS NA REGIÃO SUL DE MINAS
GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, área de concentração em Ecologia e Conservação de Paisagens Fragmentadas e Agrossistemas, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 23 de fevereiro de 2012.

Dr. Jansen Alfredo Sampaio Zuanon	INPA
Dr. Marcelo Passamani	UFLA

Orientador

Dr. Paulo dos Santos Pompeu

LAVRAS – MG

2012

Aos meus pais, irmãos e a todos que deram o seu apoio para tornar possível este trabalho,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à Fapemig, pelo financiamento ao projeto; à Capes, pela bolsa de mestrado e à Universidade Federal de Lavras, pela estrutura.

Este é um trabalho que me trouxe diversos ensinamentos. Ensinou que nem sempre temos os resultados que buscamos, que imprevistos sempre aparecem, mesmo quando planejamos as coisas e que sempre precisamos de apoio. Aprendi coisas que levarei sempre comigo, como bióloga e, principalmente, como a pessoa que me tornei.

Não conseguiria ter realizado este trabalho sem o apoio, compreensão e ajuda de muitos e a cada um deles tenho apenas que agradecer. Começando pelo meu orientador, Paulo Pompeu. Sem formalidades, apenas sendo chamado de Paulo ou apenas por Pompeu; mais que um orientador, um grande amigo.

Lembro-me, quando há três anos, quando estava para me formar, ele me aceitou como orientada, sendo um desafio para a sua paciência. Ao me formar, ele me aceita como orientada no mestrado. Acho que provamos aqui um pouco da sua loucura. Sou uma pessoa um tanto quanto difícil de lidar. Sou cabeça dura, estressada, enrolada e em vários momentos não consigo aceitar o que acontece ou essas coisas simplesmente não entram na minha cabeça.

Com muita paciência, o Pompeu me ensinou estatística, me ensinou como identificar alguns peixes, me deu dicas e conselhos, mais que um orientador e professor que confiou na minha capacidade que eu nem sempre fui capaz de atingir, Pompeu é um grande amigo, que entrava no laboratório com piadas e brincadeiras, inventando apelidos exclusivos, alegrando alguns dias estressantes. Muito obrigada por todo o apoio e pela satisfação de poder trabalhar ao seu lado.

Ao Dr.Marcelo Passamani e ao Dr. Jansen Zuanon, por terem aceitado fazer parte da banca de defesa e por todas as preciosas colaborações para a melhoria do trabalho e para uma eventual publicação que possa vir a partir deste trabalho.

À minha família. Minha mãe, Kazumi Ban Yuhara, que sempre foi capaz de me apoiar, sempre preocupada em saber se eu estou dormindo direito, ou se estou bem, se ainda não caí no rio, ou se não me machuquei e que está sempre rezando por mim, assim como meu pai, Getúlio Atsushi Yuhara. Sei que rezam pela minha segurança e pela minha proteção e, por isso, sou grata a eles. Por estarem me protegendo, mesmo me deixando fazer o que quero.

Aos meus irmãos, Thiago Yuiti Yuhara e Thalita Yuri Yuhara. Mesmo vivendo brigas constantes (coisas de irmãos), estamos sempre tentando nos apoiar.

Às minhas amigas em Lavras, que me aturaram tanto: Lud, Lisi, Cristina, Gaúxa, Amanda e Grazi. Meninas, vocês foram fundamentais nesses anos, aturando minhas angústias, raivas, decepções, estresse e todos os sofrimentos que eu desabafava em seus ombros. Obrigada por me apoiarem quando eu precisei de apoio e me confortarem quando precisei de conforto.O que seria de mim sem vocês, que tiveram que me ouvir reclamar do mundo e aturar meus choros por tantos motivos? Com certeza vocês serão pessoas que levarei com muito carinho, como se fossem minhas irmãs, em meu coração pelo resto da minha vida.

Aos amigos Lelê, Fábio, Cíntia, Nara, Tatau, Ivo, Sarah, Debora, Lucas, Rafa e, principalmente, Miriam. Muito obrigada por tudo. Pessoas que fizeram de minhas coletas mais divertidas e até mais emocionantes. Nunca me esquecerei de você, pendurada numa árvore, porque quase se afogou medindo o talvegue no córrego, Miriam (risos). Alguns tombos divertidos, galhos quebrados, fotos divertidas. Pessoas com quem passei momentos memoráveis.

Muito obrigada pela ajuda, pelos conselhos, pelas tardes de conversa, pelos neurônios gastos pra tentar me fazer entender algumas coisas, pelas dicas e, principalmente, me aturar.

Aos membros do laboratório que me ajudaram nas coletas, nem que fosse apenas uma vez, muito obrigada. Sem vocês, com certeza, não poderia ter terminado este projeto. Alguns de vocês sofreram tanto com córregos “do mal”.

Ao Ursinho, vulgo Willian, que salvou minha vida duas vezes consertando meu notebook e se traumatizando com os milhares de parafusos que teve que tirar.

Aos amigos que, mesmo estando longe, estão sempre perto: Nestor, Diego (Bocha), Dé, Natt, Fer, Rafinha e Gláucia, muito obrigada. Vocês são fundamentais pra mim. Nestor, meu irmãozinho de consideração. Podemos ficar um ano sem nos vermos, mas nada muda entre a gente. Meus amigos de Atibaia: Shiro, Gláu Fabi e Ká que, mesmo após quase 10 anos, ainda se lembram de como eu sou. Amizades eternas.

Ao Fernando Tatsuo. Talvez o agradecimento mais difícil e, ao mesmo tempo, mais fácil. Tatsuo que, por pouco tempo e também por muito tempo, me aturou e tem me aturado. Algo que começou em uma simples conversa entre amigos, virou um grande amor e hoje vive como uma perfeita amizade. Muito obrigada por toda compreensão, apoio, carinho, respeito, confidências, momentos, sorrisos e abraços. Uma amizade que representa muito pra mim.

A Yukari, Cacau, Luh, Mariah, Mimi, Erika, Liih, Nara, Mie, Kitty e Kimi, obrigada por fazerem minhas noites mais divertidas, cheias de besteiras e aleatoriedades. Yukari, minha irmãzinha, de quem tenho muito orgulho. Pra ti um obrigado especial, principalmente por se preocupar tanto com a desmiolada da sua *nee-chan* aqui.

A todos, muito obrigada por tudo.

RESUMO

Poucos estudos com os impactos causados pela construção de estradas em ambientes aquáticos foram realizados no Brasil, pois não há o interesse econômico pela fauna de peixes de cabeceiras. Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar estes impactos, comparando-se dez córregos interceptados por rodovias, utilizando manilha como meio de ligar fragmentos, e seis córregos que não possuem manilhas. Cada córrego foi amostrado em suas estações seca e chuvosa e num trecho total de 300 m, sendo 150 m a jusante da manilha e 150 m a montante, subdivididos em 20 seções, no total. Quando comparados os dados do ambiente físico entre as duas regiões, apenas a presença de madeira no leito mostrou-se significativamente diferente entre as regiões de montante e jusante. A relação entre a diferença de abundância e riqueza entre as regiões com o desnível da manilha não foi significativo. A análise de similaridade mostrou diferença significativa entre os córregos com desnível acima e abaixo de 40 cm e córregos sem manilha, com relação à similaridade de fauna no período após a seca. De forma geral, os resultados mostram que a manilha causa impactos na ictiofauna e no ambiente físico, representando barreira ao transporte de sedimento e para o deslocamento de peixes.

Palavras-Chave: Ecologia de Estradas. Alto Paraná. Impacto antrópico.

ABSTRACT

Few studies of the impacts caused by road construction in aquatic environments have been conducted in Brazil. The main reason is that there is no economic interest in the fish fauna of the headwaters. This study aimed to assess these impacts comparing ten streams intercepted by road using culverts, and six streams without them (controls). Each stream was sampled in their dry and rainy seasons along a total stretch of 300 meters, 150 meters downstream and 150 meters upstream of culvert, divided into 20 sections. When comparing data of the physical environment between the two groups, only the presence of wood in the river bed was significantly different between the upstream and downstream regions. The height of the obstacle represented by the culvert, could not explain differences in abundance and fish richness between the two regions. However, the similarity analysis indicated that the differences between upstream and downstream communities are related to the culvert height. Overall the results show that the culvert has an impact on the fish fauna and on the physical environment, mainly due to the barrier they represent on the transport of sediment and for fish.

Key Words: Road Ecology. Alto Paraná. Human Impact

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	
1	INTRODUÇÃO GERAL.....	12
2	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	14
	SEGUNDA PARTE - ARTIGOS	
	ARTIGO 1 IMPACTOS CAUSADOS PELO USO DE MANILHAS NA CONSTRUÇÃO DE ESTRADAS EM CORPOS DA ÁGUA DE PEQUENA ORDEM NA REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS	15
1	INTRODUÇÃO.....	18
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	20
2.1	Área de estudo.....	20
2.2	Delineamento Experimental.....	20
3	RESULTADOS.....	26
4	DISCUSSÃO.....	32
	REFERÊNCIAS.....	34
	ARTIGO 2 IMPACTOS DO USO DE MANILHAS EM CONSTRUÇÕES DE ESTRADAS SOBRE ASSEMBLEIAS DE PEIXES EM CÓRREGOS NA REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS	36
1	INTRODUÇÃO.....	39
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	41
2.1	Área de estudo.....	41
2.2	Delineamento Experimental.....	41
2.3	Análise de dados.....	46
3	RESULTADOS.....	47
4	DISCUSSÃO.....	63
	REFERÊNCIAS.....	66
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	69

1 INTRODUÇÃO GERAL

Corpos da água de pequena ordem, denominados córregos e riachos, são aqueles localizados em regiões mais próximas às cabeceiras dos rios e constituem ecossistemas complexos que abrigam considerável biodiversidade (Araújo, 2002).

Estes ambientes respondem de forma rápida a impactos, como construções em suas proximidades, principalmente devido ao aumento de sedimento provindo de solo exposto, de regiões de várzea e da largura do canal, devido à erosão e ao assoreamento (Hedrick et al., 2009; Colosimo & Wilcock, 2007).

Entre as formas de impacto ambiental que cresceram no último século, pode ser citada a construção de rodovias ligando centros urbanos (Trombulak & Frissell, 2000) que, em imagens e fotografias aéreas, têm aparecido como grandes objetos conspícuos, junto com seus efeitos na paisagem (Forman & Alexander, 1998).

De forma geral, podem-se definir sete efeitos da construção de estradas sobre o ambiente: a mortalidade por atropelamento, a mortalidade na construção das estradas, a modificação no comportamento do animal, a alteração do ambiente físico, a alteração dos dados químicos, a inclusão de espécies exóticas e, por fim, a modificação do ambiente por uso do homem (Trombulak & Frissell, 2000). Entre estes fatores, excetuando-se o primeiro, todos também podem ser aplicados ao ambiente aquático.

Estudos não só com peixes, mas também com macroinvertebrados, mostram que a composição da comunidade antes e após um ponto de distúrbio físico pode permanecer igual ou modificar-se, dependendo também de fatores como capacidade de dispersão, frequência do distúrbio e variações hidráulicas do local (Morrison et al., 2009; Khan & Colbo, 2008).

A utilização de manilhas ocorre com grande frequência em cruzamentos de estradas com riachos de pequena ordem, geralmente córregos de cabeceiras, em regiões montanhosas, por apresentar menores custos e por oferecer maior segurança ao homem (Poplar-Jeffers et al.,2009; Morrison et al.,2009).

Diferente do que pode ser observado em outros países, estudos relacionando a utilização de manilhas na construção de estradas com impactos no ambiente aquático não têm sido realizados no Brasil. Isso acontece uma vez que os impactos dessas barreiras nesses países têm causado diminuição nas populações de peixes de alto valor comercial, como trutas e salmão, que necessitam atravessar essas manilhas para reprodução (Poplar-Jeffers et al.,2009)

Este trabalho foi realizado com o objetivo geral de identificar os impactos de empreendimentos rodoviários em córregos, utilizando comunidades de peixes para avaliar o efeito da manilha como barreira ao deslocamento, bem como o efeito da estrada sobre o ambiente físico dos córregos.

Dessa forma, o trabalho está dividido em dois capítulos, um abordando os impactos gerais da construção da estrada utilizando manilhas sobre o ambiente físico dos riachos e, no segundo, os impactos sobre as comunidades de peixe.

2 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ARAÚJO, M.B., Biodiversity hotspots and zones of ecological transition. **Conservation Biology**, Boston, v.16, p.1662–1663, 2002
- COLOSIMO, M.F.; WILCOCK, P.R. Alluvial sedimentation and erosion in an urbanizing watershed, gwynns Falls, Maryland. **Journal of the American Water Resources**, Hemdon, v.43, p. 499-521, 2007
- FORMAN, R.T.T.; ALEXANDER, L.E. Roads and their major ecological effects. **Annual Review of Ecology and Systematics**, California, v.29, p.207-231, 1998
- HENDRICK, L.B.; WELSH, S.A.; ANDERSON, J.T.. Influences of High-flow Events on a Stream Channel Altered by construction of a Highway Bridge: A Case Study. **Northeastern Naturalist**, Boston, v.16, p.375-394, 2009
- KHAN, B.; COLBO, M.H. The impact of physical disturbance on stream communities: lessons from road culverts. **Hydrobiologia**, The Hague, v. 600, p.229-235, 2008
- MORISON, R.R.; HOTCHIKISS, R.H.; STONE, M. THURMAN, D.; HORNER-DEVINE, A.R. Turbulence characteristics of flow in spiral corrugated culvert fitted with baffles and implications for fish passage. **Ecological Engineering**, Amsterdam, v. 35, p.381-392, 2009.
- POPLAR-JEFFERS, I.O.; PETTY, J.T.; ANDERSON, J.T.; KITE, S.J.; STRANGER, M.P.; FORTNEY, R.H. Culvert Replacement and Stream Habitat Restoration: implications from Brook Trout Management in an Appalachian Watershed, U.S.A.. **Restoration Ecology**, Washington, v.17, p. 404-413, 2009.
- TROMBULAK, S.C.; FRISSELL, C.A. Review of Ecological Effects of Roads on Terrestrial and Aquatic Communities. **Conservation Biology**, Boston, v. 14, n. 1, p. 18- 30, 2000

Capítulo 1: Impactos causados pelo uso de manilha na construção de estradas em corpos de água de pequena ordem na região sul de Minas Gerais.

RESUMO

A construção de estradas causa diversos impactos sobre o ambiente físico de riachos. Com o objetivo de identificar os principais impactos da interceptação de córregos com manilhas, foram amostrados dezesseis córregos, sendo dez com manilhas e seis controles. Em cada um deles foram avaliadas características do hábitat físico, como profundidade, substrato, vegetação, impactos totais humanos e quantidade de madeira. De forma geral, não foram observadas diferenças significativas entre montante e jusante das manilhas. No entanto, foram observadas diferenças na morfologia geral do córrego, principalmente profundidade, imersão por sedimento fino, cobertura vegetal, madeira no leito e impactos humanos ligados à manilha.

Palavras – chave: Ecologia de estradas. Córregos. Alto Paraná.

ABSTRACT

The road construction cause several impacts on the physical environment of streams. In order to identify the main impacts on the streams with culverts, 16 streams were sampled, ten with culverts and six controls. In each stream physical habitat characteristics were analyzed, such as depth, substrate, vegetation, human impacts and total amount of wood. In general no significant differences could be observed between the upstream and downstream regions in reference to the culvert. However, differences were observed in the general morphology of the stream, especially depth, immersion for fine sediment, vegetation, wood and human impacts on the bed, connected to the culvert

Key Words: Road Ecology. Streams. Alto Paraná

1 INTRODUÇÃO

Rios, riachos e outros canais naturais possuem uma estabilidade de dimensão, percurso e perfil, tendo, constantemente, seus sedimentos movidos devido ao fluxo da água. Quando alterados, esses ambientes tendem a apresentar modificações em sua estrutura física, variando com o grau de impacto e a estrutura do relevo da bacia.

As estradas são frequentemente construídas às margens de cursos d'água em áreas montanhosas, podendo, em muitos casos, cruzar pequenos córregos e, até mesmo, os rios (Blanton&Marcus,2009). Até então, em diversos países se têm realizado estudos sobre os impactos da estrada focando os efeitos na conectividade de rios, qualidade da água, aporte de sedimentos e no uso da terra em suas proximidades (Jones et al., 2000)

A construção de estradas cruzando um ambiente aquático muda a estrutura, a função e a estabilidade desses ambientes, podendo influenciar a hidráulica e o transporte de sedimentos, ao se utilizarem pontes e manilhas (Johnson, 2002; Johnson,2006). Isto ocorre porque a manilha influencia a flutuação do córrego a montante e a jusante, e as pilastras das pontes formam uma barreira, causando a formação de bancos de sedimentos a montante (Hedrick et al., 2009).

De forma geral, a utilização de pontes causa impactos mínimos no sistema físico do ambiente aquático. Por outro lado, canalizações e o uso de manilhas causam desestabilidade ao córrego (Wheeler et al.,2005).

A utilização de manilhas, geralmente, é a que causa mais destruição do hábitat do córrego e da biota e ocorre com grande frequência em cruzamentos de estradas com riachos de pequena ordem, geralmente córregos de cabeceiras, em regiões montanhosas, por representar menores custos e por oferecer maior

segurança ao homem (Wheeler et al.,2005; Poplar-Jeffers et al.,2009; Morrison et al.,2009).

Os ambientes aquáticos podem ser alterados por uma considerável distancia, tanto a montante quanto a jusante do cruzamento com as manilhas. A montante dessas barreiras pode haver uma modificação na flutuação das inundações em áreas da zona ripária, degradação e problemas estruturais de hidráulica. A jusante, podem ser alterados, principalmente, os processos de deposição e sedimentação (Forman & Alexander, 1998)

O volume de sedimento provindo do impacto da estrada depende de sua geometria, curvatura, largura, superfície e manutenção, junto com a cobertura vegetal e as propriedades do solo. A exposição do solo faz com que se aumente o fluxo hidrológico, causando a erosão e a sedimentação nos corpos da água (Forman & Alexander, 1998).

Este trabalho foi realizado com o objetivo de identificar os principais impactos de manilhas sobre o ambiente físico de córregos em duas estradas da região sul de Minas Gerais, partindo da hipótese de que a construção de rodovias causa impactos, como a formação de poços a jusante da manilha, o assoreamento e a mudança da morfologia do canal.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

Os pontos de amostragem estão inseridos na região sul do estado de Minas Gerais, na bacia do rio Grande. Esta bacia drena cerca de 143.000 km² nos estados de Minas Gerais e São Paulo, fazendo parte da bacia do Paraná (Castro et al.,2004).

O rio Grande nasce na serra da Mantiqueira, a, aproximadamente, 1.500 m de altitude, e tem extensão total de 1.050 km, confluindo com o rio Paranaíba e formando o rio Paraná (Castro et al., 2004). Tem como principais afluentes os rios Capivari, Aiuruoca, das Mortes, Jacaré, Sapucaí e Pardo. Os córregos amostrados neste trabalho drenam para o próprio rio Grande, além dos seus afluentes Aiuruoca e Ingáí.

As amostragens foram realizadas ao longo de duas rodovias com diferentes características estruturais e de níveis de uso, sendo elas a MG-335, de Bom Sucesso a Luminárias, e a BR 383, de São Sebastião da Vitória a Cruzília.

Por meio de uma análise em que se utilizaram cartas cartográficas, foram estimados, para a região estudada, o número de córregos de cada ordem interceptados por estradas e a sua porcentagem, para se ter uma compreensão da dimensão do problema abordado.

2.2 Delineamento experimental

Foram amostrados, no total, dezesseis córregos, sendo dez com a presença de manilhas e seis córregos controle, não interceptados por estradas (Tabela 1), em período imediatamente anterior (março/abril) e posterior à

estação seca (agosto/setembro). Todos os córregos foram amostrados ao longo de 300 m, sendo 150 a montante e 150 a jusante da manilha, em duas estações.

Tabela 1: Nome, coordenadas e dados, como material da manilha, altura da lâmina d'água dentro da manilha, comprimento e largura das manilhas dos córregos amostrados (M = córrego com manilha; C = controle).

Córrego	COD	Coordenada	Diâmetro da manilha(cm)	Comprimento da manilha(m)	Degrau da manilha após seca (cm)	Degrau da manilha antes seca (cm)	Lâmina d'água (cm)
Afluente córrego do Nogueira	M1	0520889/7673263	196	37.12	0	0	35,05
Afluente do rio Aiuruoca	M2	0565210/7613558	200	38.4	15	10	3
Córrego da Pontinha	M3	0508178/7621785	75	32	65	40	20
Ribeirão dos Carneiros	M4	0564700/7651858	200	50	0	0	12
Córrego do Matão Frio	M5	0550982/7604953	310	22.6	20	5	16
Córrego Grande	M6	0565216/7614533	200	37.9	30	25	10
Córrego Restinga	M7	0564058/7649305	100	20	20	15	5
Córrego do Catanduva	M8	0565989/7615177	100	70	45	30	8
Ribeirão Santa Cruz	M9	0503452/7643910	60	30	70	45	15
Ribeirão do Vilas Boas	M10	0503866/7642290	320	22	100	90	5
Afluente ribeirão Santa Cruz	C1	0503572/7643953	-	-	-	-	-
Córrego Dois Irmãos	C2	0568168/7615286	-	-	-	-	-
Córrego do Rosário	C3	0559012/7605573	-	-	-	-	-
Afluente ribeirão dos Caneiros	C4	0561211/7605518	-	-	-	-	-
Ribeirão do Varadouro	C5	0517132/7671702	-	-	-	-	-
Córrego Eixo da Roda	C6	0504025/7641656	-	-	-	-	-

As manilhas dos córregos interceptados por estradas foram caracterizadas segundo a largura e o comprimento. Foi também medida a altura do desnível (degrau) a jusante, bem como o nível da água na manilha, nos dois períodos de coleta (Tabela 1).

Córregos controle também tiveram 300 m amostrados em dois trechos de 150 m, espaçados por 50 m, representando o intervalo de uma eventual manilha.

Cada um dos trechos de 150 m foi subdividido em onze seções transversais, com distância entre si de 15 m, nas quais foram quantificados a cobertura do dossel, a profundidade, a imersão por sedimento fino, o índice de impacto humano e o número de troncos dentro do leito, segundo Kaufmann e colaboradores (1999).

A cobertura vegetal foi medida por meio de 22 observações para cada região. A vegetação ciliar foi dividida em quatro grupos: bosque, sub-bosque, arbustivo e vegetação rasteira. Cada grupo foi avaliado em cinco classes, sendo: ausência (0%), esparsa (<10%), moderada (10%-40%), alta (40%-75%) e muito alta (75%).

Para cada classe foi dado um peso diferente, sendo a ausência, zero; a esparsa, 5; a moderada, 25; a alta, 57,5 e a muito alta, 87,5. A cobertura vegetal total de cada córrego foi calculada por meio da somatória de todos os grupos de ambas as margens.

O índice de impacto humano foi calculado por meio de um total de 22 observações de alterações antropogênicas nas duas margens e em cada uma das regiões do córrego. Foi avaliada a presença de canais, diques, construções, estradas, canais, lixo, pastagem, agricultura e mineração, sendo consideradas quatro classes de avaliação: ausência e presença no canal, dentro de 10 m da margem do canal e a mais de 10 m.

Para cada classe foi estipulado um peso diferente, sendo, para as observações dentro do canal, de 1,5 m; dentro do canal, de 10 m; a partir da margem, de 1,0 m e, acima de 10 m, 0,667 m. No caso de ausência, o peso é zero. Com a soma desses resultados obteve-se o distúrbio antropogênico em cada córrego (Junqueira, 2011).

A porcentagem de imersão foi medida cinco vezes em cada seção transversal, sendo duas medidas realizadas próximo às margens e três medidas, no leito do riacho.

Entre as seções transversais foi mensurada, a cada metro, a profundidade. O número de troncos e galhos foi contado para cada seção, sendo classificados em doze classes, variando entre quatro diferentes classes de diâmetro (0,1-0,3 m, 0,3-0,6 m, 0,6-0,8 m e acima de 0,8 m) e três classes de comprimento (1,5-5 m, 5-15 m e acima de 15 m).

Também foram obtidos parâmetros físico-químicos da água, através da sonda multiparamétrica (YSI modelo 556), sendo as medidas tomadas ao chegar ao local de coleta (Tabela 2).

As diferenças entre as médias de cada variável em cada seção/transecto foram testadas por meio do teste T, separadamente para córregos controle e com manilhas.

Tabela 2: Dados físico-químicos como pH, vazão, temperatura e oxigênio dissolvido dos córregos amostrados (M = córregos com manilha; C = córregos controle)

Córrego	COD	pH	Vazão	Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	DO %	DO mg/L	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
Afluente córrego do Nogueira	M1	6,2	0,02	37	77,1	7,27	18,22
Afluente do rio Aiuruoca	M2	6,1	0,04	15	78,1	7,2	19
Córrego da Pontinha	M3	6,3	0,04	27	78,9	7,26	19,03
Ribeirão dos Carneiros	M4	6,4	0,1	25	78,3	7,1	20,12
Córrego do Matão Frio	M5	6,3	0,13	21	67,7	6,26	18,97
Córrego Grande	M6	6,8	0,14	31	79,4		20,6
Córrego Restinga	M7	6	0,01	32	63	5,82	18,91
Córrego do Catanduva	M8	6,2	0,02	26	70,3		20,25
Ribeirão Santa Cruz	M9	6,1	0,06	27	80,7	7,6	17,62
Ribeirão do Vilas Boas	M10	4,9	0,02	19	79,2	7,57	17,52
Afluente ribeirão Santa Cruz	C1	6,8	0,05	46	77,4	6,72	22,23
Córrego Dois Irmãos	C2	6,3	0,13	11	79,2	7,13	20,47
Córrego do Rosário	C3	6,3	0,22	23	75,7	6,83	19,88
Afluente Ribeirão dos Carneiros	C4	5,7	0,08	18	79,1	7,22	19,81
Ribeirão do Varadouro	C5	6,2	0,06	27	77,1	6,87	20,84
Córrego Eixo da Roda	C6	5,2	0,06	10	78,1	7,2	19,22

3 RESULTADOS

Apesar de haver maior número de córregos de primeira ordem na região, os de segunda e terceira ordem, aqueles geralmente interceptados por manilhas, são, proporcionalmente, os mais afetados pelas estradas (Figura 1).

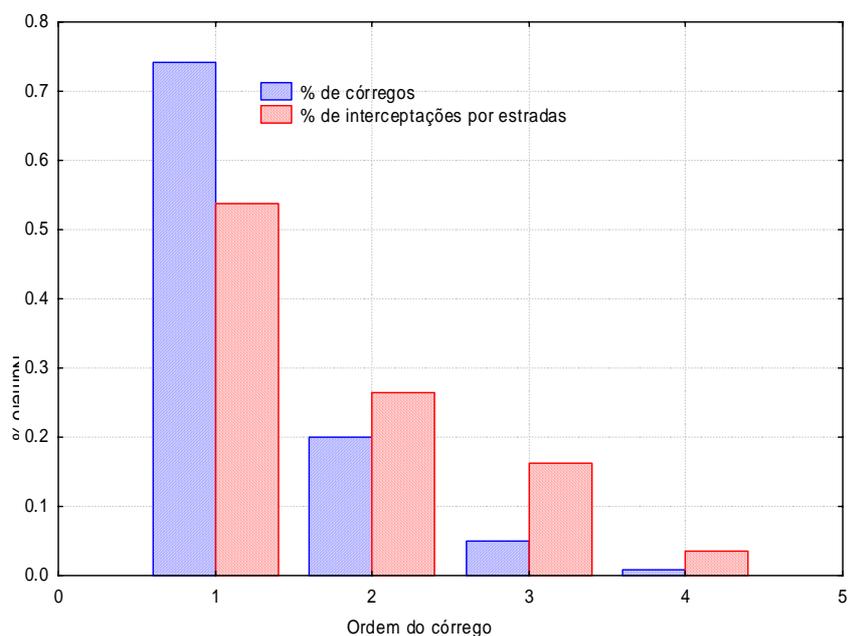


Figura 1: Número total de córregos e número de córregos interceptados por estradas, para a região de estudo.

Os córregos interceptados por manilhas, em comparação com os córregos controles, apresentaram diversas modificações, como acúmulo de sedimento a montante, aumento da profundidade a jusante e diminuição da cobertura vegetal. Por outro lado, fatores como abrigo total e cobertura vegetal não apresentaram diferenças entre os tipos de ambientes.

Analisando-se os impactos totais humanos nos córregos com manilha, nota-se, nitidamente, a influência humana sobre os córregos com manilha, principalmente na região onde se encontra a manilha (Figura 2).

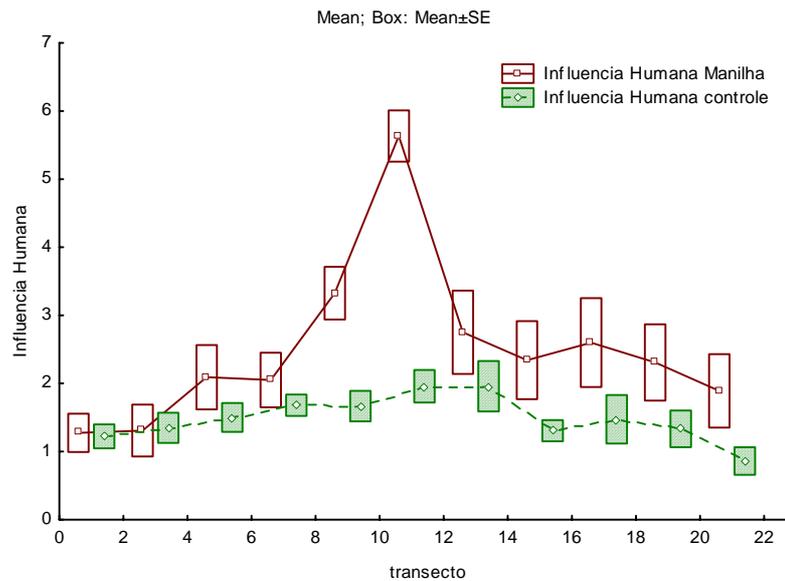


Figura 2: Médias dos valores por transecto, comparando-se o índice de influência humana em córregos controles e córregos com manilha. A manilha está localizada entre os transectos 11 e 12

Em nenhum dos córregos avaliados, o índice de influência humana foi nulo, devido à presença de agricultura e pastagens nas áreas ao redor, e a presença de cerca na maioria dos córregos.

De forma geral, a presença de sedimento fino apresentou-se maior em córregos controle. Em córregos com manilha, esse aumento aconteceu na região a montante da manilha, sendo que, a jusante, esse valor se apresentou menor que nos córregos controle, o que pode estar relacionado com o aumento da velocidade da água (Figura 3).

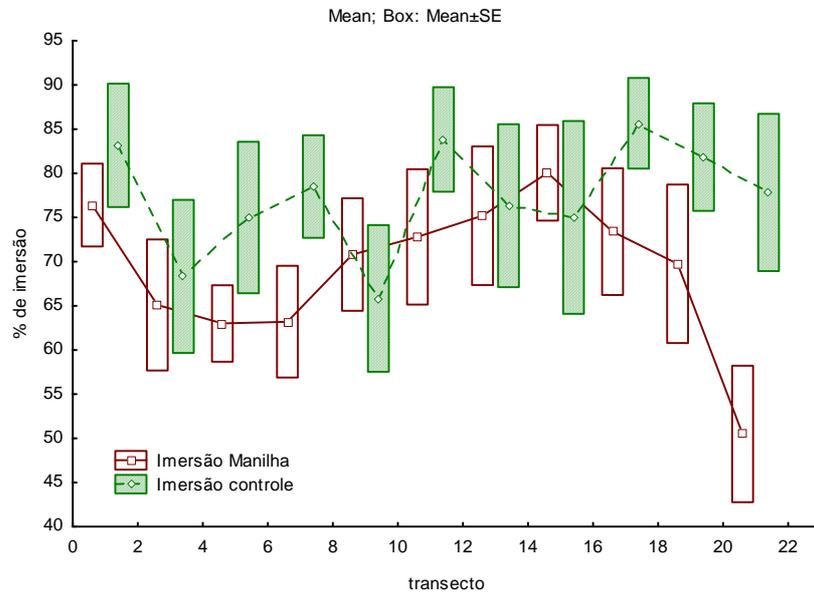


Figura 3: Médias dos valores por transecto, comparando-se imersão por sedimento fino em córregos controle e córregos com manilha. A manilha está localizada entre os transectos 11 e 12

A profundidade em córregos com manilhas é maior que em córregos controle, de forma geral, aumentando com a proximidade da manilha (Figura 4).

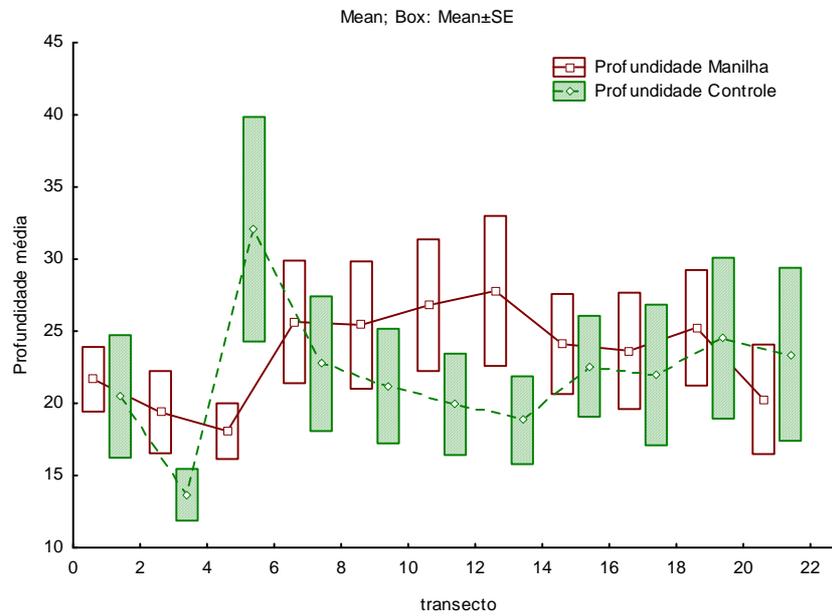


Figura 4: Médias dos valores por transecto, comparando-se profundidade de córregos controles e córregos com manilha. A manilha está localizada entre os transectos 11 e 12

De forma geral, os córregos com manilha apresentam menor cobertura vegetal na região amostrada, se comparada com os córregos controle, podendo, na região mais próxima à manilha, ser notada uma diminuição da cobertura por dossel (Figura 5).

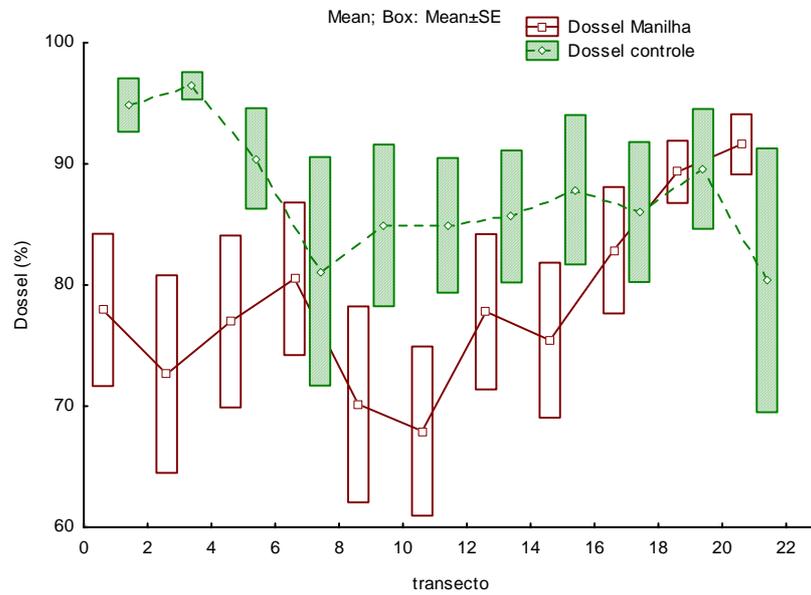


Figura 5: Médias dos valores por transecto, comparando-se cobertura do dossel de córregos controles e córregos com manilha. A manilha está localizada entre os transectos 11 e 12

Após a quantificação de troncos no leito do córrego, pode-se observar que os córregos com manilha apresentaram baixa quantidade de troncos no leito na região da jusante, aumentando o número total acima da manilha (Figura 6).

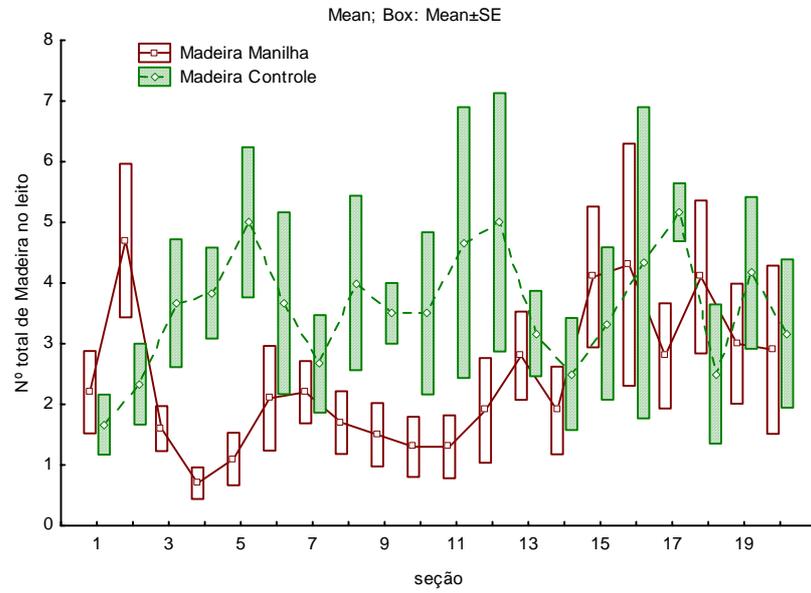


Figura 6: Médias dos valores por transecto, comparando-se o número total de troncos no leito de córregos controle e córregos com manilha. A manilha está localizada entre as seções 10 e 11

4 DISCUSSÃO

Quando o curso da água é alterado pelo uso de manilhas em riachos, pode-se observar uma instabilidade no sistema, o que pode causar a deposição de sedimento fino (Hedrick et al., 2009), devido a fatores como a mudança da velocidade da água.

O impacto humano total apresentou-se maior no decorrer de todo o córrego, o que pode estar relacionado ao fato de o impacto da construção estar se estendendo além da área amostrada ou de os córregos amostrados serem mais impactados por ações antrópicas diversas.

Os riachos próximos às estradas são, geralmente, canalizados em uma construção de rodovia, o que causa uma série de impactos no habitat físico, desde a remoção completa da vegetação ciliar como a destruição de áreas de flutuação (Wheeler et al., 2005).

A remoção da mata ciliar para a construção de estradas contribui para o aumento de sedimento fino na região a montante próximo à manilha, pois esse fator aumenta o assoreamento, levando sedimento das margens ao leito (Johnson, 2002; Benton et al., 2008 ;Hedrick et al., 2009).

As águas de escoamentos são as grandes responsáveis pelo acúmulo de sedimentos em sistemas aquáticos (Forman & Alexander, 1998). Com a construção de estradas, há um aumento no escoamento superficial, que carrega sedimentos aos corpos da água e, devido ao desmatamento para a construção de estradas, agrava-se a erosão do solo, aumentando o sedimento carreado das áreas do redor (Forman & Alexander, 1998)

O movimento de retorno da água que ocorre na região da manilha também causa a erosão das margens dos córregos, podendo formar canais laterais. Diferentemente do que acontece em canais naturais, as manilhas são rígidas e não são adaptáveis às mudanças da morfologia do canal, fazendo com

que a água que chega na região retorne, aumentando a largura do canal. (Johnson, 2002; Wheeler et al., 2005; Hedrick et al., 2009).

A jusante, esse alargamento ocorre devido à erosão que acontece com o impacto da água que cai da manilha, causando uma escavação, mesmo quando as manilhas estão em um nível próximo ao canal (Wheeler et al., 2005).

Em estudos prévios, como o de Hendrick e colaboradores, em 2009, foi demonstrado que a manilha tende a acumular na sua montante matéria orgânica, como folhas e troncos.

O presente estudo mostra que, em córregos com manilhas, o número de troncos de forma geral é menor na região da jusante à manilha, em comparação com a região de montante.

Com o bloqueio de galhos e troncos a montante, causado pela presença de manilha, o riacho pode apresentar grande simplificação a jusante, principalmente relacionada à diminuição do número de abrigos para peixes e insetos aquáticos, sendo pedaços de troncos importantes para a heterogeneidade do ambiente (Wheeler et al., 2005).

Os resultados deste trabalho apontam para impactos da intercepção de córregos por manilhas sobre o hábitat físico desses ambientes, como a maior quantidade de sedimento fino nas áreas próximas à manilha e o aumento da profundidade a jusante. Conhecendo-se os impactos, medidas mitigadoras devem ser empregadas em construções de estradas, como a manutenção de mata ciliar, outros métodos de conexão para os ambientes aquáticos, como pontes, aumento do diâmetro de manilhas e diminuição ou remoção de desníveis entre manilha e córregos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENTON, P.D.; ENSIGN, W.E.; FREEMAN, B.J. The Effect of Road Crossings on Fish Movements in Small Etowah Basin Streams. **Southeastern Naturalist**, Washington, v.7, n.2, p. 301-310, 2008

BLANTON, P.; MARCUS, W.A. Railroads, roads and lateral disconnection in the river landscapes of the continental United States. **Geomorphology**, Amsterdam, v.112, p.212-227, 2000.

CASTRO, R.M.C.; CASATTI, L.; SANTOS, H.F.; MELO, A.L.A.; MARTINS, L.S.F.; FERREIRA, K.M.; GIBRAN, F.Z.; BENINE, R.C.; CARVALHO, M.; RIBEIRO, A.C.; ABREU, T.X.; BOCKMANN, F.A.; PELIÇÃO, G.Z.; STOPIGLIA, R.; LANGEANI, F. Estrutura e composição da ictiofauna de riachos da Bacia do Rio Grande no Estado de São Paulo, Sudeste do Brasil. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 4, p. 57-95, 2004

GIBSON, R.J.; HAEDRICH, R.L.; WERNERHEIM, C.M. Loss of fish habitat as a consequence of inappropriately constructed stream crossings. **Fisheries**, Maryland, v.30, p. 10-17, 2005

FORMAN, R.T.T.; ALEXANDER, L.E.. Roads and their major ecological effects. **Annual Review of Ecology and Systematics**, California, v. 29, p.207-231, 1998

HENDRICK, L.B.; WELSH, S.A.; ANDERSON, J.T. Influences of High-flow Events on a Stream Channel Altered by construction of a Highway Bridge: A Case Study. **Northeastern Naturalist**, Boston, v.16, n3, p.375-394, 2009.

JOHNSON, P.A. Incorporating Road crossings into stream and river restoration projects. **Ecological Restoration**, Wisconsin, v.20, p. 272-277, 2002.

JOHNSON, P.A. Physiographic characteristics of bridge-stream interactions. **River Research and Applications**, Nova Jersey, v. 22, p. 617- 630, 2006.

JONES, J.A.; SWANSON, F.J.; WEMPLE, B.C.; SNYDER, K.U.. Effects of roads on hydrology, geomorphology, and disturbance patches in stream networks. **Conservation Biology**, Oregon, v.14, p.76-85, 2000.

MORISON, R.R.; HOTCHIKISS, R.H.; STONE, M.; THURMAN, D.; HORNER-DEVINE, A.R. Turbulence characteristics of flow in spiral

corrugated culvert fitted with baffles and implications for fish passage.
Ecological Engineering, Amsterdam, v.35, p.381-392, 2009

POPLAR-JEFFERS, I.O.; PETTY, J.T.; ANDERSON, J.T.; KITE, S.J.; STRANGER, M.P.; FORTNEY, R.H. Culvert Replacement and Stream Habitat Restoration: implications from Brook Trout Management in an Appalachian Watershed, U.S.A..**Restoration Ecology**, Washington, v.17, p. 404-413, 2009.

WHEELER, A.P.; ANGERMEIER, P.L.; ROSENBERGER, A.E. Impacts of Highways and Subsequent Landscape Urbanization on Stream Habitat and Biota.
Reviews in Fisheries Science, Philadelphia v.13, p. 142-164, 2005.

**Capítulo 2: Impactos do uso de manilhas em construções de estradas sobre
assembleias de peixes em córregos na região sul de Minas Gerais**

RESUMO

A utilização de manilhas em construções de estradas tem sido apontada como tendo grande impacto sobre a ictiofauna de riachos, por representar um obstáculo ao deslocamento dos peixes. No entanto, esse impacto ainda não foi avaliado para nenhum sistema brasileiro. Este trabalho foi realizado com o objetivo geral de avaliar este impacto sobre a comunidade de peixes de riachos em duas rodovias no sul de Minas Gerais. Para isso, foram estudados dez córregos interceptados por manilhas e seis córregos controle não interceptados. Amostragens foram realizadas antes e após o período de seca, nos anos de 2010 e 2011, quando também foram avaliados o habitat físico e os parâmetros físico-químicos da água. Foram capturados 2.783 indivíduos pertencentes a 30 espécies de peixes. Foram detectadas diferenças entre as comunidades de peixes a montante e a jusante, associadas à presença da manilha, e que ocorreu, principalmente, ao final da estação seca, em função da retenção de indivíduos de algumas das espécies na região de jusante.

Palavras chave: Ecologia de Estradas. Manilhas. Ecologia de peixes

ABSTRACT

The use of culverts on road construction has been identified as having a big impact on the fish fauna of streams, since they represent an obstacle to the fish's movement. However, this impact has not been assessed for any Brazilian system. This study aimed at evaluating the impact on fish communities in streams in two roads in the south of Minas Gerais, comparing ten streams intercepted by road using culverts, and six streams without them (controls). Samples were taken before and after the dry season in the years 2010 and 2011 when they had also evaluated physical habitat and water quality parameters. We captured 2783 fishes from 30 species. Differences were found between fish communities upstream and downstream, associated to the culvert, which occurred mainly at the end of the dry season due to the retention of individuals downstream.

Key Word: Road Ecology. Culvert. Fish Ecology

1 INTRODUÇÃO

A fragmentação de córregos por estradas tem sido reconhecida como um sério problema para a diversidade, a abundância e a persistência de espécies aquáticas (Khan and Colbo 2008.), devido à perda de conectividade do movimento das espécies aquáticas pelas barreiras físicas representadas pelas manilhas (Park et al. 2008; Doehring et al. 2011; Bourne et al.,2011). No entanto, este impacto nunca foi quantificado no Brasil.

A fragmentação dos riachos por manilhas reduz a possibilidade de movimento do indivíduo de um fragmento para o outro, alterando potencialmente a estrutura das comunidades de peixes a montante e a jusante (Benton et al.,2008), Porém, a magnitude do impacto dependerá das características da bacia e da obra, bem como da existência de outros fatores agravantes a montante ou a jusante (Baker&Votapka, 1990).

Córregos podem apresentar uma acentuada redução de abundância ou riqueza, causada por fatores como seca, flutuações ou estresse antropogênico. No entanto, as populações são capazes de se restabelecer, caso o acesso à fonte não seja afetado (Adams&Warren,2005; Lonzarich et al.,1998; Benton et al.,2008). Assim, os efeitos de manilhas sobre a comunidades de peixes são facilmente entendidos, já que estas estruturas podem impedir a recolonização de áreas localizadas a montante em momentos posteriores a, por exemplo, grandes cheias, que provoquem o arraste de um grande número de organismos. Dessa forma, ao se estudar as populações presentes a jusante e a montante de manilhas, diferenças podem ser observadas, uma vez que estas estruturas podem representar barreira física para o movimento de peixes (Gibson et al., 2005; Khan&Colbo, 2008).

Schaefer e colaboradores (2003) apontaram que uma grande variedade de tipos de manilha causa uma diminuição significativa de possibilidade de

movimento dos peixes entre as duas regiões, sendo esses efeitos acumulativos, inibindo a passagem dos peixes. Os principais fatores ligados a este isolamento são o aumento da velocidade da água, a sedimentação dentro e na entrada da manilha, a diminuição da lâmina d'água dentro da manilha se comparada ao leito do riacho (Poplar-Jeffers et al.,2009; Kemp & O'Hanley, 2010), a turbulência formada com o estreitamento do leito do rio (Smith, 2006; Morrison et al., 2009) e eventuais degraus que impeçam o deslocamento.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o impacto de manilhas sobre a comunidade de peixes de riachos. Testou-se a hipótese de que as assembleias de peixes localizadas a montante e a jusante destas estruturas apresentam diferenças na sua estrutura. Estas estariam relacionadas à magnitude da barreira representada pela manilha, e seriam mais evidentes após o período de seca, quando ocorreria a recolonização.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

Os pontos de amostragem estão inseridos na região sul do estado de Minas Gerais. Essa região é caracterizada por apresentar vegetação diversificada, constituída de cerrado, matas de galeria, manchas florestais semidecíduas, com manchas e corredores em valos, em matriz de pastagem ou cultura.

Essa região pertence à bacia do rio Grande, que drena cerca de 143.000 km² nos estados de Minas Gerais e São Paulo, fazendo parte da bacia do Paraná (Castro et al.,2004).

O rio Grande nasce na serra da Mantiqueira, a, aproximadamente, 1.500 m de altitude, e tem uma extensão total de 1050 km, confluindo com o rio Paranaíba e formando o rio Paraná (Castro et al., 2004). Tem como principais afluentes os rios Capivari, Aiuruoca, das Mortes, Jacaré, Sapucaí e Pardo. Os córregos amostrados neste trabalho drenam para o próprio rio Grande, além dos seus afluentes, Aiuruoca e Ingáí.

As amostragens foram realizadas ao longo de duas rodovias com diferentes características estruturais e de níveis de uso, sendo elas a MG-335, de Bom Sucesso a Luminárias e a BR 383, de São Sebastião da Vitória a Cruzília.

2.2 Delineamento experimental

Foram amostrados, no total, dezesseis córregos, sendo dez com a presença de manilhas e seis córregos controle, não interceptados por estradas (Tabela 1).

Tabela 1: Nome, coordenadas e dados como material da manilha, altura da lâmina d'água dentro da manilha, comprimento e largura das manilhas dos córregos amostrados (M = córrego com manilha; C = controle).

Córrego	COD	Coordenada	Diâmetro da manilha (cm)	Comprimento da manilha(m)	Degrau da manilha após seca(cm)	Degrau da manilha antes seca (cm)	Lâmina d'água (cm)
Afluente córrego do Nogueira	M1	0520889/7673263	196	37.12	0	0	35, 05
Afluente do rio Aiuruoca	M2	0565210/7613558	200	38.4	15	10	3
Córrego da Pontinha	M3	0508178/7621785	75	32	65	40	20
Ribeirão dos Carneiros	M4	0564700/7651858	200	50	0	0	12
Córrego do Matão Frio	M5	0550982/7604953	310	22.6	20	5	16
Córrego Grande	M6	0565216/7614533	200	37.9	30	25	10
Córrego Restinga	M7	0564058/7649305	100	20	20	15	5
Córrego do Catanduva	M8	0565989/7615177	100	70	45	30	8
Ribeirão Santa Cruz	M9	0503452/7643910	60	30	70	45	15
Ribeirão do Vilas Boas	M10	0503866/7642290	320	22	100	90	5
Afluente ribeirão Santa Cruz	C1	0503572/7643953	-	-	-	-	-
Córrego Dois Irmãos	C2	0568168/7615286	-	-	-	-	-
Córrego do Rosário	C3	0559012/7605573	-	-	-	-	-
Afluente ribeirão dos Caneiros	C4	0561211/7605518	-	-	-	-	-
Ribeirão do Varadouro	C5	0517132/7671702	-	-	-	-	-
Córrego Eixo da Roda	C6	0504025/7641656	-	-	-	-	-

As amostragens foram realizadas em período imediatamente anterior (março/abril) e posterior à estação seca (agosto/setembro). Todos os córregos foram amostrados ao longo de 300 m, sendo 150 m a montante e 150 m a jusante da manilha.

As manilhas dos córregos interceptados por estradas foram caracterizados segundo a largura e o comprimento. Foi também medida a altura do desnível (degrau) a jusante bem como o nível da água na manilha nível da água nos dois períodos de coleta (Tabela 1).

Córregos controle também tiveram 300 m, amostrados em dois trechos de 150 m, espaçados por 50 m, representando o intervalo da manilha.

Cada um dos trechos de 150 m foi subdividido em onze seções transversais, com distância entre si de 15 m, em que foram quantificados a cobertura do dossel, a profundidade, a imersão por sedimento fino, o índice de impacto humano e o número de troncos dentro do leito, segundo Kaufmann e colaboradores (1999).

A cobertura vegetal foi medida por meio de 44 observações por córrego, sendo 22 observações por região, tendo a vegetação ciliar sido dividida em quatro grupos: bosque, sub-bosque, arbustivo e vegetação rasteira. Cada grupo foi avaliado em cinco classes, sendo elas ausência (0%), esparsa (<10%), moderada (10%-40%), alta (40%-75%) e muito alta (75%).

Para cada classe foi dado um peso diferente, sendo ausência, zero; esparsa, 5; moderada, 25; alta, 57,5 e muito alta, 87,5, sendo a cobertura vegetal total a somatória dos pesos de todos os grupos de todas as classes da vegetação ciliar de ambas as margens.

O índice de impacto humano foi calculado por meio de um total de 22 observações de alterações antropogênicas em cada uma das regiões do córrego. Essas modificações são definidas como canais, diques, construções, estradas,

canais, lixo, pastagem, agricultura e mineração, sendo avaliadas nas duas margens.

Para cada alteração antrópica foram consideradas quatro classes de avaliação: ausência e presença no canal, dentro de 10 m da margem do canal e com mais de 10 m.

Para cada classe foi estipulado um peso diferente. Para as observações dentro do canal, foi 1,5 m; dentro de 10 m a partir da margem, de 1,0 m e, acima de 10 m, 0,667. No caso de ausência, o peso é zero. Com a soma desses resultados obteve-se o distúrbio antropogênico em cada córrego (Junqueira, 2011).

A porcentagem de imersão foi medida cinco vezes em cada seção transversal, sendo duas medidas realizada próximo às margens e três medidas no leito do riacho.

Entre as seções transversais, foi mensurada, a cada metro, a profundidade O número de troncos e galhos foi contado para cada seção, sendo classificados em doze classes, variando entre quatro diferentes classes de diâmetro (0,1-0,3 m, 0,3-0,6 m, 0,6-0,8 m e acima de 0,8 m) e três classes de comprimento (1,5-5 m, 5-15 m e acima de 15 m). O número total de troncos foi obtido por meio da soma da quantidade em cada classe.

Também foram obtidos parâmetros físico-químicos da água por meio da sonda multiparamétrica (YSI modelo 556), sendo as medidas realizadas ao chegar ao local de coleta (Tabela 2).

Tabela 2: Dados físico-químicos como pH, vazão, temperatura e oxigênio dissolvido dos córregos amostrados (M = córregos com manilha; C = córregos controle)

Córrego	COD	pH	Vazão	Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	DO %	DO mg/L	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
Afluente córrego do Nogueira	M1	6,2	0,02	37	77,1	7,27	18,22
Afluente do rio Aiuruoca	M2	6,1	0,04	15	78,1	7,2	19
Córrego da Pontinha	M3	6,3	0,04	27	78,9	7,26	19,03
Ribeirão dos Carneiros	M4	6,4	0,1	25	78,3	7,1	20,12
Córrego do Matão Frio	M5	6,3	0,13	21	67,7	6,26	18,97
Córrego Grande	M6	6,8	0,14	31	79,4		20,6
Córrego Restinga	M7	6	0,01	32	63	5,82	18,91
Córrego do Catanduva	M8	6,2	0,02	26	70,3		20,25
Ribeirão Santa Cruz	M9	6,1	0,06	27	80,7	7,6	17,62
Ribeirão do Vilas Boas	M10	4,9	0,02	19	79,2	7,57	17,52
Afluente Ribeirão Santa Cruz	C1	6,8	0,05	46	77,4	6,72	22,23
Córrego Dois Irmãos	C2	6,3	0,13	11	79,2	7,13	20,47
Córrego do Rosário	C3	6,3	0,22	23	75,7	6,83	19,88
Afluente ribeirão dos Carneiros	C4	5,7	0,08	18	79,1	7,22	19,81
Ribeirão do Varadouro	C5	6,2	0,06	27	77,1	6,87	20,84
Córrego Eixo da Roda	C6	5,2	0,06	10	78,1	7,2	19,22

As coletas de peixes foram realizadas no sentido jusante-montante, com peneiras confeccionadas com tela mosqueteira (80 cm de diâmetro, malha 1 mm). O esforço amostral foi padronizado por tempo, sendo estabelecidas, para cada trecho de 150 m, duas horas de coleta. Sempre que possível foi realizada a coleta dentro das manilhas.

Os exemplares coletados foram anestesiados com Eugenol, separados por local de coleta, etiquetados e fixados em solução de formol 10%. Em laboratório, foram identificados taxonomicamente e, posteriormente, conservados em álcool 70%.

2.3 Análise dos dados

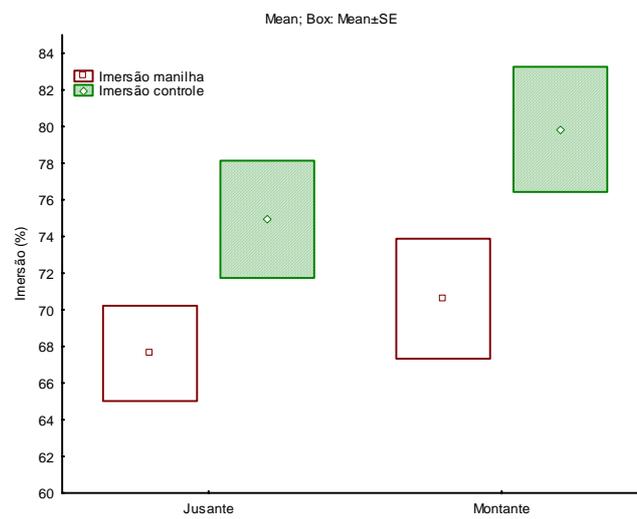
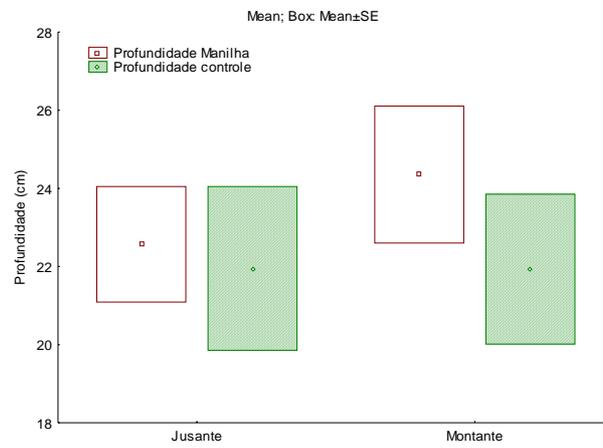
Para avaliar se eventuais diferenças nas assembleias de peixes entre as regiões de montante e jusante devem-se ao efeito da manilha e não a diferenças ambientais entre as regiões de coleta, as diferenças nestas variáveis físicas entre as duas regiões foram testadas por meio do teste T.

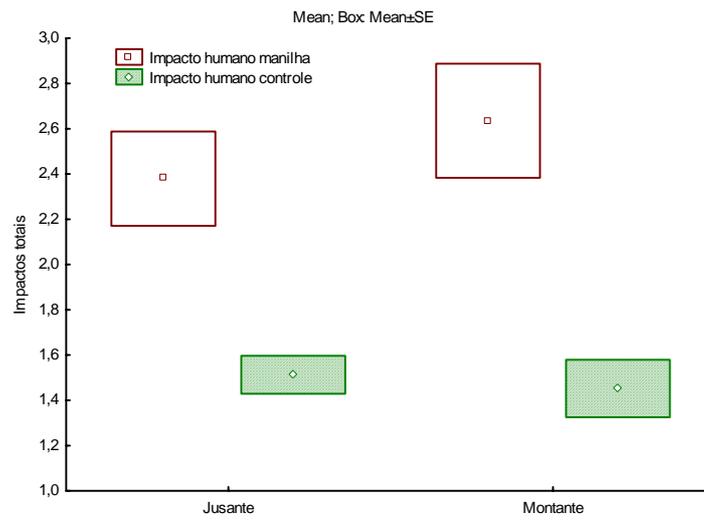
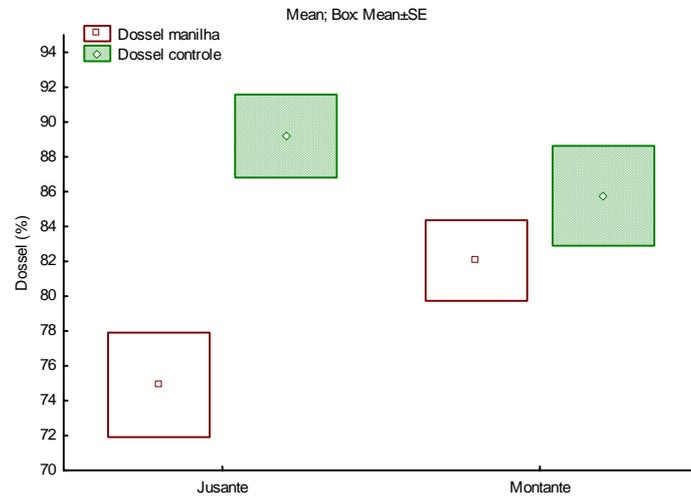
A relação entre a diferença relativa de abundância e riqueza entre montante e jusante e a altura do desnível da manilha foi testada por meio de regressão.

Padrões gerais de estrutura das comunidades foram avaliados para cada córrego, estação e região (montante e jusante), por meio de análise de nMDS, utilizando-se o índice de similaridade de Bray-Curtis. Eventuais diferenças na estrutura das comunidades entre regiões foram testadas por meio de ANOSIM, sendo as espécies que eventualmente contribuíram para a dissimilaridade avaliadas pela análise de SIMPER.

3 RESULTADOS

Não foram observadas diferenças significativas na profundidade ($F = 0,606$, $p = 0,437$), imersão ($F = 0,5085$, $p = 0,4766$), cobertura do dossel ($F = 3,547$, $p = 0,061$) e impactos humanos ($F = 0,613$, $p = 0,691$), quando comparadas as regiões a montante e a jusante dos córregos estudados (Figura 1). Apenas para a quantidade de madeira no leito foram observados valores significativamente maiores a montante das manilhas ($F = 5,754$, $p = 0,017$).





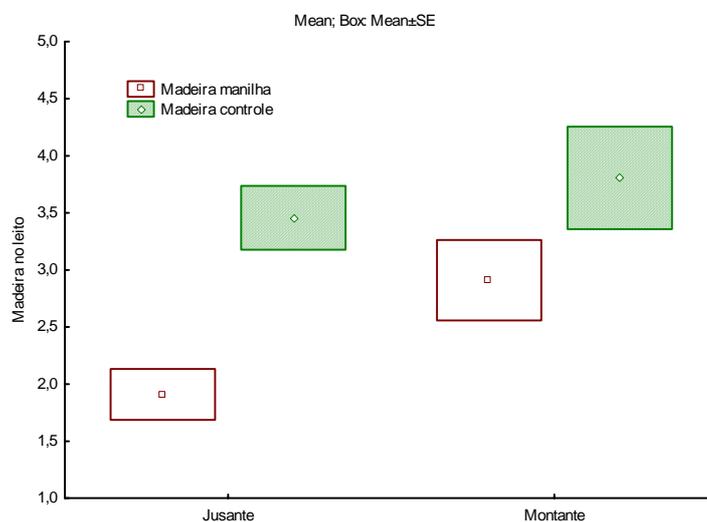


Figura 1: Comparação entre médias de profundidade, imersão, dossel, influência humana e total de troncos no leito entre montante e jusante dos córregos controle e com manilhas.

Foram capturados 2.783 indivíduos, pertencentes a 30 espécies de peixes e 12 famílias, tendo a riqueza variado de 2 a 15 espécies, por córrego amostrado. Nos seis córregos controle foram capturados 1.312 indivíduos de 27 espécies (Tabela 3), enquanto nos córregos com manilhas foram capturados 1.471 indivíduos de 25 espécies (Tabela 4).

Tabela 3: Número de indivíduos capturados por espécie e região de coleta, para os seis córregos controle amostrados.

Espécies	Jusante	Montante	Total geral
Ordem Characiformes			
Characidae			
<i>Astyanax altiparanae</i>	2	8	10
<i>Astyanax fasciatus</i>	29	12	41
<i>Astyanax scabripinnis</i>	174	161	335

Espécies	Jusante	Montante	Total geral
<i>Bryconamericus stramineus</i>	11	3	14
<i>Hasemania</i> sp.	50	37	87
<i>Knodus moenkhausii</i>	1		1
<i>Oligosarcus paranensis</i>	5	5	10
Crenuchidae			
<i>Characidium</i> cf. <i>zebra</i>	130	154	284
<i>Characidium gomesi</i>	15	13	28
<i>Characidium</i> sp..1	10	6	16
Herythrinidae			
<i>Hoplias malabaricus</i>		2	2
Parodontidae			
<i>Apareiodon ibitiensis</i>	1	1	2
Order Perciformes			
Cichlidae			
<i>Cichlasoma paranaense</i>		1	1
Order Siluriformes			
Callichthyidae			
<i>Callichthys callichthys</i>	2	2	4
Heptapteridae			
<i>Cetopsorhamdia iheringi</i>	20	7	27
<i>Phenacorhamdia tenebosa</i>	1	3	4
<i>Rhamdiopsis microcephala</i>	3	4	7
<i>Rhamdia quelen</i>	10	18	28
Loricariidae			
<i>Neoplecostomus paranensis</i>	4	1	5
<i>Pareiorhina carrancas</i>	103	74	177
<i>Hypoptopomatinae</i> sp.	2		2
<i>Hisonotus</i> sp1.		4	4
Pimelodidae			
<i>Pimelodella boschmai</i>	4	5	9
<i>Pimelodus maculatus</i>	1	1	2
Trichomycteridae			
<i>Trichomycterus</i> aff. <i>Brasiliensis</i>	33	21	54
<i>Trichomycterus</i> aff. <i>reinhardti</i>	29	39	68

“Tabela 3, conclusão”

Espécies	Jusante	Montante	Total geral
<i>Trichomycterus pauciradiatus</i>	52	38	90
Total geral	692	620	1312

Tabela 4: Número de indivíduos capturados por espécie e região de coleta, para os dez córregos com manilhas amostrados.

Espécies	Jusante	Manilha	Montante	Total geral
Ordem Characiformes				
Characidae				
<i>Astyanax altiparanae</i>	8	4	22	34
<i>Astyanax fasciatus</i>	107	8	57	172
<i>Astyanax scabripinnis</i>	204	5	208	417
<i>Bryconamericus stramineus</i>	51		36	87
<i>Hasemania</i> sp.	21		62	83
<i>Knodus moenkhausii</i>	2		3	5
<i>Oligosarcus paranensis</i>	63		52	115
Crenuchidae				
<i>Characidium</i> cf. <i>zebra</i>	27		40	67
<i>Characidium gomesi</i>	2		1	3
<i>Characidium</i> sp.1	3		5	8
Herythrinidae				
<i>Hoplias malabaricus</i>	8		2	10
Order Cyprinodontiformes				
Poeciliidae				
<i>Phalloceros harpagos</i>	52	2		54
<i>Poecilia reticulata</i>	1			1
Order Gymnotiformes				
Gymnotidae				
<i>Gymnotus carapo</i>	1			1
Order Perciformes				
Cichlidae				
<i>Cichlasoma paranaense</i>			1	1
Order Siluriformes				

“Tabela 4, conclusão”				
Espécies	Jusante	Manilha	Montante	Total geral
Callichthyidae				
<i>Callichthys callichthys</i>			9	9
Heptapteridae				
<i>Cetopsorhamdia iheringi</i>	13		4	17
<i>Rhamdiopsis microcephala</i>	11		9	20
<i>Rhamdia quelen</i>			1	1
Loricariidae				
<i>Pareiorhina carrancas</i>	42		29	71
<i>Hypoptopomatinae</i> sp.	41		8	49
Pimelodidae				
<i>Pimelodus maculatus</i>			1	1
Trichomycteridae				
<i>Trichomycterus</i> aff. <i>Brasiliensis</i>	29		43	72
<i>Trichomycterus</i> aff. <i>reinhardti</i>	58		52	110
<i>Trichomycterus pauciradiatus</i>	43		20	63
Total geral	787	19	665	1471

Não foi observada relação significativa entre o desnível causado pela manilha e a diferença na riqueza e na abundância entre os trechos a montante e a jusante após a seca (Figura 2), em que $r^2 = 0,0522$; $r = 0,2284$ e $p = 0,5257$, para riqueza e $r^2 = 0,1017$; $r = 0,3189$ e $p = 0,3691$, para abundância, e, antes da seca (Figura 3), em que $r^2 = 0,0118$; $r = 0,1085$; $p = 0,7655$, para riqueza e $r^2 = 0,1704$; $r = 0,4128$; $p = 0,2357$, para abundância.

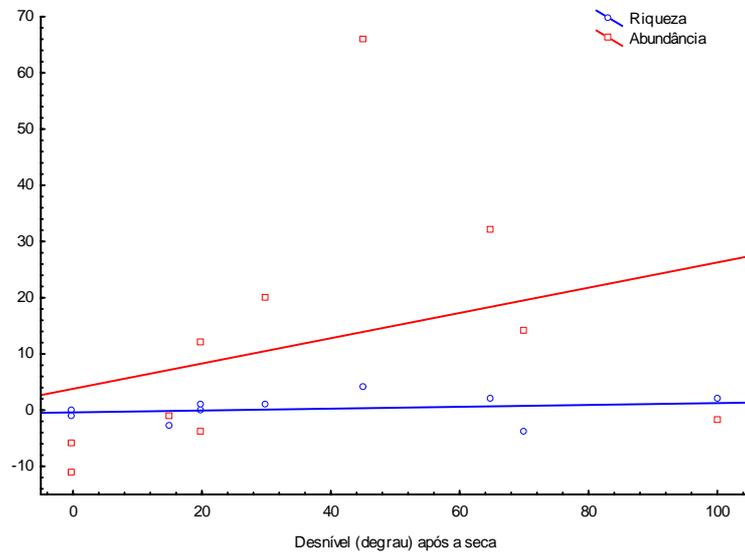


Figura 2: Relação entre desnível e diferença de riqueza e abundância entre montante e jusante dos córregos com manilha, no período após a seca.

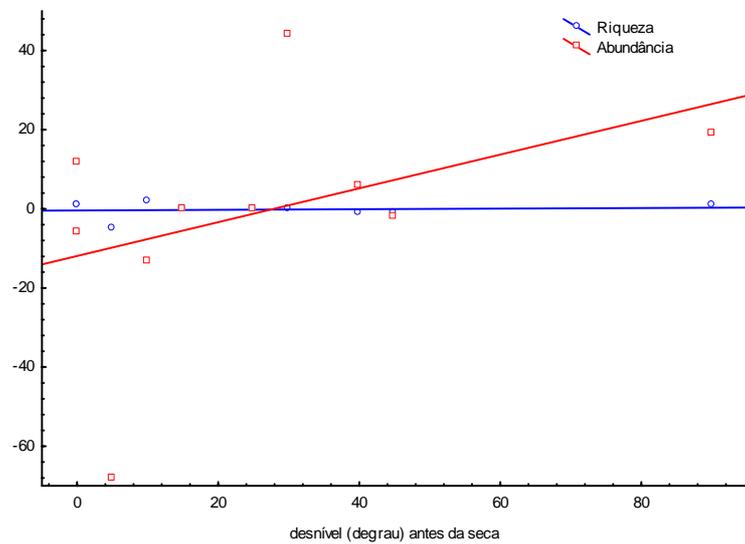


Figura 3: Relação entre desnível e a diferença de riqueza e abundância entre montante e jusante dos córregos com manilha, no período antes da seca.

Quando comparados por meio de NMDs, foi observado que córregos com maiores desníveis apresentam maiores diferenças (distâncias) entre as regiões a montante e a jusante, nos dois períodos de amostragem (Figuras 4 e 5).

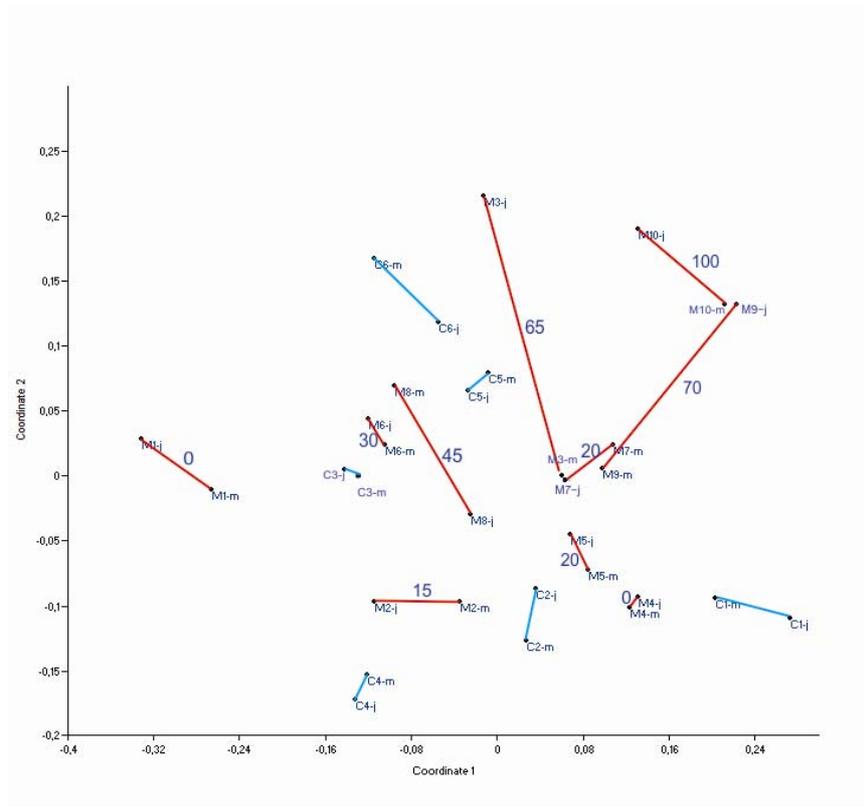


Figura 4: Análise de nMDS, indicando a distância entre as assembléias de peixes a montante e a jusante para cada córrego interceptado por manilha (em vermelho) e controle (azul), no final do período de seca (Stress: 0,2788).

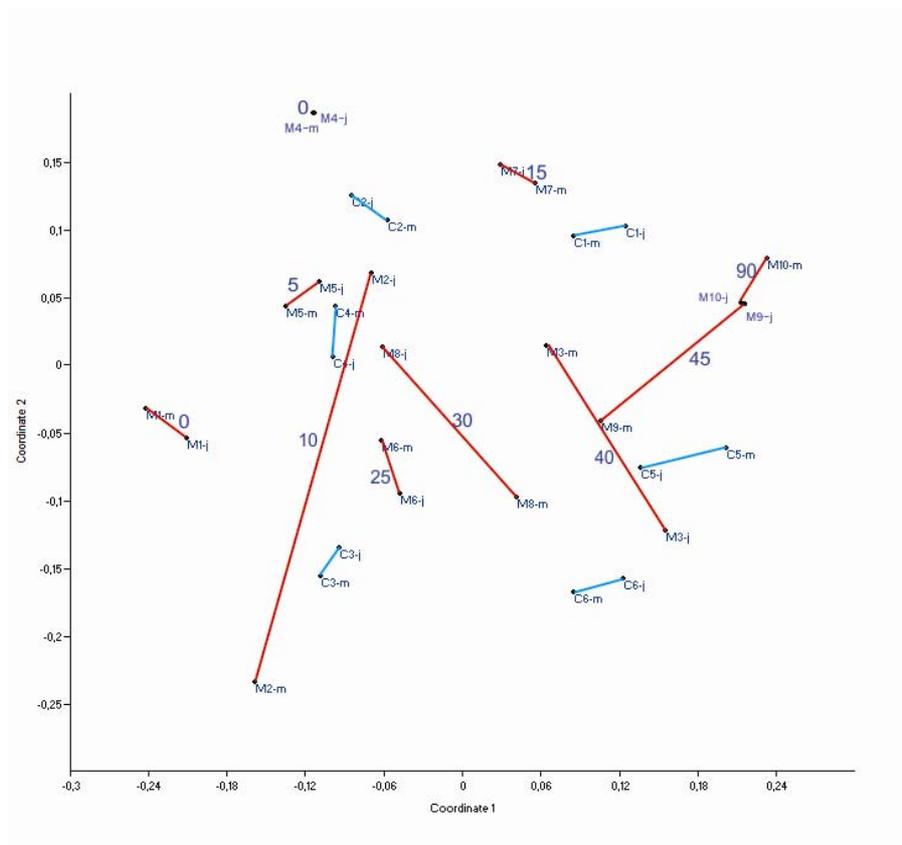


Figura 5: Análise de nMDS, indicando a distância entre as assembleias de peixes a montante e a jusante para cada córrego interceptado por manilha (em vermelho) e controle (azul), no período anterior à seca (Stress:0,2407).

Quando comparados os índices de similaridade Bray-Curtis entre os córregos controle, os interceptados por manilhas com desnível inferior a 30 cm e aqueles com desnível superior, este foi significativamente diferente ao final da estação seca ($F = 18,004; p = 0,0002$) (Figura 6).

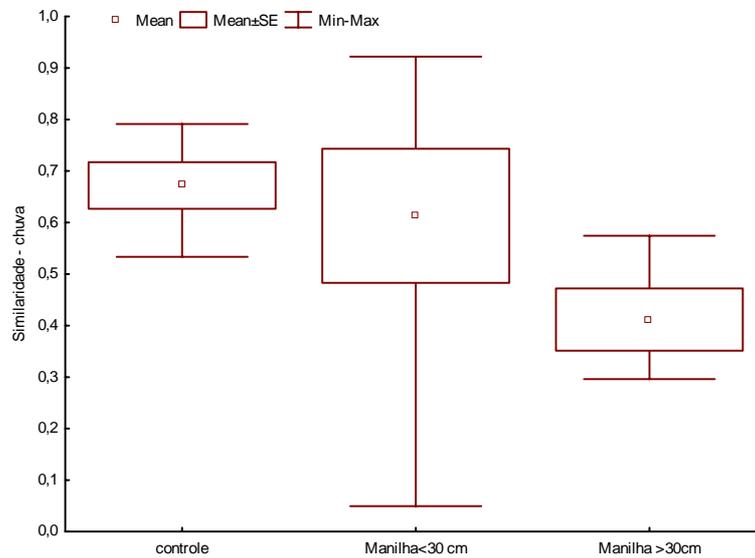


Figura 6: Boxplot do índice de similaridade de BrayCurtis, para os três grupos de córregos, no início da seca

Ao início da seca, apesar da diminuição da similaridade com o aumento do desnível (Figura 7), estas não foram significativas ($F = 1,81$; $p = 0,2033$).

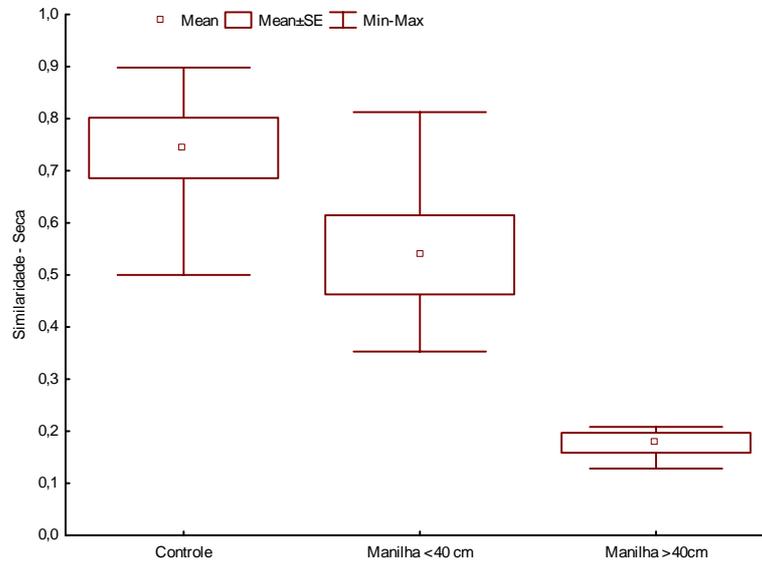


Figura 7: Boxplot do índice de similaridade de BrayCurtis, para os três grupos de córregos, ao final da seca

A distância entre montante e jusante para os córregos com manilhas acima de 30 cm, mensurada por Bray Curtis, não foi significativa para nenhuma das duas estações (ANOSIM $R = -2708$; $p = 0,9689$, antes período de seca e $R = -0,1667$; $p = 0,8362$ após período da seca)

Nos dois períodos de coleta, para os córregos com desnível de manilha superior a 30 cm, diferenças na abundância de *T. aff. reinhardti*, *Hypoptipomatinae* sp., *A. scabripinnis*, *A. fasciatus*, *O. paranensis* e *P. harpagus* explicaram, no seu conjunto, mais de 70% das dissimilaridades entre as regiões, tendo todas elas sido mais abundantes a jusante (Tabelas 5 e 6).

Tabela 5: Espécies que mais contribuíram para a dissimilaridade (Análise de SIMPER) entre as regiões de montante e jusante dos córregos interceptados por manilhas com desnível superior a 30 cm, ao início da estação seca.

Taxon	Contribuição	Acumulativo %	Abundância Média Jusante	Abundância Média Montante
<i>Trychomycterus aff. reinhardti</i>	15,8	21,34	10,5	8,25
<i>Hypoptopomatinae sp.</i>	13,18	39,13	7,5	1,5
<i>Astyanax scabripinnis</i>	8,866	51,1	7,25	2,25
<i>Astyanax fasciatus</i>	7,59	61,35	6,75	1
<i>Oligosarcus paranensis</i>	7,176	71,04	3,25	2,5
<i>Trychomycterus aff. Brasiliensis</i>	7,028	80,53	3,25	5,5
<i>Pareiorhina carrancas</i>	6,766	89,66	1,5	4,25
<i>Cetopsorhamdia iheringi</i>	2,465	92,99	1,75	0,25
<i>Trychomycterus pauciradiatus</i>	1,686	95,27	1	0,75
<i>Characidium cf. zebra</i>	1,316	97,05	0,5	0,75
<i>Astyanax altiparanae</i>	1,288	98,78	0,5	0,75
<i>Hoplias malabaricus</i>	0,6568	99,67	0,5	0
<i>Poecilia reticulata</i>	0,2438	100	0,25	0

Tabela 6: Espécies que mais contribuíram para a dissimilaridade (Análise de SIMPER) entre as regiões a montante e a jusante dos córregos interceptados por manilhas com desnível superior a 30 cm, ao final da estação seca

Taxon	Contribuição	Acumulativo %	Abundância Média Jusante	Abundância Média Montante
<i>Oligosarcus paranensis</i>	20,45	23,75	8	4,25
<i>Phalloceros harpagus</i>	14,85	41	12,8	0
<i>Astyanax fasciatus</i>	13,22	56,36	11,8	0
<i>Hypoptopomatinae</i> sp.	8,516	66,25	2,75	0,5
<i>Astyanax scabripinnis</i>	8,384	75,99	2,75	4,75
<i>Trychomycterus aff. reinhardti</i>	8,111	85,41	2,75	4,5
<i>Trychomycterus aff. brasiliensis</i>	3,931	89,97	1	2,25
<i>Pareiorhina carrancas</i>	3,588	94,14	1,75	0,75
<i>Trychomycterus pauciradiatus</i>	1,521	95,91	0,25	0,5
<i>Cetopsorhamdia iheringi</i>	1,385	97,52	1	0,25
<i>Characidium cf. zebra</i>	0,9926	98,67	0	0,5
<i>Gymnotus carapo</i>	0,2912	99,01	0,25	0
<i>Astyanax altiparanae</i>	0,2912	99,35	0,25	0
<i>Hasemania</i> sp.	0,2812	99,67	0,25	0
<i>Knodus moenkhausii</i>	0,2812	100	0,25	0

Quando comparada a similaridade entre estações de coleta, para cada região (jusante e montante), não foram observadas diferenças significativas (Figuras 8 e 9).

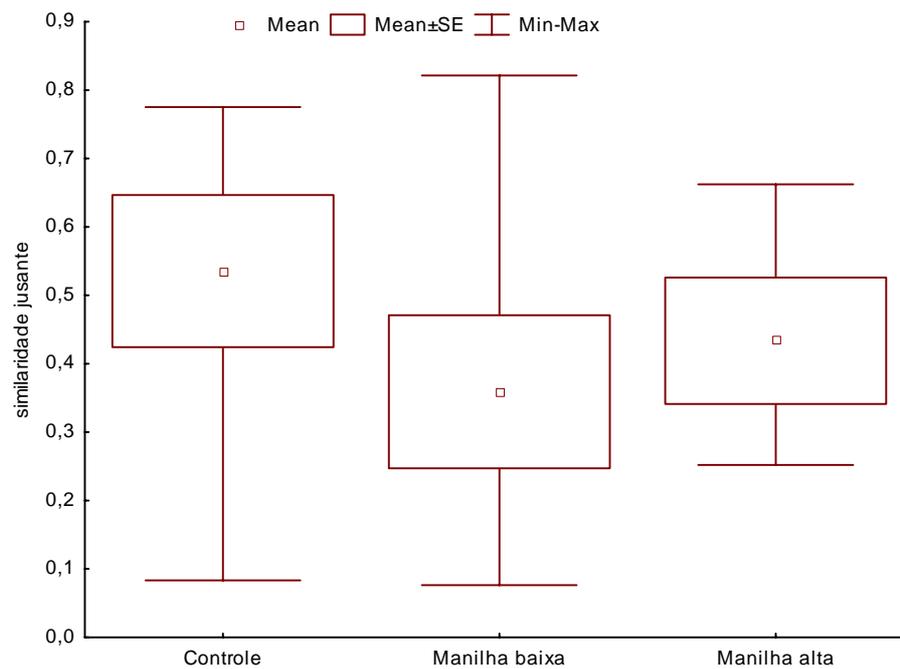


Figura 8: Boxplot do índice de similaridade de BrayCurtis, para os três grupos de córregos a jusante da manilha

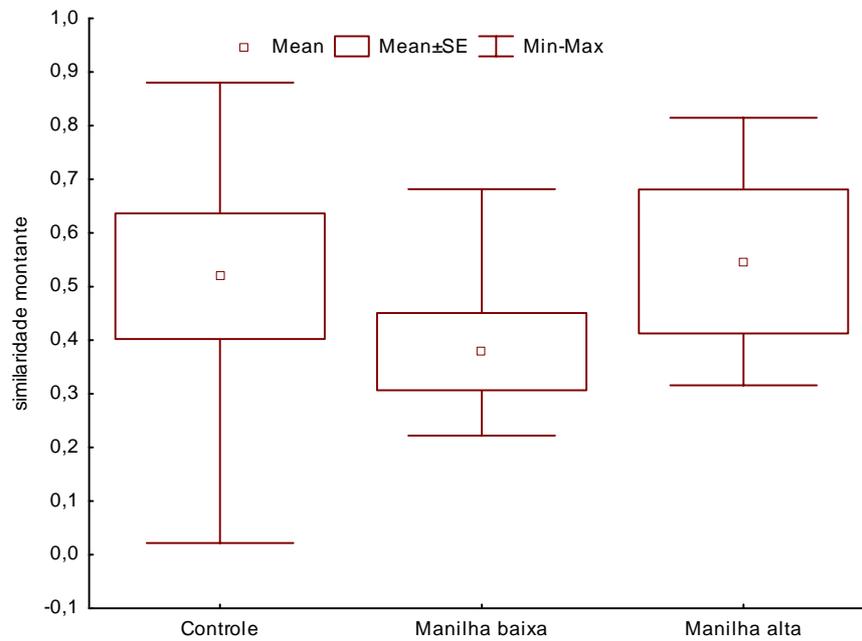


Figura 9: Boxplot do índice de similaridade de BrayCurtis, para os três grupos de córregos a montante da manilha

Córregos com manilha de menor tamanho foram sempre os que apresentaram as maiores variações na composição da fauna entre períodos de coleta, especialmente na região de montante.

4 DISCUSSÃO

A bacia do rio Grande tem registrado, em seu afluentes no estado de Minas Gerais, 72 espécies de peixes (Pompeu et al., 2009), e todas as espécies capturadas nos córregos já haviam sido descritas.

Entre as espécies capturadas, cinco foram encontradas apenas em córregos controle, sendo elas *Apareiodon ibitiensis*, *Phernacorhamdia tenebrosa*, *Neoplecostomus paranensis*, *Hisonotus* sp.1 e *Pimelodella boschmai*, e três espécies foram capturada apenas em córregos com manilhas: *Phalloceros harpagos*, *Poecilia reticulata* e *Gymnotus carapo*

A perda de conectividade de ambientes aquáticos causada pela construção de estradas acarreta alguns impactos ecológicos, o que inclui perda da vegetação ripária, perda ou simplificação do canal do córrego devido ao bloqueio e consequente perda de riqueza e abundância das espécies terrestres e aquáticas (Blanton & Marcus, 2009).

Não foram observadas diferenças significativas para a maioria dos parâmetros de hábitat físico avaliados. Apenas a quantidade de troncos foi significativamente superior a montante. Como, na maioria das vezes, a manilha tem uma largura que não permite a passagem dos pedaços de madeira, essas tendem a se acumular nesta região (Gubernick et al., 2003).

Esse bloqueio da manilha pode causar instabilidade a jusante, uma vez que troncos são importantes componentes para a heterogeneidade de um ambiente aquático, pois estabilizam bancos do canal, criando piscinas e providenciando hábitat para peixes (Wheeler et al., 2005)

Desta forma, as diferenças observadas nas assembleias de peixes, com o aumento das abundâncias à jusante, não podem ser atribuídas a outros fatores que não ao bloqueio exercido pela manilha ao deslocamento dos peixes.

A análise de SIMPER mostra que, após o período da seca, as espécies *O.paranensis*, *A. fasciatus* e *P.harpagus* tiveram sua abundância média a jusante da manilha maior que no período de chuva. Em compensação, as espécies *T. aff. Reinhardt*, *Hypoptomatinae* sp. e *A. scabrippinnis* diminuíram a abundância média.

Na análise de nMDS, as maiores distâncias entre os pontos de similaridade entre montante e jusante de cada córrego estavam em córregos cuja manilha formava um maior desnível com relação ao córrego. De forma geral, manilhas aumentaram as dissimilaridades entre as regiões de coleta, por meio do aumento da abundância de diversas espécies a jusante, provavelmente pela limitação de seu deslocamento para regiões superiores dos córregos. Essas diferenças foram ainda maiores ao final da estação seca, período em que deveria ter ocorrido a recolonização destas regiões após eventos de cheia.

Alguns estudos já haviam relatado o efeito de manilhas sobre a estrutura das assembleias de peixes entre essas regiões, por meio da redução do movimento dos peixes de um fragmento a outro (Lonzarich et al., 1998; Adams & Warren, 2005; Benton et al., 2008). As manilhas causam uma série de impactos aos organismos aquáticos, uma vez que transforma um ambiente complexo com abrigo, diferentes velocidades e diferentes sedimentos em um sistema uniforme (Wheeler et al., 2005).

Algumas técnicas de restauração de ambientes aquáticos, como a remoção de barreiras que bloqueiam a dispersão de peixes, têm levado a uma melhoria relativamente rápida, se comparada a outras técnicas e, junto com outras atividades mitigadoras, pode reduzir os impactos no ambiente aquático, sendo efetivo e melhorando as populações de peixes e sistemas fluviais de forma geral (Roni et al., 2002; Kemp & O'Haley, 2010).

Com base neste estudo, eliminar o uso de manilhas em córregos, ou o uso de manilhas com sistemas de passagens para peixe, permitindo o acesso de

uma região a outra pelos indivíduos da comunidade, é uma medida que as construtoras de estradas devem ter em seus planos de orçamentos das construções, mesmo que constitua alternativa mais cara (Gibson et al. 2005; Poplar-Jeffers et al. 2008).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, S.B.; WARREN, M.L. Recolonization by warmwater fishes and crayfishes after severe drought in upper coastal plain hill streams. **Transactions of the American Fisheries Society**, Washington, v.134, p.1173-1192, 2005.

BAKER, C.O.; VOTAPKA, F.E.. Fish Passage Through Culverts. San Dimas, CA:USDA. **Forest Service Technology and Development Center**, Florida, v.90, n.006, p.1-67, 1990

BENTON, P.D.; ENSIGN, W.E.; FREEMAN, B.J. The Effect of Road Crossings on Fish Movements in Small Etowah Basin Streams. **Southeastern Naturalist**, Washington, v.7, n.2, p. 301-310, 2008

BLANTON, P.; MARCUS, W.A. Railroads, roads and lateral disconnection in the river landscapes of the continenta United States. **Geomorphology**, Amsterdam, v.112, p.212-227, 2000.

BOUME, C.M.; KEHLER, D.G.; WIERSMA, Y.F.; COTE, D. Barriers to fish passage and barriers to fish passage assessments: the impact of assessment methods and assumptions on barrier identification and quantification of watershed connectivity. **Aquatic Ecology**, Boston v.45, p.389-403, 2011

CASTRO, R.M.C.; CASATTI, L.; SANTOS H.F.; MELO, A.L.A.; MARTINS, L.S.F.; FERREIRA, K.M.; GIBRAN, F.Z.; BENINE, R.C.; CARVALHO, M.; RIBEIRO, A.C.; ABREU, T.X.; BOCKMANN, F.A.; PELIÇÃO, G.Z.; STOPIGLIA, R.; LANGEANI, F. Estrutura e composição da ictiofauna de riachos da Bacia do Rio Grande no Estado de São Paulo, Sudeste do Brasil. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 4, p. 57-95, 2004.

DOEHIRING, K.; YOUNG, R.G.; MCINTOSH, A.R. Factors affecting juvenile galxiid fish passage at culverts. **Marine & Freshwater Research**, Austrália, v.62, p.38-45, 2011

KEMP, P.S.; O'HANLEY, J.R. Precedures for evaluating and prioritizing the removal of fish passage barriers: a synthesis. **Fisheries Management and Ecology**, Oxford, v.17, p. 297-322, 2010

KHAN, B.; COLBO, M.H. The impact of physical disturbance on stream communities: lessons from road culverts. **Hydrobiologia**, The Hague, v. 600, p.229-235, 2008

LONZARICH, D.G.; WAREN, M.L.; LONZARICH, M.R.E. Effect of habitat isolation on the recovery of fish assemblages in experimentally defaunated stream pools in Arkansas. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, Canadá, v. 55, p.2141-2149, 1988

MORISON, R.R.; HOTCHIKISS, R.H.; STONE, M.; THURMAN, D.; HORNER-DEVINE, A.R. Turbulence characteristics of flow in spiral corrugated culvert fitted with baffles and implications for fish passage. **Ecological Engineering**, Amsterdam, v.35, p.381-392, 2009

POMPEU, P.S.; REIS, L.S.; GANDINI, C.V.; SOUZA, R.C.R.; Del FAVERO, J. M. The ichthyofauna of upper rio Capivari: defining conservation strategies based on the composition and distribution of fish species. **Neotropical Ichthyology**, Porto Alegre, v. 7, p. 659-666 , 2009

POPLAR-JEFFERS, I.O.; PETTY, J.T.; ANDERSON, J.T.; KITE, S.J.; STRANGER, M.P.; FORTNEY, R.H. Culvert Replacement and Stream Habitat Restoration: implications from Brook Trout Management in an Appalachian Watershed, U.S.A.. **Restoration Ecology**, Washington, v.17, p. 404-413, 2009.

RONI, P.; BEECHIE, T.; BILBY, R.; LEONETTI, F.; POLLOCK, M.; PESS, G. A review of stream restoration techniques and a hierarchical strategy for prioritizing restoration in Pacific Northwest watersheds. **North American Journal of Fisheries Management**, Washington, v. 22, p. 1–20, 2002

PARK, D.; SULLIVAN, M.; BAYNE, E.; SCRIMGEOUR, G. Landscape-level stream fragmentation caused by hanging culverts along roads in Alberta's boreal forest. **Canadian Journal of Forest Research**, Canadá, v. 38, p. 566-575, 2008

SCHAEFER, J.F.; KERFOOT, J.R. Fish assemblage dynamics in an adventitious stream: a landscape perspective. **American Midland Naturalist**, Washington, v.151, p.134–145, 2003

SMITH, D.L.; BRANNON, E.L.; ODEH, M. Use of the average and fluctuating velocity components for estimation of volitional rainbow trout density. **Transactions of the American Fisheries Society**, Boston v. 135, p. 431-441, 2006

WHEELER, A.P.; ANGERMEIER, P.L.; ROSENBERGER, A.E. Impacts of Highways and Subsequent Landscape Urbanization on Stream Habitat and Biota. **Reviews in Fisheries Science**, Philadelphia v.13, p. 142-164, 2005.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos com impactos de estradas em ambientes aquáticos são fundamentais, não apenas devido aos impactos químicos e físicos acarretados por acidentes em proximidades a esses ambientes, mas também pelo impacto na hora da construção, o que, em muitos casos, vem sendo deixado de lado.

Sabe-se que há impactos nas comunidades de peixes e estudos realizados em diversos outros países mostram exatamente esse resultado. A realização de mais estudos sobre o assunto no Brasil se faz necessário, uma vez que os impactos em córregos e em comunidades de peixes vêm sendo causados por fatores como mudança de substrato.

Este trabalho tem a intenção de servir de base para estudos de impacto ambiental, em que pode ser demonstrado que soluções diferentes ao uso da manilha devem ser utilizadas nas construções de estradas, diminuindo-se o impacto nas comunidades de peixes e no ambiente físico.