



Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Instituto de Biociências  
Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal  
Curso de Especialização em  
Inventariamento e Monitoramento de Fauna

**Revisão dos principais mecanismos de mortalidade direta causados por rodovias sobre a fauna de anuros e proposição de uma nova modalidade a partir de um estudo de caso realizado durante a construção da BR-448 (Rodovia do Parque), RS, Brasil**

**Suzielle Paiva Modkowski**

Porto Alegre  
2015

Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Instituto de Biociências  
Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal

**Revisão dos principais mecanismos de mortalidade direta causados por rodovias sobre a fauna de anuros e proposição de uma nova modalidade a partir de um estudo de caso realizado durante a construção da BR-448 (Rodovia do Parque), RS, Brasil**

**Suzielle Paiva Modkowski**

Orientador: Prof. Dr. Rafael Lucchesi Balestrin

Trabalho apresentado no Departamento de Zoologia da UFRGS como pré-requisito para a obtenção de Certificado de Conclusão de Curso Pós-graduação *Lato Sensu*, na área de Especialização em Inventariamento e Monitoramento de Fauna.

Porto Alegre  
2015

**Suzielle Paiva Modkowski**

**Revisão dos principais mecanismos de mortalidade direta causados por rodovias sobre a fauna de anuros e proposição de uma nova modalidade a partir de um estudo de caso realizado durante a construção da BR-448 (Rodovia do Parque), RS, Brasil**

Trabalho apresentado no Departamento de Zoologia da UFRGS como pré-requisito para a obtenção de Certificado de Conclusão de Curso Pós-graduação *Lato Sensu*, na área de Especialização em Inventariamento e Monitoramento de Fauna.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Lucchesi Balestrin

Porto Alegre, 15 de outubro de 2015.

**Banca Examinadora**

---

Prof. Dr. Márcio Borges-Martins  
Departamento de Zoologia  
UFRGS

---

Prof. Dr. Andreas Kindel  
Departamento de Ecologia  
UFRGS

## Resumo

### **Revisão dos principais mecanismos de mortalidade direta causados por rodovias sobre a fauna de anuros e proposição de uma nova modalidade a partir de um estudo de caso realizado durante a construção da BR-448 (Rodovia do Parque), RS, Brasil**

Uma das principais causas de declínio das espécies de anuros no Rio Grande do Sul é a fragmentação de habitats, em decorrência das mais diversas atividades humanas, como por exemplo, a construção de rodovias. Porém, estudos sobre impactos de construções de rodovias e de tráfego em populações de anfíbios anuros sugerem o atropelamento como causa principal de mortalidade deste grupo. A partir de observações registradas durante a implantação da BR-448 foram encontrados vários indivíduos de *Leptodactylus latrans* mortos, antes da liberação da rodovia para tráfego de veículos, o que sugere outra causa morte que não o atropelamento. Sendo assim, o presente estudo consiste basicamente de uma revisão bibliográfica sobre os principais mecanismos de mortalidade direta causados por rodovias sobre anfíbios anuros, além de um estudo de caso acerca dos registros obtidos durante a fase de implantação da rodovia. A partir deste estudo de caso, são propostas algumas hipóteses que possam sustentar os eventos de mortalidade observados correlacionando-as com fatores externos (abióticos) e comportamentais de anfíbios anuros. Levando em consideração que os anfíbios anuros encontravam-se ressequidos e a rodovia em fase de implantação, considera-se que os fatores comportamentais dos anfíbios anuros como deslocamento para reprodução e dispersão de recém-metamorfoseados associados às rápidas variações e elevadas temperaturas poderiam ter favorecido a morte dos anuros por desidratação.

**Palavras-chave:** atropelamento, rodovias, anuros, variações térmicas, mortalidade.

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>2</b>
2.1. Área de Estudo .....	2
2.2. Métodos .....	4
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>5</b>
3.1. Revisão bibliográfica dos principais mecanismos de mortalidade direta causados por rodovias sobre a fauna de anuros .....	5
3.2. Estudo de caso: Registro de eventos de mortalidade de anuros na BR-448 .....	11
<b>4. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>24</b>
<b>5. ANEXO .....</b>	<b>31</b>
<b>5.1.       NORMAS DA REVISTA BRASILEIRA DE ZOOLOGIA .....</b>	<b>31</b>

## Dedicatória

Aos meus pais Suzana (*in memorian*) e  
Gabriel e à todos que fizeram parte  
desta caminhada e que deixaram o seu  
melhor.

## **Agradecimentos**

Ao Dr. Rafael Lucchesi Balestrin, pela orientação neste trabalho, pelos diálogos, sugestões, críticas, puxões de orelha, entusiasmo e vontade de levar a diante algo novo;

Aos meus queridos colegas e que se tornaram grandes amigos ao longo do curso e que levarei para sempre comigo, Veri, Lelê, Arthur, Claudinha, Paula e Tutu agradeço a vocês por não terem me deixado desistir no caminho, pela parceria, risadas, histórias vividas e contadas, bobagens faladas, festas, trocas de conhecimento e experiências, pelo carinho e amizade que encontrei em cada um. Certamente os campos e as aulas foram muito mais divertidas ao lado de vocês;

Em especial ao Arthur pela contribuição, coletando algumas latrans por ai e aumentando os meus registros e estudo de caso, também por toda a ajuda, paciência, leitura, sugestões, parceria e cervejas boas;

À família Charão Bisognin que me acolheu e me adotou, principalmente durante esse último ano de curso, o meu muito obrigada por tudo, sou muito feliz por, de alguma forma, fazer parte da família;

Às minhas parceirinhas de quatro patas, Flor e Suri, por me fazerem companhia ao longo dos dias e das noites enquanto escrevia e lia artigos;

À Silvia pela amizade, auxílio, paciência, fotos, sugestões e elaboração do mapa;

À Isa pela amizade e abrigo, principalmente nos finais de semana de aula;

Aos demais amigos que também me apoiaram durante esse processo;

Aos demais professores que estiveram presentes ao longo do curso, agradeço pelo tempo despendido, por todo conhecimento repassado e pela paciência com a nossa turma rebelde;

Aos demais colegas, que mesmo não tão próximos, fizeram parte desta caminhada;

À STE – Serviços Técnicos de Engenharia e ao DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes, por terem disponibilizados os dados para a realização deste estudo.

## Relação de Figuras

Figura 1 - Mapa de Localização da BR-448, com destaque para a área onde foi registrado/coletado o evento de mortalidade dos indivíduos juvenis de <i>Leptodactylus latrans</i> . .....	3
Figura 2 - Vista geral do trecho da BR-448 onde indivíduos da espécie <i>Leptodactylus latrans</i> foram encontrados mortos. Fonte: Google Earth, 2015. ....	4
Figura 3 – Registro de indivíduo adulto de <i>Leptodactylus latrans</i> encontrado na BR-448 durante o mês de novembro de 2013. ....	11
Figura 4 – Registro de indivíduos juvenis de <i>Leptodactylus latrans</i> encontrados na BR-448 durante o mês de dezembro de 2013. Foto: Sílvia Aurélio.....	12
Figura 5 – Registro de indivíduo juvenil de <i>Leptodactylus Latrans</i> encontrado na BR-448 durante o mês de dezembro de 2013. ....	12
Figura 6 – Entorno da BR-448 com áreas alagadas (destacadas em vermelho). Foto: Sílvia Aurélio. ....	14
Figura 7 – Dados de temperatura e umidade relativa para o mês de novembro de 2013. ....	16
Figura 8 – Dados de temperatura e umidade relativa para o mês de dezembro de 2013. ....	16
Figura 9 – Dados de precipitação para os meses de novembro e dezembro de 2013..	17
Figura 10 – Indivíduo de <i>Leptodactylus latrans</i> encontrado morto na BR-290 no dia 20 de janeiro de 2015. Foto: Arthur Schramm de Oliveira. ....	19
Figura 11 – Indivíduo de <i>Leptodactylus latrans</i> encontrado morto no acostamento da BR-290 no dia 27 de fevereiro de 2015. Foto: Arthur Schramm de Oliveira. ....	19
Figura 12 – Indivíduo de <i>Leptodactylus latrans</i> encontrado morto no acostamento da BR-290 no dia 27 de fevereiro de 2015. Foto: Arthur Schramm de Oliveira. ....	20
Figura 13 – Indivíduo de <i>Leptodactylus latrans</i> encontrado morto no acostamento da BR-290 no dia 27 de fevereiro de 2015. Foto: Arthur Schramm de Oliveira. ....	20

## **Apresentação**

O presente estudo consiste basicamente de revisão bibliográfica sobre os principais mecanismos de mortalidade direta causados por rodovias sobre anfíbios anuros e um estudo de caso acerca de observações efetuadas durante a fase de implantação da BR-448. O trabalho foi redigido em formato de monografia seguindo as regras de apresentação estabelecidas no Manual de Elaboração de Monografia do Curso de Especialização em Inventariamento e Monitoramento da Fauna, do Departamento de Zoologia da UFRGS, versão 2012. A literatura é citada conforme as normas da Revista Brasileira de Zoologia, publicada pela Sociedade Brasileira de Zoologia (SBZ), conforme em Anexo e disponibilizadas em [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_serial&pid=1984-4670&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_serial&pid=1984-4670&lng=en&nrm=iso). Com base nas bibliografias consultadas foram descritos os principais mecanismos de mortalidade direta causados por rodovias sobre a fauna de anuros e descrita uma hipótese de um novo mecanismo de mortalidade direta gerado pela congruência de fatores comportamentais e fisiológicos das espécies com condições antrópicas ambientais causadas pelo empreendimento.

## 1. Introdução

Atualmente, tem-se observado um declínio global nas populações de anfíbios anuros e as possíveis causas para tal podem estar relacionadas a diversos fatores. Tal declínio pode ser atribuído a fragmentação e destruição de habitats, introdução de predadores e espécies exóticas, alterações climáticas, patógenos, poluição, pesticidas, entre outros (BLAUSTEIN *ET AL.*, 1994).

Uma das principais causas de declínio das espécies de anuros no Rio Grande do Sul é a fragmentação de habitats, em decorrência das mais diversas atividades humanas, como por exemplo, a construção de rodovias (GARCIA & VINCIPROVA, 2003). Estima-se que, somente no estado do Rio Grande do Sul, a extensão da malha rodoviária pavimentada seja de 13.368,23 km (DAER-RS, 2014). Desta forma, este processo de fragmentação juntamente com a implantação de uma estrada e o tráfego rodoviário, pode contribuir de forma direta (atropelamento) e/ou indireta (variações no comportamento de reprodução, exposição a produtos químicos e barreira física) para o declínio de populações de anfíbios anuros (KOBYLARZ, 2001).

Recentemente, anuros, foram reconhecidos como um grupo suscetível aos efeitos de construções e tráfegos rodoviários, porém poucos estudos têm abordado estas questões (FAHRIG *ET AL.*, 1995, HELS & BUCHWALD, 2001). Contudo, é possível observar que os estudos sobre os efeitos de construções de rodovias e de tráfego em populações de anfíbios anuros encontram-se mais direcionados a atropelamentos como forma direta de mortalidade em rodovias. A partir de observações registradas durante a implantação da BR-448 (Rodovia do Parque), localizada entre os municípios de Sapucaia do Sul e Porto Alegre, no Rio Grande do Sul, foram encontrados vários indivíduos de *Leptodactylus latrans* (STEFFEN, 1815) mortos, antes da liberação da rodovia para tráfego de veículos, o que sugere outra causa morte que não o atropelamento. Admitindo que o motivo da morte foi outro, surge uma nova possibilidade de mecanismo de mortalidade, ainda não descrito, proveniente da construção de rodovias, na fauna de anfíbios anuros. Nesta primeira abordagem, sugerem-se hipóteses não excludentes associadas à morte por desidratação vinculadas ou não a eventos de dispersão de indivíduos recém-metamorfoseados, em função da provável seca de seus sítios reprodutivos.

Com base nestas informações, o presente estudo tem como objetivo apresentar uma compilação dos principais mecanismos de mortalidade direta causados por rodovias na fauna de anfíbios anuros a partir de uma revisão bibliográfica, bem como, analisar o evento ocorrido na BR-448 na forma de um estudo de caso apontando algumas hipóteses que possam sustentar a causa morte dos anuros observados com base em questões de termorregulação, variações térmicas, desidratação e deslocamento de indivíduos recém-metamorfoseados.

## **2. Material e Métodos**

### **2.1. Área de Estudo**

A BR-448, também denominada de Rodovia do Parque, é uma rodovia federal com extensão total de 22,34 km localizada no Estado do Rio Grande do Sul, entre os municípios de Sapucaia do Sul no entroncamento com a BR-116/RS-118, Esteio, Canoas e Porto Alegre no entroncamento com a BR-290 (Figura 1).

Segunda a classificação climática de KOOPEN, o Rio Grande do Sul encontra-se dentro de dois tipos climáticos: Cfa (verão quente) e Cfb (verão temperado), com verão e inverno bem definidos. Sazonalmente, as temperaturas médias oscilam entre 20° e 24°C no verão e 12° e 16°C no inverno (NIMER, 1990). A precipitação média para a região de Porto Alegre é de 1.473 mm (BORGES, 2013).

Fitogeograficamente, a região está inserida em uma Área de Tensão Ecológica, ou seja, um ecótono entre regiões de Floresta Estacional Semidecidual e Formações Pioneiras (TEIXEIRA *ET AL.*, 1986), típica de regiões de clima úmido e caracterizado por cheias periódicas. Segundo LINDMAN (1906 *apud* SOBRINHO, 2005), a região norte de Porto Alegre, onde os municípios abrangidos pela BR-448 estão localizados, é caracterizada por ser uma planície baixa brejosa e úmida, denominada como área de várzea, formada basicamente pela planície inundável do rio dos Sinos.

Atualmente, a área de entorno da BR-448, mais especificamente os locais onde foram registrados os indivíduos de *Leptodactylus latrans* na rodovia, encontra-se bastante descaracterizada por grandes lavouras de arroz, valas de drenagens e pequenas aglomerações urbanas (Figura 2). Alguns destes ambientes, como as lavouras de arroz, por exemplo, são bastante utilizados por diferentes grupos da fauna, inclusive os anfíbios, servindo tanto para alimentação, refúgio ou reprodução desses organismos (MALTCHIK *ET AL.*, 2010).

No sul do Brasil o cultivo do arroz irrigado alterna entre fases inundadas e drenadas, as quais estão associadas ao plantio da sementeira, desenvolvimento e colheita do arroz. No RS, a época de sementeira geralmente pode ocorrer desde o início de setembro a meados de dezembro, sendo que a irrigação, ou seja, a fase inundada da lavoura é estimada entre 80 e 100 dias após o plantio (IRGA, 2014).

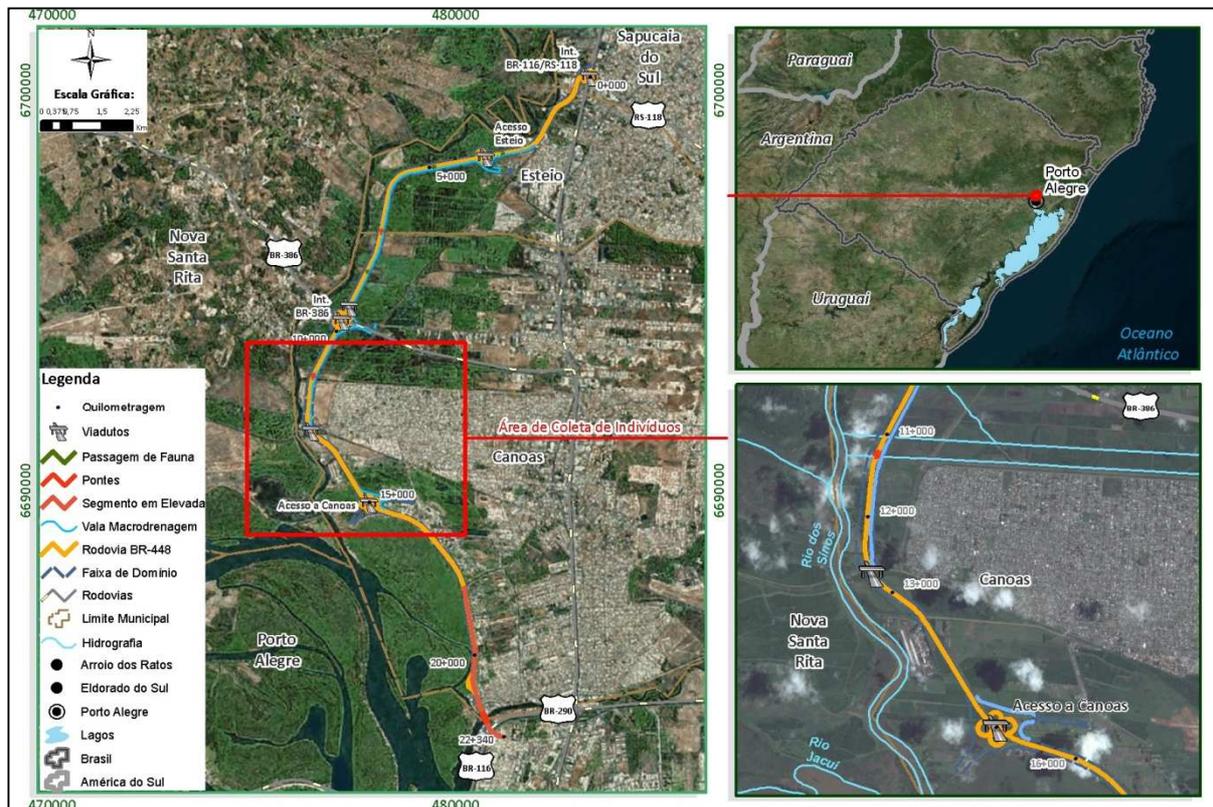


Figura 1 - Mapa de localização da BR-448, com destaque para a área onde foi registrado/coletado o evento de mortalidade dos indivíduos juvenis de *Leptodactylus latrans*.

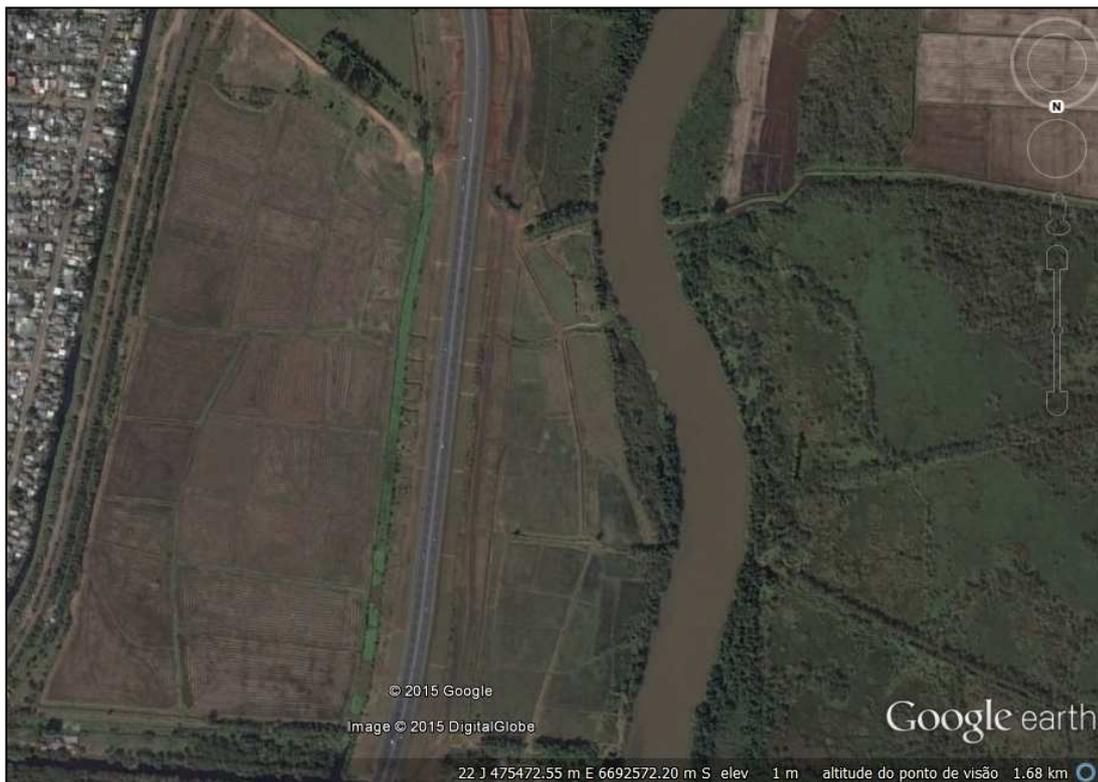


Figura 2 - Vista geral do trecho da BR-448 onde indivíduos da espécie *Leptodactylus latrans* foram encontrados mortos. Fonte: Google Earth, 2015.

## 2.2. Métodos

Este estudo constituiu-se de uma revisão na literatura especializada, que foi realizada a partir de buscas e consultas a periódicos e artigos científicos nacionais e internacionais indexados na base de dados do Scielo e do Portal de Periódicos da Capes, além de buscas livres através do Google Acadêmico. As buscas foram realizadas dentro do período de um ano (março de 2014 a março de 2015). Foram utilizadas palavras chaves como anfíbios anuros/amphibians anurans, fisiologia/physiology, impactos/impacts, rodovias/roads, declínio/decline, balanço hídrico/water balance, temperatura/temperature, tolerância à desidratação/tolerance to dehydration, tolerância e sensibilidade térmica/termal tolerance and sensibility, período de recrutamento/recruitment period, migração de anuros/migration of anurans, variação térmica/thermic variation, asfalto/asphalt, lavouras de arroz, orizicultura.

Além da revisão bibliográfica, também se realizou uma busca pelos dados históricos das condições meteorológicas dos meses de novembro e dezembro de 2013 referentes ao município de Porto Alegre, os quais corresponderam ao registro dos eventos de mortalidade dos anfíbios anuros na BR-448 a fim de verificar se existiu alguma correlação dos eventos de mortalidade com estas variáveis ambientais. Esta

busca foi realizada através do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) onde foram selecionados os dados diários de precipitação (mm), temperatura máxima (°C) e umidade relativa média (%).

### **3. Resultados e Discussão**

A seguir serão apresentados os resultados obtidos através da revisão bibliográfica relacionados aos principais mecanismos de mortalidade direta causados por rodovias sobre a fauna de anfíbios anuros e as observações e hipóteses geradas a partir do estudo de caso realizado durante a implantação da BR-448.

#### **3.1. Revisão bibliográfica dos principais mecanismos de mortalidade direta causados por rodovias sobre a fauna de anuros**

A partir das palavras chaves utilizadas, foram encontrados mais de 50 trabalhos direcionados a atropelamento e rodovias. No entanto, por muitos apresentarem informações de atropelamento da fauna no geral, optou-se por refinar a busca englobando trabalhos específicos para anfíbios anuros ou herpetofauna. Sendo assim, do total de trabalhos revisados, apenas 13 foram mencionados nos resultados, conforme pode ser verificado a seguir.

Diversos trabalhos, principalmente realizados no exterior, têm relacionado os efeitos das construções de rodovias mais diretamente à fauna de anfíbios ou herpetofauna no geral (FAHRIG *ET AL.*, 1995; ASHLEY & ROBINSON, 1996; CARR & FAHRIG, 2001; HELS & BUCHWALD, 2001; JOCHIMENSEN *ET AL.*, 2004; MAZEROLLE *ET AL.*, 2005; ASCENSÃO & MIRA, 2006; GLISTA *ET AL.*, 2007; EIGENBROD *ET AL.*, 2008 e D'AMICO, 2009). A seguir uma breve descrição de cada um dos estudos citados anteriormente, a fim de enfatizar os principais impactos de estradas sobre a fauna de anfíbios.

No trabalho realizado por FAHRIG *ET AL.* (1995) foram selecionados segmentos de estradas em duas regiões no município de Ottawa no Canadá. Ambas as rodovias encontravam-se pavimentadas com duas pistas onde, entre abril e maio de 1993, foram contabilizados os anuros mortos e vivos encontrados ao longo dos segmentos a fim de correlacioná-los com a intensidade do tráfego. Para isso foram selecionadas três categorias de intensidade, sendo elas: baixo, médio e alto. Outros fatores como habitat, região, data e hora também foram levados em consideração.

Ao total foram percorridos 506 km e encontrados 2.447 indivíduos, sendo que destes 1.856 estavam mortos e 591 vivos. A partir dos resultados, os autores concluíram que houve um efeito significativo das variáveis, data, hora e intensidade do tráfego sobre os anuros mortos naquela ocasião. O aumento da intensidade do tráfego foi proporcionalmente correlacionado com o aumento de indivíduos mortos. Sendo assim, o trabalho fornece evidências de que o tráfego exerce efeitos negativos sobre as populações de anuros locais.

ASHLEY & ROBINSON (1996) realizaram amostragens em uma estrada localizada em Haldimand no Canadá nos períodos de 1979-1980 e 1992-1993 abrangendo a estações primavera e outono.

Ao total, entre anfíbios, répteis, mamíferos e aves, foram registradas 32 mil indivíduos, sendo que destes, 27.846 foram indivíduos da espécie *Rana pipiens*. Ao total, os anfíbios foram responsáveis por 92,1% dos registros. Com os resultados obtidos para os anfíbios, os autores atribuíram o aumento de mortalidade de indivíduos com a alta intensidade do tráfego, considerando a época de reprodução e dispersão como fatores relevantes para o aumento de mortalidade.

No trabalho realizado por CARR & FAHRIG (2001) em Ottawa, Canadá, foram estudadas populações de anuros de duas espécies diferentes (*Rana pipiens* e *Rana clamitans*) em 30 lagoas permanentes na região. As amostragens foram realizadas nos períodos de reprodução de cada espécie, sendo de abril e maio de 1998 para *R. pipiens* e junho e julho de 1998 para *R. clamitans*. Um dos objetivos do trabalho foi determinar a densidade do tráfego na abundância dessas populações.

A partir dos resultados obtidos, concluiu-se que a densidade do tráfego, dentro de um raio de 1,5 km das lagoas, teve um efeito negativo sobre a população de *Rana pipiens*, no entanto, para a população de *Rana clamitans* o tráfego não interferiu na abundância de indivíduos. Os autores chegaram a hipótese que as espécies que apresentam mais liberdade de deslocamento (*R. pipiens*) podem sofrer mais com o impacto relacionado a densidade de tráfego comparando com espécies que apresentam deslocamento mais restrito (*R. clamitans*). Esse fato foi relacionado ao menor deslocamento que indivíduos da espécie *R. clamitans* apresentam no seu habitat, portanto, são menos propensos a terem grandes deslocamentos e chegarem até a estrada.

O trabalho de HELS & BUCHWALD (2001) foi realizado na Dinamarca, e se assemelha ao de CARR & FAHRIG (2001), onde populações de seis espécies de anfíbios (*Triturus vulgaris*, *Triturus cristatus*, *Pelobates fuscus*, *Bufo*, *Rana arvalis* e *Rana temporaria*) foram monitoradas em cinco lagoas próximas a uma estrada. As amostragens ocorreram por cinco anos no período de migração das espécies, onde foram monitoradas as suas velocidades de movimentos a fim de correlacionar com a intensidade do tráfego.

Foi registrada a velocidade em metros por minuto (m/min) de 203 indivíduos anfíbios adultos, dos quais 185 durante a primavera na época de migração e 18 no verão. As velocidades foram registradas entre as 20h00min e 02h30min, refletindo o maior pico de atividade dos indivíduos no geral.

A velocidade média das espécies foi de 1,45 m/min, sendo a *Triturus vulgaris* considerada mais lenta com um deslocamento de 0,51 m/min enquanto que a *Rana temporaria* teve o maior deslocamento das espécies monitoradas (2,39 m/min).

A partir destes resultados os autores chegaram à conclusão que a mortalidade de anfíbios pode estar relacionada a velocidade dos seus movimentos com o aumento da intensidade do tráfego. Animais mais lentos podem sofrer maior impacto com o aumento do tráfego, além disso, também consideram os indivíduos juvenis como mais impactados devido ao menor deslocamento. No entanto, ao chegar a determinada intensidade de veículos na estrada, a probabilidade se torna igual para todas as espécies, independente da sua velocidade. Além da correlação com o aumento do tráfego, os autores também chegaram à conclusão que a maior taxa de mortalidade de indivíduos ocorre a noite, devido ao padrão de atividades dos anfíbios monitorados.

O trabalho de JOCHIMENSEN *ET AL.* (2004) foi uma revisão acerca de 250 trabalhos sobre os efeitos das estradas em anfíbios e répteis, bem como medidas para minimizá-los. Dentre estes, são mencionados alguns estudos aqui descritos, como o de FAHRIG *ET AL.*(1995), ASHLEY & ROBINSON (1996), CARR & FAHRIG (2001), Hels & BUCHWALD (2001) e MAZEROLLE *ET AL.* (2005).

MAZEROLLE *ET AL.* (2005) realizaram um estudo na estrada do Parque Nacional Kouchibouguac, no leste de New Brunswick no Canadá, implantando experimentos entre maio a setembro de 2001-2004 com as seis espécies de anfíbios mais comuns no local. Neste trabalho relacionaram o impacto do automóvel sobre indivíduos em movimento, relatando que algumas espécies podem se manter imóveis ao se deparar

com o farol e com o barulho do motor. Sendo assim, concluíram que a mortalidade nas estradas não está apenas vinculada a fatores como intensidade do tráfego ou largura da estrada, mas também com o comportamento dos indivíduos em resposta aos veículos.

ASCENSÃO & MIRA (2006) apesar de abranger os efeitos de estradas para a fauna de uma forma geral, descreveram um estudo realizado em uma estrada com cerca de 10 km de extensão. Após oito saídas a campo, foram registrados 752 indivíduos de anuros, destes 584 mortos e 168 vivos. Os autores concluíram que 77,7% das observações referem-se a indivíduos atropelados, uma proporção relativamente alta para uma rodovia com reduzido nível de tráfego, principalmente no período noturno.

No trabalho, correlacionaram essa elevada mortalidade de indivíduos com dois fatores, o primeiro pelo ciclo biológico das espécies e o segundo pela fragmentação dos habitats no entorno. Segundo os autores, o ciclo biológico dos anuros, no geral, apresenta duas fases anuais, uma terrestre e outra aquática, sendo que esta última faz com que muitas espécies realizem migrações sazonais em busca de um habitat mais favorável para as suas atividades. Estes deslocamentos podem atingir muitos quilômetros, onde estradas podem acabar se tornando barreiras físicas para esses animais.

No trabalho realizado por GLISTA *ET AL.* (2007), são atribuídos alguns fatores abióticos, como por exemplo a temperatura do ar, como um fator importante relacionado a mortalidade de anfíbios nas estradas. Onde, a partir dos registros obtidos durante o estudo, verificou-se que as temperaturas com maior média mensais nos meses de verão foram responsáveis pelo maior encontro de animais atropelados. Justificando, também pelas características dos anfíbios, que isto pode estar relacionado a sazonalidade, dispersão dos juvenis e migração para áreas de hibernação.

EIGENBROD (2008) realizou um trabalho semelhante ao de CARR & FAHRIG (2001) e HELS & BUCHWALD (2001), onde amostrou populações de seis espécies em 36 lagoas próximas a uma estrada a fim de correlacionar o decréscimo da abundância de indivíduos com a intensidade do tráfego e com o efeito da cobertura florestal na paisagem. A partir dos dados coletados, os autores concluíram que o efeito negativo do tráfego em populações de anuros é tão grande quanto o efeito do desmatamento.

No trabalho realizado por D'AMICO (2009) na Espanha entre março de 2006 a fevereiro de 2007, verificou-se que fatores abióticos como a precipitação podem influenciar significativamente na mortalidade de anfíbios em estradas, onde no seu trabalho detectou que o pico de atropelamentos anual correspondeu aos períodos de maior precipitação. Além disso, também associou o comportamento migratório dos indivíduos com um maior risco de morte por atropelamento.

Para todos os autores citados acima, de uma forma geral, a mortalidade ocasionada por rodovias sobre a fauna de anfíbios está diretamente ligada ao atropelamento destes animais e, conseqüentemente, durante a fase de operação destas rodovias, ou seja, somente quando há fluxo de veículos. Os autores FAHRIG *ET AL.* (1995) e CARR & FAHRIG (2001) também sugerem outros fatores como efeitos negativos para os anfíbios, como: poluição de emissões veiculares, escoamento de produtos químicos tóxicos, vibrações e ruídos provenientes das estradas, no entanto, não comprovaram nada a respeito em seus estudos.

No Brasil, normalmente os estudos sobre rodovias e atropelamentos abrangem todos os grupos da fauna silvestre, sendo bastante escassos trabalhos que abordem exclusivamente a fauna de anuros como no exterior (SILVA *ET AL.*, 2007; COSTA *ET AL.*, 2009; ANDRADE & MOURA, 2011 e COELHO *ET AL.*, 2012).

No estudo realizado por SILVA *ET AL.* (2007) em uma rodovia estadual do Paraná (PR-340) localizada no litoral Norte do Estado, após seis (06) meses de amostragens semanais (outubro de 2013 a abril de 2014), foram registrados 74 espécimes da herpetofauna provenientes de atropelamento nesta rodovia. Sendo que destes, 51 pertenciam a anfíbios anuros. Entre as espécies com maior número de registros destaca-se a *Leptodactylus latrans*, com 23 indivíduos juvenis atropelados no mês de janeiro de 2014. O estudo em questão atribuiu às mortes a época de reprodução da espécie, que geralmente ocorre entre setembro e fevereiro, quando indivíduos adultos se deslocam buscando locais para reproduzir e a migração de juvenis pós-metamorfoseados. Para os autores, estes são duas variáveis de mecanismos de mortalidade direta sobre as espécies de anfíbios locais.

Já no trabalho de COELHO *ET AL.* (2012), realizado na rodovia estadual ERS-389 no Estado do Rio Grande do Sul entre julho de 2012 e outubro de 2013, o esforço resultou no registro de 1.433 indivíduos mortos pertencentes a 13 espécies, destas a mais representativa também foi a *Leptodactylus latrans* com 272 registros, sendo que

o mês de fevereiro foi o que obteve maior incidência de encontros, assim corroborando o relatado por SILVA ET AL. (2007).

COSTA ET AL. (2009) monitoraram as estradas próximas a Floresta Nacional de Carajás entre dezembro de 2008 e abril de 2009. Durante as amostragens foram coletados indivíduos da espécie *Rhinella marina*. Após 140 dias de amostragens e 37.520 km percorridos, foi registrado um total de 39 indivíduos da espécie. Os autores observaram que em um trecho específico de uma das estradas monitoradas, as mortes de indivíduos poderiam estar relacionadas ao ambiente do entorno, onde haviam muitas áreas alagadas. Também verificaram que o período noturno foi responsável pelo maior número de registros de atropelamentos.

No trabalho realizado por ANDRADE & MOURA (2011) na Reserva Biológica do Saltinho e Pernambuco, entre janeiro de 2010 e janeiro de 2011, objetivou-se criar uma proposta de manejo das rodovias sobre a anurofauna com hábitos terrestres. Para o estudo os anfíbios do entorno foram monitorados a partir da instalação de armadilhas de interceptação e queda (*pitfalls*), as quais foram instaladas na borda da mata e até cinco metros das margens das rodovias. Além disso, foram realizadas vistorias a pé ao longo das estradas. Foram medidas a temperatura do asfalto e o nível de ruído.

Ao total, foram capturados nas armadilhas, 245 animais. A temperatura média do asfalto variou entre 30,2°C e 30,8°C entre os horários das 09h00min e 11h00min da manhã. Com base nos resultados obtidos, os autores concluíram que as rodovias que cortam a Reserva apresentam efeitos semelhantes ao efeito de borda sobre a distribuição dos anuros, indicando que os anuros que habitam a serrapilheira da Reserva, aparentemente, não são afetados pelos distúrbios ambientais ocasionados pela proximidade com as rodovias. No entanto, este fato não quer dizer que as estradas não causem efeitos negativos sobre os anuros, mas que as espécies registradas são consideradas tolerantes aos distúrbios. Os autores afirmam que as estradas, além de ampliarem os efeitos de bordas, também impactam negativamente as populações devido aos atropelamentos, por estas servirem de corredores para a passagem de animais.

A partir dos trabalhos realizados no Brasil, é possível verificar que, assim como os trabalhos no exterior, os autores atribuem à morte de anfíbios anuros,

principalmente, ao atropelamento como forma direta, mesmo evidenciando outros fatores como a época reprodutiva, de migração e temperatura.

### 3.2. Estudo de caso: Registro de eventos de mortalidade de anuros na BR-448

A partir de vistorias realizadas durante a implantação da BR-448 na Região Metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, foi registrado eventos de mortalidade de indivíduos da espécie *Leptodactylus latrans* ao longo da rodovia já pavimentada. Os registros ocorreram nos meses de novembro e dezembro de 2013 quando foram observados 76 exemplares mortos na estrada que ainda permanecia fechada para o tráfego de veículos.

No mês de novembro ocorreram encontros esporádicos de indivíduos adultos em diferentes quilômetros da rodovia (Figura 3), já durante o mês de dezembro foram registrados vários indivíduos em um pequeno trecho da estrada com cerca de 1 km de extensão. Cabe destacar que neste último evento todos os indivíduos observados eram juvenis de *Leptodactylus latrans* (Figura 4 e Figura 5). Do total de indivíduos observados, nenhum apresentava sinais de atropelamento.



Figura 3 – Registro de indivíduo adulto de *Leptodactylus latrans* encontrado na BR-448 durante o mês de novembro de 2013.



Figura 4 – Registro de indivíduos juvenis de *Leptodactylus latrans* encontrados na BR-448 durante o mês de dezembro de 2013. Foto: Sílvia Aurélio.



Figura 5 – Registro de indivíduo juvenil de *Leptodactylus latrans* encontrado na BR-448 durante o mês de dezembro de 2013.

A partir destes registros tentou-se correlacionar a mortalidade dos espécimes encontrados na BR-448 com fatores externos (abióticos) e comportamentais de anfíbios anuros a fim de esclarecer a causa morte. Desta forma, foram coletados os dados meteorológicos (temperatura, umidade relativa e precipitação) (INMET, 2013) obtidos para os meses de encontro dos indivíduos mortos.

Ao analisar os fatores abióticos no mês de novembro, principalmente nos dias anteriores aos registros (27 e 28/11), verificou-se que, em alguns dias, as temperaturas máximas chegaram aos 35°C, a umidade relativa foi maior entre os dias 10, 11, 20 e 21 ficando acima dos 80% e houve um pico de precipitação bastante alto que passou dos 105 mm no dia 11 (Figura 7 e Figura 9). Segundo TOLEDO *ET AL.* (2003) a temperatura e a pluviosidade influenciam diretamente na atividade dos anfíbios, que é maior em estações chuvosas e com maiores temperaturas, o que justificaria a maior atividade dos anfíbios nas condições supracitadas. Cabe salientar que a espécie se encontrava no período reprodutivo, que ocorre de setembro a março (HEYER *ET AL.*, 1990). Sendo assim, os encontros de indivíduos de *Leptodactylus latrans* na rodovia neste mês, podem ter sido influenciados pelas condições meteorológicas apresentadas próximas aos dias dos registros.

Outro fator importante a ser considerado são as áreas no entorno da rodovia. Por se tratar de uma planície de inundação e com presença de lavouras de arroz alagadas, após grandes períodos de chuva, criam-se ambientes aquáticos temporários que acabam atraindo muitas espécies a utilizarem como sítios de reprodução, incluindo *Leptodactylus latrans*. Esta espécie habita ambientes aquáticos de pouca profundidade onde as fêmeas depositam seus ninhos a uma profundidade de 5 a 10 cm (LOEBMANN, 2005). Nesse caso, como a rodovia em questão corta esses ambientes, poderia favorecer que espécimes se deslocassem cruzando-a em busca de locais mais propícios para reprodução. Apesar de rodovias atuarem como barreira física para muitos grupos da fauna, para animais como os anfíbios que são extremamente dependentes de fatores abióticos e realizam migrações, principalmente, em períodos favoráveis para a reprodução, as rodovias podem não surtir esse efeito para este grupo de vertebrados. Segundo estudo de ATTADEMO *ET AL.* (2005), o grupo dos anfíbios, juntamente com o dos répteis, é considerado o que mais sofre atropelamentos em rodovias construídas próximas a ambientes úmidos.

No registro fotográfico obtido no dia 17 de novembro, é possível observar que após as chuvas ocorrentes no dia 11 as áreas de lavouras e valas de drenagens no entorno da BR-448 encontravam-se alagadas.

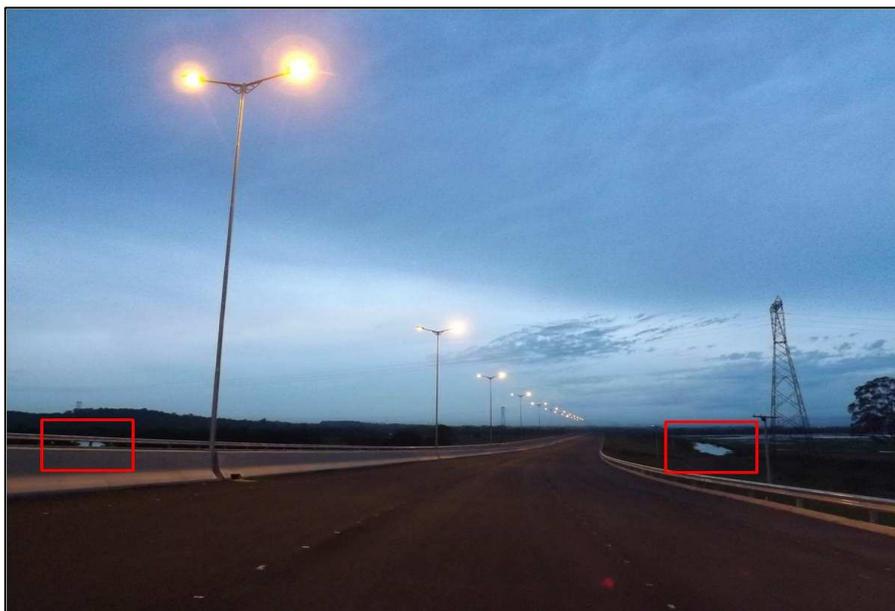


Figura 6 – Entorno da BR-448 com áreas alagadas (destacadas em vermelho). Foto: Silvia Aurélio.

Já para o evento registrado no dia 17 de dezembro de 2013, onde foram encontrados vários juvenis de *Leptodactylus latrans* mortos, além das condições meteorológicas outros fatores associados a características comportamentais, também poderiam, pelo menos em parte, explicar esse evento.

Neste dia foram coletados 76 indivíduos de *Leptodactylus latrans*, os quais tiveram os comprimentos rostro-cloacais medidos, sendo a média de tamanho de 16,1 mm ( $SD = 2,52$ ), muito próxima a de 15,7mm observada por RODRIGUES (2008), para dois indivíduos recém-metamorfoseados o que sugere que os espécimes coletados na BR-448 também possam ser recém-metamorfoseados, dispersando devido a evaporação dos corpos d'água temporários localizados às margens da rodovia.

Observando os fatores abióticos para o mês de dezembro foi possível verificar que as temperaturas máximas oscilaram entre 25°C e 35°C, a umidade relativa não excedeu os 80% e o pico de maior precipitação ocorreu no início do mês, pouco mais de 30 mm (Figura 7, Figura 8 e Figura 9). Apesar da temperatura média (30,1°C) não ter sido muito elevada neste mês, é importante salientar que estas podem não refletir a realidade local em razão da rodovia onde o asfalto pode alterar as temperaturas das áreas próximas de forma significativa. Em estudos realizados em áreas urbanas da Bahia e Pernambuco, SANTOS ET AL. (2009) compararam duas áreas, uma asfaltada e outra uma área aberta gramada (Parque Josefa Coelho). A partir dos dados coletados, a área com asfalto apresentou temperaturas maiores na superfície em relação à área

gramada. Sendo assim, foi concluído que a presença de vegetação contribui tanto para a redução da temperatura do ar quanto da superfície, ou seja, o asfalto pode modificar as temperaturas locais e, conseqüentemente, alterar as taxas de evaporação dos corpos d'água no entorno.

Em relação aos fatores comportamentais especula-se a hipótese de um evento de dispersão em função do esgotamento dos corpos de água as margens da rodovia, visto que nesse caso foram encontrados recém-metamorfoseados e um possível esgotamento da água das lagoas no espaço de um mês. A dispersão de anfíbios anuros pode estar vinculada as variações ambientais como o hidroperíodo, que significa o tempo em que determinada área permanece com água (MACHADO, 2011).

Levando em consideração as condições meteorológicas do mês do evento, é possível a evaporação dos corpos d'água, principalmente os temporários, no entorno da rodovia, o que pode ser comprovado através do registro fotográfico da área, alagadas no dia 17 de novembro (Figura 6) e completamente secas no dia dos registros, exatamente um mês depois verificado *in loco*.

Sendo assim, a evaporação dos sítios reprodutivos associada a um possível evento de dispersão de indivíduos juvenis podem ter influenciado diretamente na condução do juvenis a rodovia e, conseqüentemente, ao grande número de indivíduos juvenis encontrados mortos na BR-448 no mês de dezembro de 2013.

Essas hipóteses corroboram os estudos realizados por D'AMICO (2009) e SILVA ET AL. (2007) descritos anteriormente, onde os autores atribuíram a precipitação, época reprodutiva e dispersão de juvenis com o maior número de registros de atropelamentos. Principalmente o estudo de SILVA ET AL. (2007), onde relacionam estes fatores especificamente com a espécie deste estudo de caso, a *Leptodactylus latrans*.

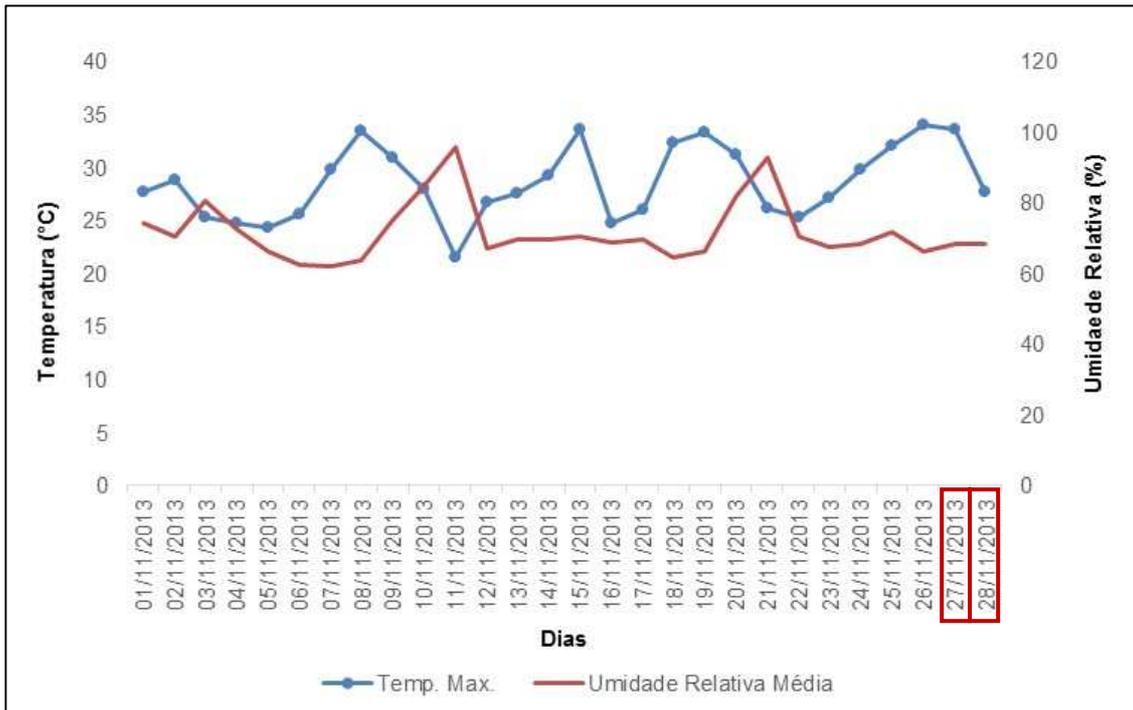


Figura 7 – Dados de temperatura e umidade relativa para o mês de novembro de 2013.

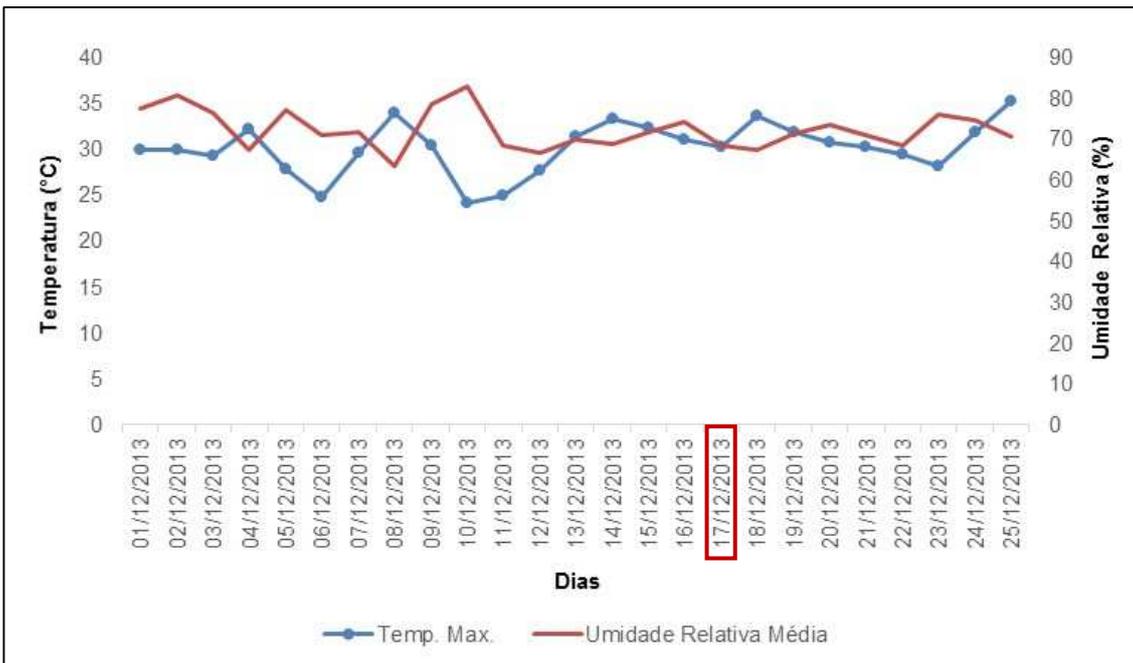


Figura 8 – Dados de temperatura e umidade relativa para o mês de dezembro de 2013.

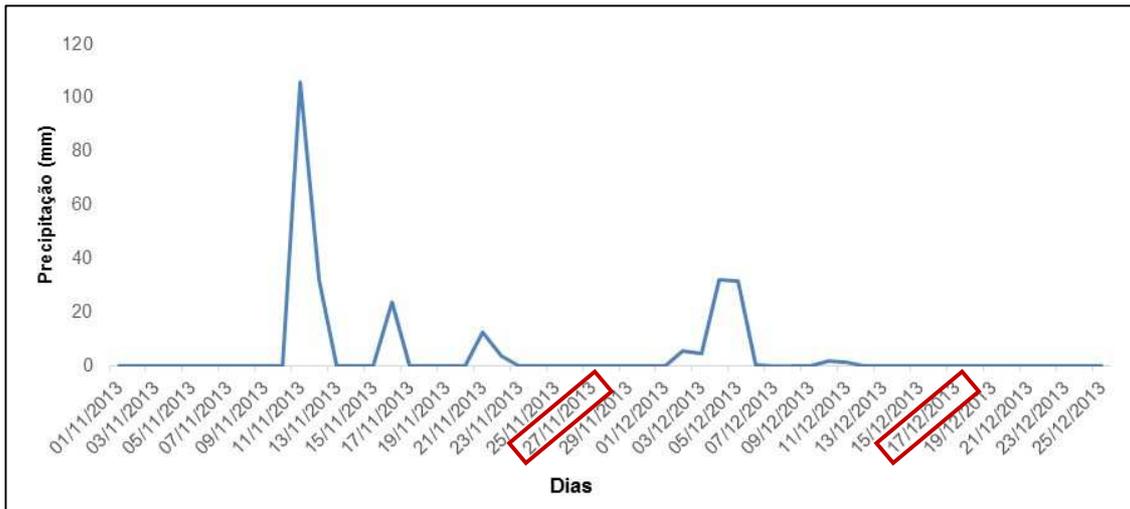


Figura 9 – Dados de precipitação para os meses de novembro e dezembro de 2013.

As hipóteses citadas anteriormente referem-se aos possíveis motivos que levaram os indivíduos a se deslocarem de seus habitats e chegarem até a rodovia. Porém, a partir de agora, serão elencadas algumas questões, embasadas em referenciais teóricos, que podem ter sido a causa da mortalidade desses animais. Cabe lembrar que a rodovia em questão, durante os registros realizados em novembro e dezembro de 2013, ainda encontrava-se na fase de implantação, portanto, o tráfego se restringia apenas aos veículos da obra, além dos espécimes mortos não apresentarem nenhuma evidência de atropelamento, descartando a possibilidade desses indivíduos terem morrido por esta causa.

Desconsiderando a mortalidade por atropelamento, a hipótese mais cabível e sugerida para estes eventos está relacionada ao processo de desidratação dos indivíduos ao entrarem em contato direto com o asfalto superaquecido ou pela variação intensa e brusca entre a temperatura em que o animal se encontra e a temperatura da superfície do asfalto.

Estudos que avaliam a variação térmica em revestimentos asfálticos relatam que a temperatura da superfície pode ultrapassar os 70°C no verão, entre as 12h e 14h, e se manter por volta dos 30°C nos demais horários (MOTTA, 1991; VASSOLER *ET AL.*, 2011). Essas altas temperaturas que revestimentos asfálticos alcançam podem dar início a um processo de desidratação dos anfíbios quando em contato. Esta desidratação influenciaria fortemente no comportamento dos anuros, visto que ao atingir sua temperatura crítica máxima corpórea, a qual pode chegar a uma perda de até 50% da sua massa corpórea total (MCNAB, 2012), as atividades comportamentais e

fisiológicas do animal ficam comprometidas, afetando até mesmo a sua locomoção (TITON, 2010 e TITON & GOMES, 2012) e podendo levá-lo à morte.

Estudos realizados por WHITFORD (1973) revelam que algumas espécies de anfíbios podem diminuir gradualmente o consumo de oxigênio a partir de temperaturas mais elevadas, ou seja, a sua respiração fica comprometida podendo prejudicar as suas demais atividades metabólicas. Além disso, o autor revela que os anfíbios que apresentam respiração cutânea também podem ter a sua frequência cardíaca e débito cardíaco comprometidos quando em contato com temperaturas mais altas. O que corrobora outros trabalhos (HUEY & STEVENSON, 1979; TITON, 2010; LOPÉZ-ALCAIDE & MACIP-RÍOS, 2011; MCNAB, 2012, e TITON & GOMES, 2012) que mencionam que a temperatura influencia em diversos fatores fisiológicos e comportamentais dos anfíbios.

Outro ponto relevante destacado por WHITFORD (1973) é que o ambiente em que os anfíbios vivem pode influenciar na taxa de consumo de oxigênio por estes. Ou seja, se admitido que os anfíbios estejam fisiologicamente adaptados ao seu ambiente e que este sofre uma alteração significativa, como por exemplo, a implantação de uma rodovia, pode-se esperar que as possíveis variações térmicas ambientais, produzidas neste novo ambiente, prejudiquem a taxa de consumo dos anfíbios deste local e, conseqüentemente, comprometam as suas demais atividades fisiológicas e metabólicas. Desta forma, torna-se viável a possibilidade dos anfíbios registrados neste estudo de caso terem morrido por desidratação ao entrarem em contato com um ambiente alterado e com temperaturas mais elevadas como as do asfalto.

Além do estudo de caso relatado na BR-448, ao longo do desenvolvimento deste trabalho, observaram-se outros registros de morte de indivíduos de *Leptodactylus latrans* em outra rodovia. Como foi o caso da BR-290 entre os KMs 192+480 a 198+200 no Município de Butiá, Rio Grande do Sul, onde foram registrados alguns espécimes mortos no acostamento. Diferentemente da BR-448 na época, esses registros na BR-290 são de uma rodovia já em operação. No entanto, pelo estado e aspecto da carcaça em que os animais se encontravam (Figura 10 a Figura 13), sem nenhum resquício de atropelamento, pode-se concluir que as mortes podem ter ocorrido pelo mesmo motivo levantado no presente trabalho.



Figura 10 – Indivíduo de *Leptodactylus latrans* encontrado morto na BR-290 no dia 20 de janeiro de 2015. Foto: Arthur Schramm de Oliveira.



Figura 11 – Indivíduo de *Leptodactylus latrans* encontrado morto no acostamento da BR-290 no dia 27 de fevereiro de 2015. Foto: Arthur Schramm de Oliveira.



Figura 12 – Indivíduo de *Leptodactylus latrans* encontrado morto no acostamento da BR-290 no dia 27 de fevereiro de 2015. Foto: Arthur Schramm de Oliveira.



Figura 13 – Indivíduo de *Leptodactylus latrans* encontrado morto no acostamento da BR-290 no dia 27 de fevereiro de 2015. Foto: Arthur Schramm de Oliveira.

Por serem animais ectotérmicos e apresentarem alta permeabilidade na pele (DUELLMANN & TRUEB, 1994), anfíbios anuros tornam-se suscetíveis às alterações ambientais, principalmente por fatores abióticos como temperatura, precipitação e umidade, os quais estão relacionados ao seu ciclo de vida e comportamento, influenciando diretamente nos habitats ou microhabitats utilizados pelos anuros como, por exemplo, as poças temporárias. Muitas espécies de anfíbios anuros

utilizam esses microhabitats para reprodução e desenvolvimento larvário, no entanto, por geralmente serem ambientes com pouca profundidade, a água pode evaporar mais rapidamente devido às altas temperaturas, baixa umidade e precipitação. Segundo COSTA ET AL. (2012) os ambientes aquáticos pouco profundos tornam-se mais suscetíveis às mudanças climáticas.

Levando em consideração os fatores abióticos e a paisagem atual no entorno na rodovia, onde praticamente inexistem ambientes aquáticos permanentes, é possível presumir que os corpos d'água temporários utilizados pelos anuros tenham evaporado em razão das temperaturas e baixa precipitação nos meses de ocorrência. Conseqüentemente, esta mudança fez com que os indivíduos fossem em busca de locais mais propícios a sua sobrevivência, o que pode tê-los levado até a rodovia. Conforme HUTCHISON & MANESS (1977), as variações espaciais de temperaturas fazem com que animais ectotérmicos regulem comportamentalmente a sua temperatura corpórea fazendo com que eles migrem conforme suas necessidades.

Estudos revelam que os anfíbios apresentam grandes variações com relação à tolerância térmica. BEISWENGER (1978), MCDIARMID & ALTIG (1999) e SIMON (2010) verificaram que girinos do gênero *Rhinella* toleram um intervalo de temperaturas entre 15°C e 40°C, assim como observado em juvenis de *Rhinella granulosa* que podem tolerar até 44°C (NAVAS ET AL., 2007).

A tolerância térmica de uma espécie é definida a partir dos parâmetros denominados de temperatura crítica máxima e temperatura crítica mínima, onde representam as temperaturas corpóreas nas quais as suas funções comportamentais, fisiológicas e ecológicas são comprometidas (HUEY & STEVENSON, 1979). Anfíbios, no geral, quando atingem a sua temperatura crítica, não desempenham os seus processos fisiológicos, no entanto, podem exercer diversas funções quando se encontram nas suas temperaturas sub-ótimas, porém não apresentam um ótimo térmico único (LOPÉZ-ALCAIDE & MACIP-RÍOS, 2011).

A temperatura influencia sobre vários processos fisiológicos dos anfíbios anuros, tais como balanço hídrico, vocalização, metamorfose e respostas imunológicas (ROME ET AL., 1992). A característica relacionada à permeabilidade dos anfíbios, comparando com outros animais tetrápodes, pode acarretar em altas taxas de perda de água, conseqüentemente expondo esses animais a um alto risco de

desidratação em ambientes terrestres (MCNAB, 2002). Entre o grupo dos anfíbios, há uma capacidade variável de tolerar a perda de água, sendo que algumas espécies são capazes de tolerar uma perda de até 50% de sua massa corpórea total, o que representa cerca de 60% da água total em seu corpo (MCNAB, 2002). Outra variável que pode influenciar a tolerância à desidratação, é o tamanho corporal. Segundo GEISE & LINSEMAIR (1998) espécies menores são capazes de tolerar uma perda de água proporcionalmente maior que as espécies de tamanho corporal maior. No entanto, apesar da alta capacidade de tolerância, considerando a maior relação entre superfície e volume, indivíduos de espécies de menor tamanho corporal acabam por apresentar maiores taxas de desidratação, chegando mais rápido à morte.

Estradas com asfaltos apresentam alta capacidade de absorver e reter grandes quantidades de calor solar, o qual é armazenado e liberado no fim da tarde e à noite, formando ilhas de calor que podem atrair alguns animais para a superfície e assim aumentando os riscos de atropelamento (WHITFORD, 1985). No entanto, até o momento, se desconhece qualquer estudo que aborde este mecanismo de mortalidade e sua influência nas populações de anfíbios anuros.

Outra hipótese que pode estar relacionada ao comportamento e deslocamento desses indivíduos, principalmente pelo registro de juvenis, é a questão referente ao período de recrutamento, ou seja, quando os anuros em fase larval se convertem em indivíduos jovens e saem dos corpos d'água para colonizar o ambiente a fim de iniciarem suas atividades de reprodução, alimentação, etc. Segundo estudo realizado com adultos e juvenis de *Leptodactylus latrans*, bem como outras espécies de anuros, confirmou que o pico de migração de juvenis de leptodactylídeos ocorre nos meses mais quentes, entre dezembro e janeiro (LOPEZ ET AL., 2011). Fato esse que corrobora os eventos registrados no mês de dezembro de 2013, onde foram encontrados vários indivíduos juvenis de *L. latrans* na rodovia.

Através dos dados registrados e, levando em consideração que os anfíbios anuros encontravam-se ressequidos e a rodovia em fase de implantação, ou seja, ainda sem tráfego, desconsiderou-se a hipótese da mortalidade ter ocorrido por atropelamento. Portanto, este trabalho e sua continuidade é de extrema importância para a conservação de anuros em áreas próximas à rodovias. Visto que o mecanismo de mortalidade observado, a partir deste estudo de caso, difere

totalmente de todos os demais descritos em trabalhos citados na revisão bibliográfica referente aos mecanismos de mortalidade direta causados por rodovias sobre a fauna de anfíbios anuros, onde grande maioria relaciona a mortalidade destes animais com a intensidade do tráfego e atropelamentos como causa direta. Sendo assim, para que as hipóteses de deslocamento (possível evaporação dos corpos d'água e período de recrutamento dos juvenis) e de mortalidade (desidratação) sugeridas sejam corroboradas, é necessário que sejam realizados estudos que investiguem de forma prática e, caso necessário, propor medidas mitigadoras e de conservação das populações de anfíbios anuros quando sujeitas a implantação de rodovias.

Para um trabalho prático, sugere-se a realização de um monitoramento através de câmera infravermelho termal a fim de acompanhar e analisar o comportamento dos anuros em resposta ao contato direto com o asfalto, bem como eventuais padrões de dispersão em função de períodos de recrutamento e/ou por esgotamento hídrico de seus sítios reprodutivos. Vale ressaltar que diversas espécies de anuros utilizam poças temporárias como sítios reprodutivos, incluindo algumas citadas em listas de espécies ameaçadas de âmbito regional, nacional e mundial, como por exemplo, as espécies do gênero *Melanophryniscus*, as quais poderiam se enquadrar nas características observadas neste estudo quando da implantação de rodovias em suas áreas de ocorrência.

O monitoramento deverá ocorrer em tempo integral ao longo de um ano abrangendo todas as estações para, após o término, correlacionar os fatores abióticos e comportamentais com os possíveis eventos de mortalidade.

#### 4. Bibliografia

Andrade, E.V.E. de & Moura, G.J.B. de. 2011. Proposta de manejo das rodovias da REBIO Saltinho para mitigação do impacto sobre a anurofauna de solo. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais 2** (2).

Ascensão, F. & Mira, A. 2006. **Impactes das Vias Rodoviárias na Fauna Silvestre – Relatório Final.**

Ashley, E.P. & Robinson, J. 1996. Road Mortality of Amphibians, Reptiles and Other Wildlife on the Long Point Causeway, Lake Erie, Ontario. **The Canadian Field-Naturalist 110**, p 403-412.

Attademo, A.M., Peltzer, P.M., Lajmanovich, R.C., Elberg, G., Junges, C., Sanchez, L.C & Bassó, A. Wildlife vertebrate mortality in roads from a Santa Fe, Province, Argentina. **Revista Mexicana de Biodiversidad 82** (3): 915-925.

Beiswenger, R. E. 1978. Responses of Bufo tadpoles to laboratory gradients of temperature. **Journal of Herpetology 12**: 499- 504.

Blaustein, A.R., Wake, D.B. & Sousa, W.P. 1994. Amphibian declines: judging stability, persistence, and susceptibility of populations to local and global extinctions. **Conservation Biology 8** (1): 60-71.

Burger, M.I. & Ramos, R.A. 2007. Áreas importantes para conservação na Planície Costeira do Rio Grande do Sul. *In*: BECKER, F.G.; RAMOS & L.A. MOURA (orgs.) **Biodiversidade: Regiões da Lagoa do Casamento e dos Butiazais de Tapes, Planície Costeira do Rio Grande do Sul.** Ministério do Meio Ambiente, Brasília. 385 p.

Borges, F.F. 2013. **Análise das Dinâmicas Fluviométricas e Hidrométricas e os Eventos de Inundação na Bacia Hidrográfica do Arroio do Salso, Porto Alegre (RS).** Salão UFRGS 2013: SIC - XXV SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA UFRGS. Porto Alegre, RS.

Carr, L.W. & Fahrig, L. 2001. Effect of Road Traffic on Two Amphibian Species of Differing Vagility. **Conservation Biology 15**(4): 1071-1078.

Coelho, I.P., Teixeira, F.Z., Colombo, P., Coelho, A.V. & Kindel, A. 2012. Anuran road-kills neighboring a peri-urban reserve in the Atlantic Forest, Brazil. **Journal Environmental Management** **112** (2012) 17-26.

Daer-RS. Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem do Rio Grande do Sul. 2014. **Extensões totais das redes rodoviárias**. Disponível em [http://www.daer.rs.gov.br/site/sistema\\_rodoviario\\_rodovias.php](http://www.daer.rs.gov.br/site/sistema_rodoviario_rodovias.php). Acessado em 27 de fevereiro de 2015.

Costa, R.S., Alves, A.G., Monteiro, P.S.D., Ueoka, P.Y.B., Miranda, R.S., Castro, R.B., Oliveira, M.C., Santos, R.T.S., Hatano, F.H. & Hatano, F. 2009. **Avaliação da incidência de atropelamento de sapo cururu (*Rhinella marina*, Anura) nas estradas, Raymundo Mascarenhas e Manganês Azul, Floresta Nacional de Carajás, PA, Brasil**. Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil. Caxambu, Minas Gerais, Brasil.

Costa, T.R.N., Carnaval, A.C.O.Q. & Toledo, L.F. 2012. Mudanças climáticas e seus impactos sobre os anfíbios brasileiros. **Revista da Biologia** (2012) 8:33-37.

D'Amico, M. 2009. **Amphibian road-kills in Mediterranean habitats**. Master Thesis, Pablo de Olavide University and Doñana Biological Station (CSIC). Master in Biodiversity and Conservation Biology.

Duellmann, W.E. & Trueb, L. 1994. **Biology of Amphibians**. 2 ed. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.

Elzanowski, A.; Cesiolkiewicz, J.; Kaczor, M., Radwanska, J. & Urban, R. 2009. Amphibians Road mortality in Europe: a meta-analysis with new data from Poland. **Eur J Wildl Res** **55**: 33-43.

Eigenbrod, F., Hecnar, S.J. & Fahrig, L. 2008. The relative effects of road traffic and forest cover on anuran populations. **Biological Conservation** **4**, 35-46.

Fahrig, L.; Pedlar, J.H.; Pope, S.E., Taylor, P.D. & Wegner, J.F. 1995. Effect of Road traffic on amphibian diversity. **Biological Conservation** **73**: 177-182.

Garcia, P.C.A. & Vinciprova, G. 2003. Anfíbios. *In*: Fontana, C. S.; Bencke, G. A. & Reis, R. E. dos. Org. **Livro Vermelho da Fauna Ameaçada de Extinção no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, EDIPUCRS. p.147-164.

Geise, W. & Linsenmair, K.E. 1986. Adaptations of the reed frog *Hyperolius viridiflavus* (Amphibian, Anura, Hyperoliidae) to its arid environment. II. Some aspects of the water economy of *Hyperolius viridiflavus nitidulus* under wet and dry season conditions. **Oecologia** **68**, 542-548.

Glista, D.J., Devault, T.L. & Dewoody, J.A. 2007. Vertebrate Road mortality predominantly impacts amphibians. **Herpetological Conservation in Biology** **3**(1): 77-87.

Hels, T. & Buchwald, E. 2001. The effect of road kills on amphibian population. **Biological Conservation** **99**: 331-340.

Heyer, W.R., Rand, A.S., Cruz, C.A.G. Da, Peixoto, O.L. & Nelson, C.E. Frogs of Boracéia. **Arq. Zool.** **31** (4): 231-410.

Huey, R.B. & Stevenson, R.D. 1979. Integrating Thermal Physiology and Ecology of Ectotherms: A Discussion of a Approaches. **Amer. Zool.** **19**: 357-366.

Inmet – Instituto Nacional de Metereologia. 2013. **Dados históricos**. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acessado em 05 de janeiro de 2015.

Irga – Instituto Rio Grandense do Arroz. 2014. **Arroz irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil**. XXX Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado, Bento Gonçalves, RS, Brasil. Disponível em <http://www.irga.rs.gov.br/conteudo/4995/arroz-irrigado:-recomendacoes-tecnicas-da-pesquisa-para-o-sul-do-brasil>. Acessado: 24 de janeiro de 2015.

Jochimesen, D.M, Peterson, C.R., Andrews, K.M. & Gibbons, J.W. 2004. **A Literature Review of the Effects of Roads on Amphibians and Reptiles and the Measures Used to Minimize Those Effects**. Idaho Fish and Game Department USDA Forest Service.

Kambourova-Inova, N.; Koshev, Y.; Popgerogiev, G.; Ragyon, D.; Pavlova, M., Mollov, L. & Nedialkov, N. 2012. Effect of traffic on mortality of Amphibians, Reptiles, Birds and Mammals on two types of roads between pazardzhik and plovdiv region (Bulgaria). Preliminary results. **Acta Zool. Bulg.** **64**(1): 57-67.

Katzemberger, M.; Tejado, M.; Duarte, H., Marangoni, F. & Beltran, J. F. 2012. Tolerância e sensibilidade térmica em anfíbios. Thermal tolerance and sensibility in amphibians. **Revista da Biologia** **8**: 25-32.

Kaufmann, J.S. & Bennett, A.F. 1989. The effect of temperature and thermal acclimation on locomotor performance in *Xantusia egilis*, the desert night lizard. **Physiological Zoology** **62** (5): 1047-1058.

Kobylarz, B. 2001. The effect of road type and traffic intensity on amphibian road mortality. Journal of service Learning *in Conservation Biology* **1**:10-15.

Loebmann, D. 2005. **Os Anfíbios da Região Costeira do Extremo Sul do Brasil**. Pelotas, USEB, 76p.

López, J.A., Scarabotti, P.A. & Ghirardi, R. 2011. Seasonal patterns of abundance and recruitment in an amphibian assemblage from the Paraná river floodplain. **Interciência vol. 36** nº 7.

López-Alcaide, S. & Macip-Ríos, R. 2011. **Effects of Climate Change in Amphibians and Reptiles, Biodiversity Loss in a Changing Planet**, PhD. Oscar Grillo (Ed.), ISBN: 978-953-307-707-9, In Tech, Disponível em: <http://www.intechopen.com/books/biodiversity-loss-in-a-changing-planet/effects-of-climate-change-inamphibians-and-reptiles>. Acessado em 18 de março de 2015.

Machado, I.F. 2011. **Diversidade e Conservação de Anuros em Áreas Úmidas Costeiras no Sul do Brasil**. Tese de doutorado, Ciências da Saúde, Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS. São Leopoldo.

Maltchik, L., Stenert, C., Rolon, A.S., Machado, I.F. & Guadagnin, D.L. 2010. Diversidade em áreas úmidas. Lavouras de arroz podem proteger organismos aquáticos no sul do Brasil? **Ciência Hoje** **45**, nº 269, p 28-33.

Mazerolle, M.J., Huot, M. & Gravel, M. 2005. Behavior of Amphibians on the Road in Response to Car Traffic. **Herpetologica** **61**(4): 380-388.

Mcdiarmd, R.W. & Altig, R. 1999. Tadpoles: The Biology of Anuran Larvae. **Copeia** **2000** (4), p.1125-1145.

Mcnab, B.K. 2002. **The physiological ecology of vertebrates: a view from energetics**. Cornell University Press, New York. 576 p.

Moreira, L.F.B. 2009. **Dinâmica de anfíbios em áreas palustres no Parque Nacional da Lagoa do Peixe**. Dissertação de mestrado, Ciências da Saúde, Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS. São Leopoldo.

Motta, L.M.G. 1991. **Método de dimensionamento de pavimentos flexíveis; critério de confiabilidade e ensaios de cargas repetidas**. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Navas, C.A. & Bevier, C.R. 2001. Thermal dependency of calling performance in the eurythermic frog *Colostetus subpunctatus*. **Herpetologica** **57**, 384-395.

Navas, C.A., Antoniazzi, M.M., Carvalho, J.E., Suzuki, H. & Jared, C. 2007. Physiological basis for diurnal activity in dispersing juvenile *Bufo granulosus* in the Caatinga, a Brazilian semi-arid environment. **Comparative Biochemistry and Physiology, Part A** **147** (2007) 647–657.

Nimer, E. Clima. *In*: IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geografia do Brasil: Região Sul**. Rio de Janeiro, 1990. p.151-187.

Otani, L. 2011. **Aspectos da fisiologia metabólica e do desempenho locomotor em anfíbios anuros: implicações da fragmentação ambiental**. Tese de doutorado, Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo.

Rodrigues, A.P. 2008. **Reprodução de *Leptodactylus ocellatus* (Anura, Leptodactylidae), uma espécie com cuidado maternal à prole**. Dissertação de mestrado, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia.

Rome, L.C., Stevens, D.E. & Jonh-Alder, H. 1992. The influence of temperature and thermal acclimation on physiological function. *In*: FELDER, M.E & BURGREN, W.W. (editors). **Environmental physiology of the amphibians**. Chicago: The University of Chicago Press, p. 183-205.

Santos, R.F. dos, Leitão, M.M.V.B.R., Oliveira, G.M. de & Bezerra, P.T.C. 2009. **Clima urbano no inverno e no verão em Juazeiro/BA e Petrolina/PE**. XXXVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Juazeiro/BA e Petrolina/PE.

Silva, M.A. da, Oliveira, I.S. de, Cardoso, M.W. & Graf, V. 2007. Road kills impact over the herpetofauna on Atlantic Forest (PR-340, Antonina, Paraná). **Acta Biol. Par., Curitiba 36** (1-2): 103-112.

Simon, M.N. 2010. **Plasticidade fenotípica em relação à temperatura de larvas de *Rhinella* (Anura: Bufonidae) da Caatinga e da Floresta Atlântica**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo.

Sinsch, U. 1990. Migration and orientation in anuran amphibians. **Ethology Ecology & Evolution 2**: 65-79.

Sobrinho, F.F. 2005. **Composição e estrutura arbóreo/arbustivo da floresta ciliar do arroio da Brigadeira, no Parque Municipal Fazenda Guajuviras, Canoas/RS**. Dissertação de mestrado, Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Teixeira, M. B., Coura Neto, A. B., Pastore, U. & Rangel Filho, A. L. R.1986. Vegetação. *In*: **Levantamento de Recursos Naturais**. IBGE, Rio de Janeiro, v. 33, p. 541-632.

Titon, B.J. & Gomes, F.R. 2012. Balanço hídrico e a distribuição geográfica dos anfíbios. Water balance and geographical distribution of amphibians. **Revista da Biologia 8**: 49-57.

Titon, B.J. 2010. **Balanço hídrico e desempenho locomotor em espécies de anuros de Mata Atlântica e Cerrado**. Dissertação de mestrado, Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista – UNESP.

Toledo, L.F., Zina, J. & Haddad, C.F.B. 2003. Distribuição Espacial e Temporal de uma Comunidade de Anfíbios Anuros no Município de Rio Claro, São Paulo, Brasil. **Holos Environment**, v.3, n.2, p. 136-149.

Vassoler, G., Chong, W. & Specht, L.P. 2011. Comportamento mecânico de pavimentos flexíveis submetidos a gradientes térmicos. **Acta Scientiarum Technology** v.33, nº 3, p. 265-271.

Vos, C.C. & Chardon, J.P. 1998. Effects of habitat fragmentation and road density on the distribution pattern of the moor frog *Rana arvalis*. **Journal of Applied Ecology** 35, p.44-56.

Whitford, P.C. 1973. The Effects of Temperature on Respiration in the Amphibia. **Amer. Zool.** 13: 505-512.

Whitford, P.C. 1985. Bird behavior in response to the warmth of blacktop roads. **T. Wisc. Acad. Sci, Madison**, v.73, p.135-143.

## 5. Anexo

### 5.1. Normas da Revista Brasileira de Zoologia

Literature Cited. Citations are arranged alphabetically. All references cited in the text must appear in the literature cited section and all items in this section must be cited in the text. Citation of unpublished studies or reports is not permitted, i.e., a volume and page number must be available for serials and a city, publisher, and full pagination for books. Abstracts not subjected to peer review may not be cited. Work may be cited as in press only exceptionally. If absolutely necessary, a statement may be documented in the text of the paper by pers. comm., providing the person cited is aware of the manuscript and the reference to his person therein. Personal communications do not appear in the Literature Cited section.

The references cited in the text should be listed at the end of the manuscript, according to the examples below.

The title of each periodical must be complete, without abbreviations.

#### *Periodicals*

Nogueira, M.R.; A.L. Peracchi & A. Pol. 2002. Notes on the lesser white-lined bat, *Saccopteryx leptura* (Schreber) (Chiroptera, Emballonuridae), from southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia** **19** (4): 1123-1130.

Lent, H. & J. Jurberg. 1980. Comentários sobre a genitália externa masculina em *Triatoma* Laporte, 1832 (Hemiptera, Reduviidae). **Revista Brasileira de Biologia** **40** (3): 611-627.

Smith, D.R. 1990. A synopsis of the sawflies (Hymenoptera, Symphita) of America South of the United States: Pergidae. **Revista Brasileira de Entomologia** **34** (1): 7-200.

#### *Books*

Hennig, W. 1981. **Insect phylogeny**. Chichester, John Wiley, XX+514p.

#### *Chapter of book*

Hull, D.L. 1974. Darwinism and historiography, p. 388-402. *In*: T.F. Glick (Ed.). The comparative reception of Darwinism. Austin, University of Texas, IV+505p.

#### *Electronic resources*

Marinoni, L. 1997. Sciomyzidae. *In*: A. Solis (Ed.). **Las Familias de insectos de Costa Rica**. Available at: <http://www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/texto630.html> [date of access].