

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE ANIMAL

Marcelo Carvalho da Rocha

**O PAPEL DAS FLORESTAS PRESERVADAS CONTRA OS EFEITOS  
DOS AGROTÓXICOS E DA RADIAÇÃO SOLAR ULTRAVIOLETA EM  
GIRINOS E O POTENCIAL DE PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS  
NA REDUÇÃO DE IMPACTOS**

Santa Maria, RS, Brasil  
2020



**Marcelo Carvalho da Rocha**

**O PAPEL DAS FLORESTAS PRESERVADAS CONTRA OS EFEITOS DOS  
AGROTÓXICOS E DA RADIAÇÃO SOLAR ULTRAVIOLETA EM GIRINOS E O  
POTENCIAL DE PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS NA REDUÇÃO DE  
IMPACTOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Biodiversidade Animal, da Universidade Federal de  
Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial  
para obtenção do título de **Doutor em  
Biodiversidade Animal**.

**Orientador: Prof. Dr. André Passaglia Schuch**  
**Coorientador: Dr. Mauricio Beux dos Santos**

Santa Maria, RS, Brasil  
2020

Rocha, Marcelo Carvalho da  
O PAPEL DAS FLORESTAS PRESERVADAS CONTRA OS EFEITOS  
DOS AGROTÓXICOS E DA RADIAÇÃO SOLAR ULTRAVIOLETA EM  
GIRINOS E O POTENCIAL DE PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS NA  
REDUÇÃO DE IMPACTOS / Marcelo Carvalho da Rocha.- 2020.  
110 p.; 30 cm

Orientador: André Passaglia Schuch  
Coorientador: Maurício Beux dos Santos  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de  
Pós-Graduação em Biodiversidade Animal, RS, 2020

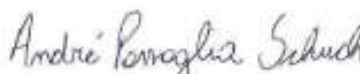
1. Declínio dos anfíbios 2. Danos no DNA 3.  
Desmatamento 4. Desenvolvimento Rural 5. Ecoturismo I.  
Schuch, André Passaglia II. Santos, Maurício Beux dos  
III. Título.

**Marcelo Carvalho da Rocha**

**O PAPEL DAS FLORESTAS PRESERVADAS CONTRA OS EFEITOS DOS  
AGROTÓXICOS E DA RADIAÇÃO SOLAR ULTRAVIOLETA EM GIRINOS E  
O POTENCIAL DE PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS NA REDUÇÃO DE  
IMPACTOS**


Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Doutor em Biodiversidade Animal**.

**Aprovado em 02 de março de 2020:**

  
**André Passaglia Schuch Dr. (UFSM)**  
**(Presidente/Orientador)**

  
**Lizandra Jaqueline Robe Dra. (UFSM)**

  
**Marília Teresinha Hartmann Dra. (UFFS) – Parecer**

  
**Suzane Bevilacqua Marcuzzo Dra. (UFSM)**

  
**Vinicius Matheus Caldart Dr. (St. And) - Parecer**

Santa Maria, RS, Brasil  
2020



## AGRADECIMENTOS

Gratidão é um sentimento nobre, e na presença deste, outros sentimentos, igualmente sublimes afloram, e agora quero permitir que esses sentimentos se materializem em parágrafos. Para isso peço que você leitor repare o fato que ninguém consegue fazer nada sozinho, após qualquer realização se estiver atento notará ação conjunta de inúmeras pessoas, que sabendo ou não colaboram para a concretização da obra. Eu já conhecia esse fato, porém me surpreendeu como tantas pessoas conseguiram trabalhar em uma causa comum.

Esse trabalho não começou nos últimos anos, e preciso voltar então algum tempo e sentar novamente ao lado dos meus avós maternos, que me criaram, e para me distrair meu avô contava histórias (ou estórias, afinal nunca consegui saber ao certo) de animais, e entre um cigarro e outro aceso por mim e fumado por ele, surgiam cobras, muitas cobras, aves coloridas, grandes peixes, onças, que meu avô sempre chamou de tigre, todos habitantes das florestas do vale do Rio Uruguai. Meu avô não nasceu na região, mas falava com conhecimento de causa, pois foi balseiro no Rio Uruguai e me encantava com pequenas variações da mesma estória que eu repetidamente pedia que ele contasse sempre. Com essas estórias/histórias despertou-me a paixão pela natureza. Vô Adão e vó Olendina, obrigado por ministrarem as primeiras aulas de zoologia, geografia, botânica, recursos hídricos e biodiversidade, que tive em minha vida.

Nos anos seguintes minha mãe permitiu que eu ficasse com todos os animais que gostaria, de gatos e cachorros abandonados a peixes, aves, tartarugas e até mesmo girinos, (acredito que ela estava antecipando os meus campos do doutorado). Minha mãe, sempre me estimulou a estudar e me falou pela primeira vez na vida que existia uma profissão que se chamava “biólogo”, obrigado mãe Elizabete, por me permitir ser um biólogo.

Agora voltando aos dias atuais, preciso agradecer aos meus alunos da Universidade Regional Integrada de Frederico Westphalen, que souberam entender com bom humor os atrasos dos primeiros minutos das aulas, quando retornava das minhas intermináveis viagens da UFSM e ainda me ajudavam nos campos de final de semana, obrigado pessoal, vocês são incríveis. Deixo também meu agradecimento sincero à URI FW, esta instituição de ensino que me permitiu trabalhar e estudar.

Aos meus colegas do Laboratório de Fotobiologia coordenado pelo Professor André, que sempre entre uma conversa e outra me motivavam a ir além, Álvaro, Bruna, Bruno, Cassiano, Isabela, Ismália, James, Karen, Maurício, Manoela, Rayana, Sophia e Victor, sem vocês teria sido mais difícil. James obrigado pela ajuda com as células; Bruno, obrigado pela agradável companhia aí em Santa Maria, ainda não desisti de te fazer enfrentar a floresta do Alto Uruguai; Álvaro tenho muito orgulho de você, sentirei saudades de todos.

Quero também agradecer ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal da Universidade Federal de Santa Maria e seus professores, especialmente os professores: Bernardo Baldisserotto, Éverton Behr, Mariana Bender, Nilton Cáceres, Sandro Santos, Sérgio Dias, Sonia Cechin, Tiago dos Santos e Vania Loro. E é claro o Sr. Sidnei Santos da Cruz, que por telefone ou pessoalmente sempre me auxiliava em tudo o que eu precisava.

Aos técnicos da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Infraestrutura SEMA/RS, especialmente os guarda parque, Anderson Cristianno Hendgen, Carlos Kuhn, Maicon Elsenbach e Selfredo Bomm e o gestor Rafael Diel Schenkel, obrigado pessoal por me fornecer as licenças sempre solicitadas por mim com prazo mínimo encerrado.

Aos proprietários rurais da cidade de Derrubadas, que me permitiram ingressar em suas propriedades, e me tratavam como um ente familiar, especialmente Daniel e Nilton Martens, Danilo Federizzi e Enio Elsenbach, não deixarei de visitá-los.

Quero também expor meus agradecimentos aos membros da banca que se dispuseram a ler a tese e fizeram suas considerações para melhorias: Dra. Lizandra Jaqueline Robe; Dra. Marília Teresinha Hartmann; Dra. Suzane Bevilacqua Marcuzzo e Dr. Vinícius Matheus Caldart. Obrigado pelo tempo e paciência de vocês.

### **AGRADECIMENTOS ESPECIAIS**

Ao meu orientador André Schuch, que sempre chamarei de “Professor André”, que acreditou e confiou em mim e ainda teve paciência quando não via os resultados esperados, no tempo que ele costumeiramente realiza. Eu acredito que fui a aposta mais arriscada que ele já fez na vida de orientador dele, espero nunca o decepcionar. Vou levar comigo além da orientação do doutorado todas conversas paralelas ao trabalho, que orientaram para vida, obrigado por tudo Professor André.

Meu coorientador, companheiro e sobretudo amigo Maurício Beux (o Bruxo), que a única coisa que não me ensinou foi a arte da malharia tricot (acreditem em mim, além de incêndios controlados, bombas caseiras, aparelhos de laboratório, ele sabe também fazer tricot), e permitiu ficar com o melhor quarto do apartamento dele e ainda me ajudava no doutorado. Obrigado por tudo Maurício.

A minha noiva Aline Candaten, que fez os campos comigo, aprendeu a coletar sangue de girinos, caminhou muitos quilômetros em riachos, caiu tombos, carregou mochilas pesadas, dormiu dentro de uma camionete apertada, teve que fugir de uma onça e mesmo assim manteve um sorriso no rosto e não desistiu de mim (quem entende isso?), obrigado minha Aline!

Agradeço a Deus pelo que eu conquistei.



*Cada uno es hijo de sus obras  
(El Quijote I 4 y I 47).*



## RESUMO

### O PAPEL DAS FLORESTAS PRESERVADAS CONTRA OS EFEITOS DOS AGROTÓXICOS E DA RADIAÇÃO SOLAR ULTRAVIOLETA EM GIRINOS E O POTENCIAL DE PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS NA REDUÇÃO DE IMPACTOS

AUTOR: Marcelo Carvalho da Rocha  
ORIENTADOR: Prof. Dr. André Passaglia Schuch  
COORIENTADOR: Dr. Mauricio Beux dos Santos

Anfíbios são o grupo de vertebrados mais ameaçados do planeta, já foram observados declínios nas populações naturais em diversas regiões do globo. Várias hipóteses foram propostas para elucidar isso, incluindo o aumento da exposição à radiação ultravioleta (UV) solar e agrotóxicos. A Mata Atlântica possui uma das maiores concentrações da biodiversidade de anfíbios da Terra. Entretanto, o aumento intensivo das atividades agropecuárias, muitas vezes sem respeito ao código florestal brasileiro, sobretudo no que diz respeito à manutenção da largura das matas ciliares, coloca em risco a biodiversidade dependente desses ecossistemas. Portanto, neste estudo, avaliamos como a falta de florestas nas paisagens agrícolas influencia a quantidade de agrotóxicos na água, bem como a incidência de radiação UV solar. Segundo, avaliamos o impacto da redução da mata ciliar ocasionada por atividades agrícolas na densidade de girinos e no aumento dos danos cromossômicos de duas espécies de anfíbios especialistas de florestas. A proteção fornecida por uma floresta ripária bem preservada, com uma densa cobertura, bloqueia a incidência de radiação UV solar e o influxo de agrotóxicos nos riachos. Consequentemente, riachos preservados apresentam maior abundância de girinos e menores danos cromossômicos do que ambientes sem mata ciliar. Esse estudo demonstra claramente que a preservação da floresta ripária contínua, em acordo com a lei, é eficaz para reduzir o declínio de anfíbios ameaçados. Porém a manutenção dessas áreas preservadas onera o custo de produção, principalmente das propriedades rurais de base familiar, que acabam tendo problemas de sustentabilidade financeira ou, simplesmente, não cumprem a legislação. Tendo conhecimento desse paradigma, objetivamos nesse estudo, além de apontar o que gera a perda de biodiversidade com base nos dados levantados em campo, propor a criação de um programa. Esse programa tem como foco a redução dos impactos negativos, especialmente com a redução da floresta ripária de pequenos riachos, devido às atividades rurais, em pequenas propriedades agrícolas. Para isso, traçamos ferramentas que protegem a paisagem natural e junto a vida selvagem, e também consideram a necessidade de sustentabilidade rural. O programa chamado Propriedade Amiga da Natureza abrange uma gama de projetos certificados por selos locais, que permitem renda extra nas propriedades que aderirem voluntariamente à proposta, usando o ecoturismo com foco em um público que busca por experiências autênticas, focadas em práticas tradicionais enriquecidas pelo contato com a população local. As propriedades terão suporte técnico para cumprimento das leis ambientais que protegem a mata ciliar, nascentes e reserva legal, através de projetos de recuperação das áreas degradadas, tendo assim alternativa extra de renda para compensar as áreas que serão preservadas. Também está projetado um pagamento por serviço ambiental, para proprietários que desejarem preservar além do que prevê a lei. O programa já foi aprovado pelo conselho consultivo do Parque Estadual do Turvo e um grupo de trabalho já está mobilizado para a sua implementação em uma propriedade rural que será a propriedade modelo. Nessa perspectiva alinhamos a agricultura nacional com iniciativas internacionais de sustentabilidade que trabalham na interseção de negócios, agricultura, florestas e conservação da biodiversidade.

**Palavras-chave:** Declínio dos anfíbios. Danos no DNA. Desmatamento. Desenvolvimento Rural. Ecoturismo.



## ABSTRACT

### THE ROLE OF PRESERVED FORESTS AGAINST THE EFFECTS OF PESTICIDES AND SOLAR UV RADIATION IN TADPOLES AND THE POTENTIAL OF SMALL RURAL PROPERTIES IN IMPACT REDUCTION

AUTHOR: Marcelo Carvalho da Rocha  
ADVISOR: André Passaglia Schuch  
CO-ADVISOR: Dr. Mauricio Beux dos Santos

Amphibians are the most threatened group of vertebrates on the planet, declines have already been observed in natural populations in various regions of the globe. Several hypotheses have been proposed to elucidate this, including increased exposure to solar ultraviolet (UV) radiation and pesticides. The Atlantic Forest has one of the highest concentrations of amphibian biodiversity on Earth. However, the intensive increase in agricultural activities, often without respect for the Brazilian forest code, especially with regard to maintaining the width of riparian forests, puts at risk the biodiversity dependent on these ecosystems. Therefore, in this study, we evaluated how the lack of forests in agricultural landscapes influences the amount of pesticides in the water, as well as the incidence of solar UV radiation. Second, we evaluate the impact of the reduction of riparian forest caused by agricultural activities on the density of tadpoles and on the increase in chromosomal damage of two species of amphibian specialists in forests. The protection provided by a well-preserved riparian forest, with a dense cover, blocks the incidence of solar UV radiation and the influx of pesticides into streams. Consequently, preserved streams have a greater abundance of tadpoles and less chromosomal damage than environments without riparian forest. This study clearly demonstrates that the preservation of the continuous riparian forest, in accordance with the law, is effective in reducing the decline of threatened amphibians. However, maintaining these preserved areas increases the cost of production, especially for family-based rural properties, which end up having financial sustainability problems or, simply, do not comply with the legislation. Having knowledge of this paradigm, in this study we aim, in addition to pointing out what generates the loss of biodiversity based on the data collected in the field, to propose the creation of a program. This program focuses on reducing negative impacts, especially with the reduction of riparian forest in small streams, due to rural activities, on small agricultural properties. To this end, we outline tools that protect the natural landscape and wildlife, and also consider the need for rural sustainability. The program called Nature-Friendly Property covers a range of projects certified by local labels, which allow extra income on properties that voluntarily adhere to the proposal, using ecotourism with a focus on an audience that seeks authentic experiences, focused on traditional practices enriched by contact with the local population. The properties will have technical support to comply with environmental laws that protect the riparian forest, springs and legal reserve, through projects for the recovery of degraded areas, thus having an extra income alternative to compensate the areas that will be preserved. A payment for environmental service is also planned, for owners who wish to preserve beyond what the law provides. The program has already been approved by the advisory council of the Parque Estadual do Turvo and a working group is already mobilized for its implementation on a rural property that will be the model property. In this perspective, we align national agriculture with international sustainability initiatives that work at the intersection of business, agriculture, forests and biodiversity conservation.

**Keywords:** Amphibian decline. DNA damage. Deforestation. Rural Development. Ecotourism.



## LISTA DE FIGURAS

### ARTIGO 1

- Figure 1 - Map of the study area. A. The South America continent. B. The Rio Grande do Sul state, Brazil. C. The area of the Turvo State Park (TSP). The streams A, B, C and D are indicated. BE, CE and DE (black lines) indicates the external areas of the streams located inside the agricultural landscape; BI, CI and DI (yellow lines) indicates the internal areas of the streams located inside the forest landscape..... 45
- Figure 2 - Number of detected agrochemicals in streams and degree of preservation of the riparian forest. Vertical bars represent the percentage of preserved riparian forest. Colored lines represent number of agrochemicals sampled in the streams gathered according to their use: Red line = insecticide; green line = herbicide; and blue line = fungicide. .... 53
- Figure 3 - Relationship between the canopy cover and the incidence of solar UVB and UVA radiation. Solar UVB and UVA radiation doses measured between 6:00 AM to 8:00 PM in clear sky summer days in each stream (A and B). Relationship between the percentage of canopy cover and the daily UVB and UVA doses measured in each stream (C and D). Except for stream A (completely located inside TSP), the measurements of solar UVB and UVA radiation were performed both in the internal areas of the streams (BI, CI, and DI; inside TSP) and in the external areas located in the agricultural landscape (BE, CE, and DE; outside TSP). .... 54
- Figure 4 - Density of *B. curupi* (white bars) and *C. schmidtii* (black bars) tadpoles in each stream. Except for stream A (completely located inside TSP), tadpoles were collected in the internal areas of the streams (BI, CI, and DI; inside TSP), as well as in the external areas located in the agricultural landscape (BE, CE, and DE; outside TSP). .... 55
- Figure 5 - Micronuclei (MN) frequency of *B. curupi* (white bars) and *C. schmidtii* (black bars) tadpoles in each stream. Except for stream A (completely located inside TSP), tadpoles were collected in the internal areas of the streams (BI, CI, and DI; inside TSP), as well as in the external areas located in the agricultural landscape (BE, CE, and DE; outside TSP). .... 55

### ARTIGO 2

- Figura 1 - Mapa da zona de amortecimento do Parque Estadual do Turvo, e sua abrangência, determinada pela Lei 9.985/2000, do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e alterada pelo plano de manejo da unidade de conservação ..... 73
- Figura 2 - Logomarca de identificação de propriedades com selo Rã das pedras, que estão buscando a certificação de propriedade amiga da natureza e estão no início do programa executando um projeto de proteção das áreas de preservação permanente ..... 75
- Figura 3 - Logomarca de identificação de propriedades que estão buscando a certificação de propriedade amiga da natureza com selo Perereca de vidro, e estão com as áreas de preservação permanente e nascentes protegidas ..... 76
- Figura 4 - Logomarca de identificação de propriedades que estão buscando a certificação de propriedade amiga da natureza com selo Curupi, e estão com as áreas de preservação permanente e nascentes protegidas e também possuem a reserva legal estabelecida ..... 76
- Figura 5 - Logomarca de identificação de propriedades que estão buscando a certificação de propriedade amiga da natureza com selo Curupi dourada e estão com as áreas de preservação permanente e nascentes protegidas e também possuem a reserva legal estabelecida e ainda permitem no local atividades de pesquisa e educação ambiental ..... 77

Figura 6 - Logomarca de identificação do programa propriedade amiga da natureza estampada em fundo branco exibindo as características sociáveis do personagem.....	82
Figura 7 - Local de fixação das logomarcas de identificação do programa propriedade amiga da natureza, essa estrutura será fixada na sede da propriedade .....	84



## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO 1

Tabela 1 - Average concentration ( $\mu\text{g} / \text{L}$ ), standard deviation, and maximum concentration (in parenthesis) of pesticides detected in the water from streams (A, B, C, and D) sampled in this work..... 51

### ARTIGO 2

Tabela 1 - Critérios de pontuação para concessão dos selos ambientais; Selos, Rã das pedras, Perereca de vidro, Curupi e Curupi dourada nas propriedades da zona de amortecimento do Parque Estadual do Turvo..... 78



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP	Área de Preservação Permanente
ASCAR	Associação Sulina de Crédito e Assistência Rural
CAR	Cadastro Ambiental Rural
°C	Grau Celsius
CFA	Clima Subtropical
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
EA	Educação Ambiental
EMATER	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural
GT	Grupo de Trabalho
Ha	Hectares
Km	Quilômetro
Nm	Nanômetro
ONGs	Organizações não Governamentais
UC	Unidade de Conservação
UVA	Radiação Ultravioleta A
UVB	Radiação Ultravioleta B
UV	Radiação Ultravioleta
PET	Parque Estadual do Turvo
PSA	Pagamento por Serviço ambiental
RL	Reserva Legal
R\$	Real Moeda
SEMA	Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Infraestrutura
SISNAMA	Sistema Nacional de Meio Ambiente
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação



## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO GERAL</b> .....	21
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	23
1.1 AGRICULTURA: SEUS BENEFÍCIOS ECONÔMICOS E SEUS RISCOS PARA BIODIVERSIDADE.....	23
1.2 EVOLUÇÃO DA AGRICULTURA.....	23
1.3 AGROTÓXICOS, UMA REALIDADE SEMPRE PRESENTE.....	25
1.4 RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA SOLAR.....	28
1.5 SOBRE O CONCEITO E O PAPEL DO SINERGISMO AFETANDO ANFÍBIOS.....	30
1.6 ANFÍBIOS, O GRUPO MAIS AMEAÇADO EM UM BIOMA TÃO AMEAÇADO QUANTO ELES.....	31
1.7 BRASIL, SUAS FLORESTAS E AS LEIS QUE AS DEVERIAM PROTEGER.....	33
1.8 PERSPECTIVAS DE UM FUTURO BOM.....	36
1.9 O QUE NOS MOTIVA A TRAZER UM PAGAMENTO POR SERVIÇO AMBIENTAL COMO POSSIBILIDADE DE UM FUTURO BOM?.....	38
1.10 ÁREA DO ESTUDO.....	41
1.11 OBJETIVOS.....	41
1.11.1 <b>Objetivo Geral</b> .....	41
1.11.2 <b>Objetivo do primeiro artigo</b> .....	42
1.11.3 <b>Objetivo do segundo artigo</b> .....	42
<b>2 ARTIGO 1</b> .....	43
<b>3 ARTIGO 2</b> .....	69
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	103



## APRESENTAÇÃO GERAL

Esta é uma tese que conta uma história apaixonante sobre pequenos sapos e seus grandes coaxos em pequenos riachos. Mas, também trata sobre uma realidade inafastável que tem a capacidade de calar os coaxos: o desmatamento e exposição a venenos tóxicos que não poupam a vida dos sapos, extinguem seus belos coaxos e no final, também os seus pequenos riachos.

A tese é composta no primeiro capítulo por uma pesquisa que visa mostrar os efeitos do avanço da agricultura sobre as larvas de duas espécies de anfíbios anuros ameaçados de extinção, habitantes de pequenos riachos de Mata Atlântica no sul do Brasil. Determinamos, para balizar nossos resultados, dois estressores ambientais que têm poder de impactar negativamente populações naturais de anfíbios anuros: o aumento da incidência de radiação UV solar pela redução da mata ciliar e também a presença de agrotóxicos oriundos de campos de cultivo. Propomos responder a lacuna bibliográfica existente e mostrar a partir de dados coletados na natureza a ação conjunta de agrotóxicos e da radiação ultravioleta solar, definitivamente, dois fatores que estão declinando populações de anfíbios nos riachos de Mata Atlântica, especialmente aqueles que estão inseridos em paisagens agrícolas.

Resolvemos nessa mesma tese, não ficar apenas lamentando-se com questões básicas de uma realidade constante, como o avanço da agricultura. Então, para o segundo capítulo, utilizamos os diagnósticos obtidos na área natural, como presença e concentração de agrotóxicos, bem como, a dosagem diária de radiação UV solar, e propomos medidas que podem mitigar os resultados adversos desses estressores.

Propomos assim, no segundo capítulo, uma ferramenta de ação que propriedades que possuem riachos irregulares perante a legislação e presença potencial desses animais possam utilizá-la para manter a viabilidade econômica da propriedade sem avançar sobre o habitat natural desses sapos, por meio da criação de um programa de regularização legal. Assim, torna-se possível aumentar a proteção às espécies de anfíbios ameaçadas de extinção existentes nessa região, seus belos coaxos e também as pequenas propriedades rurais que abrigam os pequenos riachos.





## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 AGRICULTURA: SEUS BENEFÍCIOS ECONÔMICOS E SEUS RISCOS PARA BIODIVERSIDADE

Apesar das taxas de crescimento global da população humana atualmente se estabilizando, ainda deve expandir-se dos atuais 7,7 bilhões para 9,7 bilhões até o ano de 2050. Deve-se considerar que essas taxas de crescimento variam bastante entre as regiões. Esse crescimento distinto apresenta desafios para o desenvolvimento sustentável, considerando-se que os locais onde espera-se as maiores taxas de crescimento localizam-se em países pobres (e.g. população da África Subsaariana deverá dobrar até 2050). Assim, assegurar a segurança alimentar nesses locais que estão cada vez mais sobre pressão é um dos principais desafios deste século. Países onde o crescimento populacional será mais perceptível terão desafios maiores no esforço de erradicar a pobreza, alcançar maior igualdade e, sobretudo combater a fome e má nutrição (ONU, 2019).

Registrar os impactos gerados pela agricultura é um dos papéis da ciência, que objetiva a conservação da biodiversidade, visando também garantir que os serviços ecossistêmicos sejam mantidos no futuro, em uma biosfera amplamente alterada pela produção agrícola. Porém é inegável a eficiência dos agroecossistemas atuais no papel insubstituível para manutenção da segurança alimentar da nossa espécie (CARVALHO, 2006).

Estimar a produção agrícola é um dos modos reconhecidos para reduzir a flutuação normal de preços dos produtos agrícolas e antecipar déficits de produção, que podem gerar insegurança alimentar por flutuações nos preços dos alimentos (JAYNE et al., 2018). Essas avaliações tendem a orientar a produção agrícola a aumentar as áreas de cultivo ou utilizar produtos que destroem pragas nas culturas. Essas estratégias são utilizadas globalmente para manutenção de produções, apesar de terem impactos negativos sobre o meio ambiente.

### 1.2 EVOLUÇÃO DA AGRICULTURA

A agricultura passou por uma sequência de diferentes regimes de uso da terra, que são transições em atividades experimentadas em determinada região ao longo do tempo. A primeira etapa é o desflorestamento, seguido da agricultura de subsistência desenvolvida em pequenas propriedades e de escala reduzida, até a agricultura intensiva, que devido ao alto

investimento financeiro só é lucrativa em grandes propriedades (FOLEY et al., 2005). Mesmo que o desflorestamento tropical para expansão da agricultura ainda persista, em escala global, atualmente, este diminuiu. Os aumentos na produção foram alcançados principalmente através da agricultura intensiva, comumente chamada de revolução verde que sucedeu a segunda guerra mundial, onde paralelamente incorporou-se o uso de fertilizantes químicos, agrotóxicos e outros recursos que maximizam a produtividade. Com o advento dessa estratégia rural as paisagens agrícolas atuais apresentam-se desenvolvidas sob monoculturas, sendo dominadas por poucos tipos de produção, especialmente cereais e oleaginosas (RAMANKUTTY et al., 2018).

No passado, o clima e a geologia moldaram as paisagens naturais no mundo, atualmente, as áreas de cultivo constituem a maior paisagem do planeta e as paisagens naturais apresentam-se em pequenas porções na Terra. Nossa espécie alterou profundamente os padrões globais de biodiversidade e processos ecossistêmicos neles envolvidos (ELLIS; RAMANKUTTY, 2008). Áreas de cultivo são potencialmente consideradas uma das grandes ameaças de poluição ambiental (ALMARAZ et al., 2018). Pode-se afirmar que a abundância e a diversidade de espécies nativas, ocorrentes em paisagens agrícolas, diminuíram substancialmente na Europa, especialmente nos locais de intensificação agrícola (EEA, 2015).

Por alterar as paisagens naturais e ser a atividade econômica que mais utiliza água, a agricultura é também uma atividade com grande potencial de poluição em ambientes aquáticos (RAMANKUTTY et al., 2018). Ademais, na mesma proporção que promove alterações na paisagem natural, termina por interferir diretamente no clima global. Alterações climáticas já figuram entre as principais causas de redução da produtividade agrícola e, conseqüentemente, dos seus lucros, sobretudo em áreas de monocultura intensiva (LOBELL et al., 2011).

Já é estabelecido que a participação da agricultura na empregabilidade diminui, mesmo quando a economia se desenvolve e o apoio de governos à agricultura aumenta à medida que as economias crescem (ANDERSON et al., 2013). Contudo, em uma avaliação mais abrangente da importância da agricultura percebe-se que ela desempenha um papel estabilizador quando surge um ambiente econômico turbulento. Por ela ser uma atividade que fornece alimentos, acaba sendo o principal setor gerador de empregos, auxiliando no crescimento econômico regional, sobretudo em países com economias abaladas por crises (LOIZOU et al., 2019). Em um mundo com economia globalizada era de se esperar que o produto agrícola conseguisse fornecer suporte econômico e isso justifica os incentivos governamentais à produção agrícola. Atualmente um terço das terras cultiváveis do mundo

são utilizadas para mercados de exportação, com uma forte tendência ascendente (TRAMBEREND et al., 2019).

Dessa forma, existem vários benefícios secundários na melhoria do setor agrícola, por exemplo, o maior rendimento econômico de culturas agrícolas pode gerar receita econômica, adicional que pode ser direcionada à educação ou assistência médica. Isso pode significar uma população mais saudável e com melhores níveis educacionais, desde a formação de profissionais aptos a trabalhar com conservação da biodiversidade e também desenvolvimento de programas de conservação de espécies (AKTAR et al., 2009).

Equilibrar os custos ambientais da agricultura com a necessidade crescente de alimentar as populações atuais e futuras é um grande desafio. Desse modo, há uma pressão crescente sobre a agricultura para atender às necessidades atuais e futuras em suprir recursos necessários. O desenvolvimento da agricultura sustentável é essencial para incrementar a produtividade agrícola, reduzindo indesejáveis impactos ambientais nos ecossistemas. A inovação tecnológica pode ter um papel decisivo na resolução desse paradoxo (ADENLE et al., 2019) e, juntamente com o cumprimento da legislação ambiental vigente, podem permitir a almejada harmonização entre agricultura e conservação de espécies ameaçadas.

### 1.3 AGROTÓXICOS, UMA REALIDADE SEMPRE PRESENTE

O estudo da toxicologia na vida selvagem é um ramo da ecotoxicologia direcionada para organismos que habitam áreas naturais, ou ecossistemas. Ela trabalha com uma gama de avaliações de exposição e efeito de contaminantes em ambientes nativos. Foi moldada pelo uso inadequado de produtos químicos, que provocam transtornos ecológicos, envenenamentos humanos, catástrofes ambientais e reduções de populações nativas (RATTNER, 2009).

Agrotóxicos, mesmo em baixas concentrações, podem ocasionar redução de outras espécies que habitam esses locais, mesmo quando essas espécies não sejam o alvo pretendido pelo uso desses produtos (RELYEA; DIECKS, 2008). Desta forma, o avanço agrícola tem se tornado preocupante para a conservação, pois o desmatamento, para formação de campos agrícolas, associado ao uso intensivo de agrotóxicos, acaba gerando um cenário potencialmente prejudicial às formas larvais de anfíbios anuros.

Os agrotóxicos estão entre os poucos elementos sabidamente tóxicos que são aplicados propositadamente no meio ambiente para combater organismos vivos que possam causar prejuízos econômicos. Contudo, devido sua baixa seletividade, podem afetar outras espécies,

assim como todo o meio ambiente. Estes pertencem a uma categoria de produtos químicos formulados para matar, repelir uma praga ou interromper sua reprodução (KIM et al., 2016).

Apesar da agricultura ser a atividade que mais utiliza esses produtos no mundo (85% da produção mundial é destinada para cultivos agrícolas), os mesmos são igualmente utilizados em ambientes urbanos, em atividades de saúde pública para purificar água, controlar vetores de doenças (por exemplo, malária e dengue), plantas indesejadas (por exemplo, grama e ervas daninhas) em paisagismo ornamental e em áreas de uso público como parques e jardins. Eles são também úteis no uso doméstico, contra insetos, bactérias, fungos, roedores e algas (GILDEN et al., 2010).

Mesmo que o conceito de agrotóxico seja bastante amplo, no Brasil a definição do termo é determinada pela Lei 7.802 de 11 de julho de 1989, (BRASIL, 1989) e regulamentada pelo Decreto 4.074 de 04 de janeiro de 2002, (BRASIL, 2002) sendo esses os principais atos normativos da legislação nacional sobre agrotóxicos. Neles é definido o termo “princípio ativo” como “agente químico, físico ou biológico que confere eficácia aos agrotóxicos e afins”. Logo o termo “produto formulado” é chamado “agrotóxico ou afim, obtido a partir de produto técnico ou pré-mistura, por intermédio de processo físico, ou diretamente de matérias primas por meio de processos físicos, químicos ou biológicos”.

Pela Lei 7.802/89 (BRASIL, 1989), também se classifica como agrotóxicos produtos e agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas, como também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos. A mesma lei obriga que somente com o prévio registro, os agrotóxicos possam ser comercializados e utilizados. Se isto não for cumprido, o produto é considerado um agrotóxico ilegal. Produtos que provocam riscos ao meio ambiente ou que se revelem mutagênicos em animais por experimentos da comunidade científica, têm seu registro proibido.

Diferentes parâmetros podem ser usados para classificar agrotóxicos quanto à classe química e toxicidade. Quanto à classe química pode classificá-los em dois grupos principais: orgânicos (organoclorados, organofosforados) e inorgânicos. O primeiro grupo tem propensão a maior heterogeneidade e menor capacidade de dissolução em água que o segundo (DEBOST-LEGRAND et al., 2016). Entre as classes ocorre uma variedade de subcategorias, todavia podemos agrupar basicamente como: acaricida, que têm como alvo ácaros; herbicidas,

para eliminar ervas daninhas; inseticidas, que têm como alvo insetos; fungicidas, que atuam sobre fungos; e rodenticidas, utilizados para roedores (MNIF et al., 2011).

No fator toxicidade são considerados os resultados dos estudos toxicológicos agudos realizados com a formulação. Tanto o ingrediente ativo como os componentes têm um papel relevante na classificação toxicológica final do produto formulado (ANVISA, 2019). A identificação final é realizada em função da toxicidade aguda e é determinada com os respectivos nomes das categorias: Classe I - Extremamente Tóxico; Classe II - Altamente Tóxico; Classe III - Medianamente Tóxico; e Classe IV - Pouco Tóxico (FAO, 2015).

A exposição a agrotóxicos tem sido correlacionada a um grande conjunto de resultados negativos sobre a saúde humana (SANKOH et al., 2016; EPA, 2019). Mesmo seu uso sendo amplamente difundido o impacto do uso de agrotóxicos sobre o meio ambiente é mais complexo de ser entendido. Isso se deve tanto a baixa especificidade destas formulações, quanto ao organismo alvo que pode ser afetado por contaminações não intencionadas (PERUGINI et al., 2018). Considera-se que mais de 95% desses produtos não atinjam apenas o objetivo principal e possam acabar dispersos no ambiente em que são liberados, levando a perda de biodiversidade (SIMEONOV et al., 2013). O grau de contaminação dos habitats nativos pode ser alterado por fenômenos naturais como fotodegradação pelo sol, volatilização, lixiviação, tipo de solo, pela forma de aplicação, tipo de produto e proximidade de corpos hídricos (GARCIA et al., 2012).

O consumo de agrotóxicos tem aumentado substancialmente desde a década de 50 em todos países do mundo, incrementando um mercado com forte tendência ao crescimento (YADAV et al., 2015). No Brasil, o mercado de agrotóxicos movimentou valores que superam 12 bilhões de dólares ao ano. A agricultura do País caracteriza-se pelo elevado consumo de agrotóxicos, sobretudo pelo aumento nas áreas de monocultura, sendo um dos países que mais consome esses produtos em nível mundial. Entre os anos de 2015 e 2017, o Brasil utilizou em média 383 toneladas de agrotóxicos por ano, sendo o terceiro maior mercado consumidor (ficando atrás da China e Estados Unidos). Porém, ao dividirmos o montante utilizado pelo tamanho da área de cultivo (kg usados por hectare), o Brasil não está entre os países que mais utilizam agrotóxicos no mundo (FAO, 2017).

Ocorrências de acidentes com mortalidade aguda em vertebrados nativos por agrotóxicos são considerados raros. Mesmo em eventos de toxicidade crônica, quando a aplicação desses produtos respeita as áreas de amortecimento como mata ciliar, os vertebrados são vistos como improváveis de serem atingidos. A exceção fica nos ecossistemas aquáticos (KOHLENER; TRIEBSKORN, 2013).

O uso de agrotóxicos, sem nenhuma dúvida, beneficiou a produtividade agrícola. Porém, seu uso intensivo acarreta diversos problemas ambientais, tais como, desenvolvimento de resistência das pragas agrícolas, contaminação do ar, solo e recursos hídricos. Idealmente, um agrotóxico deve ser letal para o organismo alvo, mas comumente acaba sendo potencialmente tóxico para organismos que não são o alvo pretendido no uso desses produtos (AKTAR et al., 2009).

#### 1.4 RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA SOLAR

Radiação solar é a energia radiante extraterrestre, derivada do sol, emitida por ele continuamente em todas as direções, composta por espectros invisíveis e visíveis, sendo essa a principal fonte de energia dos ecossistemas da Terra. Variações temporais nas medidas de radiação que chegam ao planeta já foram evidenciadas (FRÖHLICH, 2000). Essa radiação que chega na superfície da Terra, permitiu a vida com a fotossíntese constituindo a base das intrincadas teias alimentares, fornecendo energia para os produtores e consumidores (HÄDER et al., 2007).

Não obstante a isso, de acordo com o comprimento de onda, a radiação solar pode ser um estressor ambiental, especialmente para organismos mais sensíveis como anfíbios (LIPINSKI et al., 2016; ALTON; FRANKLIN, 2017; LONDERO et al., 2017). Efeitos danosos sobre as moléculas do ácido desoxirribonucleico (DNA) até mesmo de plantas já foram observados (RIES et al., 2000). Especialmente com os raios de UVB, que possuem comprimentos de onda entre 280 e 320 nm, e são a menor parcela dos raios invisíveis que chegam na superfície (ROUSSEAU et al., 1999). Adicionalmente, essa pequena fração de radiação pode afetar a função imunológica e torná-los fisiologicamente mais suscetíveis a infecções ocasionadas por outros agentes redutores de populações naturais (CRAMP; FRANKLIN, 2018).

Os raios solares com comprimento de onda entre 320 a 400 nm (UVA) são os de maior incidência na superfície da Terra, pois são pouco retidos na camada de ozônio. Esse fato se dá em decorrência da atmosfera da Terra, onde comprimentos de onda inferiores a 280 nm são absorvidos, porém esse efeito é pouco eficiente em comprimentos de onda superiores a 340 nm (WEBB, 2000). Esse espectro também pode ser prejudicial a anfíbios, pois, malformações em indivíduos expostos à radiação UVA também já foram relatadas (SCHUCH et al., 2015a, 2015b).

Mais especificamente, o potencial genotóxico da radiação UV solar que incide na superfície terrestre advém principalmente da energia de seus fótons, que é capaz de induzir ligações covalentes entre pirimidinas de nucleotídeos vizinhos em uma hélice do DNA. A principal estrutura gerada é conhecida como dímero de pirimidina. Uma vez formados, os dímeros de pirimidina proporcionam uma distorção na dupla hélice, que prejudica a replicação e a transcrição do DNA. A radiação UVB é mais eficaz que a UVA para formar dímeros de pirimidina devido à maior absorção direta de fótons de UVB pelo DNA. Os danos de DNA induzidos com maior frequência pela UV são conhecidos como dímeros de pirimidina ciclobutano (CPD), os quais constituem ~80–90% das lesões, e fotoprodutos (6-4) pirimidina-pirimidona (6-4PP), os quais correspondem a 10–20% das lesões (LONDERO et al., 2019).

Algumas circunstâncias ambientais permitem que os organismos sejam protegidos dessas radiações prejudiciais do sol. Dentre as principais está a presença da camada de ozônio na estratosfera que protege a vida na Terra absorvendo boa parte da radiação UVB e toda UVC. A redução dessa proteção pode trazer sérias consequências à vida na Terra, sendo a consequência mais importante do esgotamento do ozônio estratosférico, o aumento da incidência da radiação UVB solar na superfície da Terra (LANGEMATZ, 2019).

Porém, existem outros fatores adicionais que podem reduzir bastante ou até mesmo bloquear a incidência de radiação UV abaixo da atmosfera. A cobertura proporcionada pela floresta natural com sua multiforme posição e dimensão espacial das árvores, galhos e massa foliar, está intimamente relacionada com a absorção da radiação (BARTELINK, 1998). Em ecossistemas florestais a transmitância de UVB para o solo é totalmente dependente da estrutura do dossel, visto que a cobertura florestal consegue reter até 99% da radiação UVB (BROWN, et al., 1994). A radiação UVA também é fortemente influenciada pela presença de floresta preservada. Nessa situação, quando mensurada, a cobertura proporcionada conseguiu barrar 93% da radiação incidente no ambiente (LIPINSKI et al., 2016).

A exposição à radiação UV, têm sido um importante fator na pressão seletiva, especialmente para os anfíbios, pois, sua sensibilidade varia entre espécies, populações (ALTON; FRANKLIN, 2017) e habitats (BLAUSTEIN et al., 2001), e a perda da cobertura florestal atua na potencialização dos seus danos nas espécies florestais.

## 1.5 SOBRE O CONCEITO E O PAPEL DO SINERGISMO AFETANDO ANFÍBIOS

Sinergismo é um conceito multifacetado que pode ser utilizado de várias maneiras, com cada uso tendo suas próprias conotações teóricas. Embora seja muitas vezes esquecido, subestimado, incompreendido ou chamado por denominações diferentes à sinergia é onipresente e fundamentalmente importante no mundo natural. Fenômenos sinérgicos podem ser encontrados em diferentes áreas da ciência (Física Quântica; Termodinâmica; Física; Química; Biologia Molecular; Biologia do Desenvolvimento; Neurobiologia; Antropologia; Biologia Comportamental e Ecologia) (CORNING, 1998).

A interação sinérgica ocorre quando pelo menos um dos componentes está presente para afetar o sistema biológico e o efeito da combinação com outro é maior do que o previsto pela atividade somada de cada componente individualmente, no mesmo nível de exposição que ocorrem. As interações sinérgicas desfavoráveis ocorrem apenas quando uma substância altera o metabolismo da outra, tornando-a potencialmente mais tóxica ou aumentando a dose interna ou a exposição sistêmica da forma ativa do componente tóxico (SINGH, 2017).

Tais interações podem aumentar a atividade de substâncias tóxicas. Por exemplo, o aumento da incidência dos comprimentos de onda da radiação UVB e UVA, oriundos do desflorestamento de áreas naturais, podem interagir com os contaminantes do ambiente, formando subprodutos, potencializando os efeitos prejudiciais às populações que habitam esses locais (BLAUSTEIN, 2003).

Desta forma, implementar políticas que visam proteger florestas é a base de muitas estratégias mundialmente reconhecidas para conservação da biodiversidade. Porém, já é relatado que a simples manutenção da cobertura florestal pode não ser suficiente para reduzir os distúrbios antropogênicos na floresta (PANFIL; HARVEY, 2015). A perturbação antropogênica na paisagem circunjacente, mesmo em pequenas proporções, pode dobrar a perda de biodiversidade causada pelo desmatamento. Alguns grupos de espécies respondem positivamente e outros negativamente; isso se reflete, especialmente, em espécies resistentes e sensíveis, respectivamente, que são influenciadas favoravelmente ou desfavoravelmente por mudanças na composição e estrutura da floresta (BARLOW et al., 2016).

Em paisagens onde ocorre a fragmentação florestal, os efeitos de cada ameaça à biodiversidade devem ser analisados individualmente (FAHRIG, 2003). Dessa forma, identificar separadamente as ameaças também se torna muito importante para o desenvolvimento de estratégias de conservação.



Esse trabalho foi inicialmente conduzido para avaliar a existência de sinergismo na associação de agrotóxicos e da radiação solar sobre as larvas de anfíbios anuros e o resultado permitiu traçar novas perspectivas dos mecanismos de perda de biodiversidade nesse grupo. Combinações de múltiplos fatores têm um maior efeito negativo sobre os anfíbios do que qualquer fator isolado. Assim, em áreas de desmatamento por expansão agrícola a radiação solar e os agrotóxicos tendem a causar maior impacto. Esse conhecimento é utilizado na segunda parte da tese, em um projeto de conservação e manutenção da biodiversidade em ambientes agrícolas, direcionado às pequenas propriedades rurais.

## 1.6 ANFÍBIOS, O GRUPO MAIS AMEAÇADO EM UM BIOMA TÃO AMEAÇADO QUANTO ELES

Na Classe Amphibia Gray 1825, estão alocados os tetrápodes das três ordens de anfíbios modernos: Anura Merrem, 1820; Caudata Scopoli, 1777 e Gymnophiona Rafinesque, 1814 (WAKE; KOO, 2018). Anuros são o grupo melhor conhecido e tema dessa tese. São conhecidos comumente como: sapos, rãs e pererecas e caracterizam-se por possuir membros posteriores alongados que permitem saltos, sem cauda, pele úmida e olhos salientes. Perante nossa espécie dividem opiniões sendo tanto admirados quanto odiados, gerando pânico em alguns e indiferença a outros, mas são uma realidade em praticamente todos ecossistemas. Pelo fato de sua abundância basta prestarmos atenção em habitats úmidos e logo no início da noite já percebemos suas vocalizações.

Os animais dessa classe, foram os primeiros vertebrados a ocupar os habitats terrícolas, e em grande número deles manteve-se, sua fase larval totalmente aquática, e assim, são ainda bastante dependentes do meio aquático para reprodução e sobrevivência. Apareceram na Terra no período Devoniano e são considerados o grupo de vertebrados com a segunda maior diversidade de estratégias de sobrevivência e reprodução. Entre essas estratégias está o desenvolvimento de estruturas que proporcionaram respirar oxigênio atmosférico e de proteção contra a perda de água para o ambiente. Uma das estruturas é a pele permeável e coberta por glândulas que permite as trocas gasosas e ainda atua bloqueando patologias e desestimulando potenciais predadores (WELLS, 2007).

A epiderme úmida e desprotegida é uma conveniente adaptação para ocupação de áreas úmidas, porém conseqüentemente, também os expõe a alterações desses habitats, tornando-os muito sensíveis aos fatores ambientais circundantes. Esses animais ostentam elevada importância ecológica, tendo grande participação nas cadeias alimentares e no fluxo

energético dos ecossistemas que os abrigam. Isso é resultante de suas dietas que variam conforme a fase de vida, sendo os girinos herbívoros, detritívoros, filtradores e quando adultos carnívoros. Dessa forma controlam populações de invertebrados e também são a base alimentar de muitos outros grupos de animais (DUELLMAN; TRUEB, 1994). Por apresentarem grande sensibilidade às alterações ambientais, o grupo é também considerado bioindicador de qualidade do habitat em que estão inseridos (BLAUSTEIN, 1994), e reconhecidamente é o grupo de vertebrados que mais declina em todo o Planeta.

O declínio mundial dos anfíbios é atribuído a um conjunto de causas e atinge até mesmo locais com pouca intervenção antrópica, (POUNDS et al., 2006). Porém essa perda de biodiversidade de anfíbios é mais crítica em locais que abrigam elevada diversidade e que apresentam grande histórico de devastação, como no Bioma Mata Atlântica, que atualmente é considerado um *hotspot* de biodiversidade mundial, que são regiões com elevadas taxas de endemismo e da mesma forma degradação (MYERS et al., 2000). Associado a este Bioma está concentrada a maior diversidade e taxa de endemismo de anfíbios do mundo (DUELLMAN, 1999).

O desaparecimento global dos anfíbios, é seguramente sustentado pelo efeito sinérgico de diversificados fatores (HAYES et al., 2010). Entre essas causas a alteração ou perda de habitat apresenta forte efeito nesse resultado. Nessa seara o desflorestamento afeta, especialmente as espécies que retêm intrincada dependência de ambientes florestados (TOCHER et al., 1997). Essa alteração, de forma abrangente tem potencial para extinguir localmente espécies mais restritas e favorece que espécies menos sensíveis e que habitam locais abertos possam invadir os territórios que anteriormente eram ocupados por especialistas florestais (HADDAD, 1997).

Uma das estratégias de conservação que podem ser adotadas para manutenção dessas espécies presumivelmente é a proteção de florestas nativas, sobretudo nas margens dos riachos e nascentes e assim permitir que a fauna associada nesses ambientes tenha continuidade. No Brasil o código florestal (BRASIL, 2012) é a legislação específica que trata da proteção ambiental de áreas do entorno de recursos hídricos. No entanto essa legislação trouxe alterações que podem constituir uma grande ameaça à conservação dos anfíbios e biodiversidade de modo geral (METZGER et al., 2010). Em destaque aos anfíbios que foram o tema dessa tese, com a anistia proporcionada pelo novo código florestal, que são residentes específicas de pequenos riachos localizados no interior de áreas florestadas de mata atlântica, tornaram-se ainda menos protegidos.

*Boana curupi*, é uma espécie de tamanho médio pertencente à família Hylidae, os machos vocalizam empoleirados sobre a vegetação marginal de riachos bem preservados de Mata Atlântica, do crepúsculo até várias horas após o anoitecer, (GARCIA et al., 2007). As desovas são depositadas em aglomerados, podendo conter mais de 200 ovos com um polo animal escuro, cobertos individualmente por uma capsula gelatinosa, que os adere em vegetação pouco submersa, impedindo sua dispersão pelo curso hídrico.

*Crossodactylus schmidtii*, pertence à família Hylodidae, os machos apresentam atividade de vocalização predominantemente diurna, (CALDART et al., 2016), vocalizando principalmente sobre as rochas presentes nos riachos, nesses locais podem escapar de predadores pelo fácil acesso à água e a pequenas câmaras subaquáticas. (CALDART et al., 2010). Essa espécie utiliza essas câmaras também para alojar as desovas (HADDAD; PRADO, 2005).

Ambas espécies habitam a Mata Atlântica e enfrentam problemas em sua conservação, *Boana curupi* é considerada: Vulnerável (VU) na Lista Oficial da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção (ICMBio, 2018), e na lista de espécies ameaçadas do Rio Grande do Sul, Decreto nº 51.797 de setembro de 2014 (GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2014), está classificada como: Em Perigo (EN). *Crossodactylus schmidtii* também enfrenta ameaças e está categorizado como: Em Perigo (EN) para o Rio Grande do Sul e quase ameaçado (NT) em nível global (SEGALLA et al., 2004).

## 1.7 BRASIL, SUAS FLORESTAS E AS LEIS QUE AS DEVERIAM PROTEGER

Áreas cobertas por florestas são um importante indicador da condição ambiental. Na América do Sul, está situada a maior concentração de floresta tropical do mundo, somente na região amazônica são 885 milhões de hectares, nas áreas extra-amazônicas desde a costa do Pacífico da Colômbia e Equador, e na costa do Atlântico exclusivamente no Brasil são mais 85 milhões de hectares. Esses resultados colocam o Brasil como o país que detém a segunda maior área florestada do mundo (FAO, 2015).

A legislação do País, desde o período colonial objetivou manter nas propriedades rurais um percentual da vegetação natural, com a motivação de reserva, para uso próximo, sobretudo na aplicação naval, visto que essa atividade era de interesse do império. No período colonial o Brasil também enfrentou um de seus primeiros problemas ambientais oriundos da deflorestação. A Floresta da Tijuca no Rio de Janeiro havia sido devastada para extração de lenha e posterior plantio de café. E com a degradação das nascentes dos rios, ocorreram

situações de escassez de água na então capital do império. Esse fato motivou Dom Pedro II a desapropriar diversas propriedades e sob a liderança do Major Manoel Gomes Archer, entre 1862 a 1874, e sob o comando de Luís Henrique Robert d'Escragnolle entre 1875 e 1888 reflorestaram a área com espécies nativas. Estima-se que entre 90 e 100 mil árvores tenham sido plantadas no local, o que torna a Floresta da Tijuca a primeira da história nacional a receber um projeto de reflorestamento (CARDIA, 2017).

Nosso primeiro código florestal, foi instituído pelo Decreto 23.793, de 23 de janeiro de 1934. A década de 1930 foi caracterizada por profundas mudanças nas estruturas política, social e econômica do País. A Revolução de 30 deu início ao processo de transição de um Brasil predominantemente rural para um Brasil com incipiente modernização. A chegada do governo provisório de Getúlio Dornelles Vargas representou a implementação de mudanças políticas que objetivaram a modernização do país e sua inserção no mercado internacional. Nesse período, houve a intensificação dos processos de industrialização e urbanização do sudeste brasileiro. É nesse contexto de construção de um novo projeto político que foram criados os instrumentos legais que normatizaram a criação de áreas protegidas (XAVIER, 2019).

Nesse decreto ficou definido a concepção de floresta protegida e medidas que serviriam para sua proteção. Essa legislação, foi influenciada em virtude da grande deflorestação resultante da expansão sem controle por parte dos governos dos cultivos de café e cana de açúcar. Essa atividade afastava das cidades a lenha e onerava seu custo final, sobretudo pelo transporte, gerando grande descontentamento popular. Dessa forma um dos objetivos era regular a extração de produtos florestais, que visava impedir os efeitos políticos negativos causados pelo aumento do preço ou a falta de lenha. Nessa legislação o conceito de Áreas de Preservação Permanente (APP) ainda não existia, porém era proibido nas propriedades rurais a retirada de mais de 75% da cobertura florestal natural, melhor dizendo, retirava a autoridade absoluta dos proprietários de terra sobre seus imóveis (GARCIA, 2012).

Em 15 de setembro de 1965, Humberto de Alencar Castello Branco, então presidente do Brasil, publicou a Lei nº 4.771/65 (BRASIL, 1965), nosso segundo código florestal, o primeiro por força legal, submetida ao processo legislativo, o anterior era decreto. Essa lei retrata uma nova fase política do Brasil, com um sistema intervencionista do Estado sobre os imóveis rurais, qualificando as florestas e demais tipos vegetacionais como bens de interesse comum de todos. Nesse código tratou-se de cuidar da conservação de recursos hídricos, pela presença da mata ciliar e áreas de risco, como encostas íngremes e dunas, e o termo APP, foi utilizado pela primeira vez. Mais um avanço considerável, foi o estabelecimento da Reserva

Legal (RL), nas propriedades rurais em acordo com o Bioma em que estão inseridas. O estabelecimento da RL, e APP em áreas urbanas, foi regulamentado na Lei 7.802 de 18 de julho de 1989 (BRASIL, 1989). Reserva legal almeja garantir a preservação da biodiversidade local e o uso sustentável de recursos naturais e para propriedades rurais localizadas na Amazônia Legal, devem ser mantidas 80% de sua área natural, no Cerrado 35% e demais regiões e biomas do país: 20%. Ressalta-se que o cálculo de reserva legal excetua APP que tem como função, preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas, Lei 4771/65 (BRASIL, 1965).

Apesar de ser uma lei de proteção florestal considerada avançada, a legislação havia sido alterada diversas vezes por decretos e medidas provisórias, que desde o final dos anos 90, houve o início da pressão para que o código florestal vigente, fosse atualizado. O principal argumento para a alteração foi em prol da economia e sustentabilidade de propriedades rurais (TOLEDO et al., 2010). No dia 19 de outubro de 1999, foi proposto o Projeto de Lei (PL) n° 1.876/99 de autoria do deputado, Sérgio Carvalho, do estado de Roraima, sendo anunciado como uma possibilidade de harmonização entre conservação do meio ambiente e uso do solo, e tendo como objetivo revogar o código florestal assegurado pela, Lei 4771/65 (BRASIL, 1965).

Porém antes mesmo de sua aprovação o PL foi questionado o fato deste não ter base científica e não conseguir compatibilizar proteção a biodiversidade e produção rural (METZGER, 2010). Diversos estudos indicavam que a redução da vegetação nativa tanto nas APP's quanto nas RL's, se traduziria na perda de espécies, homogeneização faunística e diminuição de biomassa de peixes habitantes desses locais (CASATTI, 2010). No que se referia aos anfíbios, foi relatado que o número de espécies de anfíbios que ocupam riachos de Mata Atlântica (para reprodução e, conseqüentemente, sobrevivência) é inversamente proporcional à largura do riacho, e as espécies que utilizam riachos não ocupam rios de maior ordem, dependendo totalmente do microclima desses habitats. Sendo a faixa prioritária para conservação de anfíbios de ambientes lóticos a de menor proteção na nova legislação (TOLEDO et al., 2010). A perda de habitat que poderia acontecer também foi associada a redução de répteis, associados a morros e modificações do código antigo prejudicaria a manutenção da diversidade da reptilofauna (MARQUES et al., 2010). A avifauna também foi apontada como vulnerável e impactos negativos para as espécies de aves, também traria problemas para a agricultura, visto que esse grupo age como predador de pragas agrícolas (DEVELEY; PONGILUPPI, 2010). E tratando-se dos mamíferos o Bioma mais impactado

seria a Mata Atlântica, devido ao fato de grande parte da biodiversidade de mamíferos da Mata Atlântica habitar áreas privadas, especialmente protegidas na forma de RL's, APP's, e sua redução prejudicaria as populações de mamíferos (GALETTI et al., 2010).

Mesmo com todos essas opiniões científicas contrárias e grande pressão popular contrária ao PL, nº 1.876/99, no dia 25 de maio de 2012, a então presidente Dilma Rouseff, sancionou a Lei 12.651/12 (BRASIL, 2012), e estabeleceu um novo código florestal ao País. Alguns meses mais tarde, no dia 17 de outubro de 2012, foi aprovada a Lei 12.727/12 (BRASIL, 2012), essa gerou grande debate pois foi entendida como uma anistia aos desmatadores. Essa lei estabeleceu que as áreas que haviam sido desmatadas antes do dia 22 de julho de 2008, eram áreas consolidadas. E assim poderiam ser recuperadas de acordo com o tamanho da propriedade rural, convertidos em módulos fiscais, estabelecidos em hectares e variando bastante dependendo da região do Brasil. Essa legislação beneficiou sobretudo quem não estava regular perante o antigo código florestal de 1965, reduzindo bastante a RL's e APP's da maior parte das propriedades rurais do Brasil.

## 1.8 PERSPECTIVAS DE UM FUTURO BOM

A definição de desenvolvimento sustentável é composta por três características: sustentabilidade econômica, ecológica e social, que almejam a distribuição dos recursos entre as gerações presentes e futuras. Não se deve usar o termo levando em consideração apenas aspectos ecológicos, pois as três características são necessárias para avaliarmos algo como “sustentável” (COSTANZA; PATTEN, 1995). Após a divulgação do relatório Brundtland, intitulado “Nosso Futuro Comum”, pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas (WCED, 1987), o termo sustentabilidade ecológica começou a ser relacionado às questões econômicas e sociais, não somente na forma localizada, mas também globalizada. Ascendeu também a preocupação social com a sustentabilidade e sobre como encontrar alternativas de produção e consumo para manter as condições favoráveis das futuras gerações (JACOBI, 2003).

A integração das dimensões econômica, social e ambiental é um assunto debatido frequentemente e as organizações mundiais são cobradas com o propósito de prestar atendimento de forma equilibrada às pessoas, ao planeta e ao lucro. Assim, a sustentabilidade pode ser compreendida como uma referência de que negócios precisam ser modelados não somente do ponto de vista financeiro, mas também considerando aspectos sociais e ambientais (ELKINGTON, 1999).

Isso também é uma realidade nas propriedades rurais, pois a sociedade cobra dos produtores a manutenção das florestas restantes e isso faz com que os sistemas de produção agrícolas, que não adotam práticas coerentes com a sustentabilidade dos agroecossistemas, tendam a perder a preferência do mercado consumidor, ou tenham sua imagem maculada. Desta forma, esse mercado torna-se cada vez mais exigente quanto às formas de gestão da produção rural e seus produtos (OKUYAMA et al., 2012).

É também crescente a preocupação das pessoas com questões ambientais, de alimentação saudável, políticas públicas, preços justos para produtos, desenvolvimento de países pobres, desenvolvimento econômico, economias solidárias e para uma melhor qualidade de vida, mesmo frente aos novos padrões de consumo, que são influenciados por movimentos de globalização da comida e da grande facilidade e disponibilidade de aquisição dos alimentos industrializados. Assim alimentos in natura, quando oferecidos diretamente pelos produtores, e nos quais os consumidores conheçam os mecanismos produtivos, são associados aos conceitos de produtos artesanais e reconhecidos como verdadeiros alimentos de qualidade ímpar e de valor agregado.

O poder público, através das normas legislativas, impõe restrições no uso completo das áreas das propriedades rurais. A Lei 12.651/12, (BRASIL, 2012) deixa claro que é necessário conciliar temas ambientais, tais como, recursos hídricos e biodiversidade na produção rural, impondo em caso de não observância, a aplicação de pesadas autuações. Mas precisamos de alternativas com soluções econômicas, sobretudo para pequenas propriedades de posse familiar. Nesse aspecto, governantes e a sociedade são omissos, pois é cobrado que as propriedades mantenham percentuais sem uso (áreas que mesmo assim são tributadas), mas sem estratégias de orientação às propriedades pequenas ou posses familiares quanto à adequação de suas áreas às legislações que conservam remanescentes de floresta nativa. Ao produtor cabe o ônus da conservação da natureza em suas propriedades e a sociedade como um todo se beneficia dos serviços ambientais que ali são gerados, o que não é algo palpável no mercado de capital atual.

Existem diversos serviços prestados pela natureza que são vitais para a sobrevivência dos seres vivos e que ainda não tiveram o devido valor reconhecido por parte da sociedade. Assim, surgiu a proposta de um Pagamento por Serviço Ambiental (PSA). Essa perspectiva acontece num contexto mundial por meio de projetos de diferentes atuações nos quais objetivam ações para permitir o uso sustentável dos recursos naturais (KAWAICHI; MIRANDA, 2008). No Brasil, no dia 10 de fevereiro de 2015, foi apresentado o Projeto de Lei (PL), 312/2015, de autoria do deputado Rubens Bueno do PR. Esse PL institui a Política

Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA). O referido projeto encontra-se na data atual de 27 de abril de 2020, aguardando apreciação pelo Senado Federal em regime de tramitação de urgência. O projeto prevê que o PSA ocorrerá por meio de remuneração monetária ou por melhorias sociais à comunidade. Também foi criada a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais, que dentre outras demandas, será responsável por disciplinar a atuação do Poder Público, das organizações da sociedade civil e dos agentes privados, para a conservação da biodiversidade (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2020).

O desenvolvimento sustentável rural é o grande desafio para os municípios que incorporam pequenas propriedades, sobretudo para os que mantêm unidades de conservação, visto que, além das legislações ambientais, esses têm ainda que cumprir com os objetivos dos planos de manejo das UC's. Produtores dessas áreas não tem interesse em ficar com suas propriedades à margem das leis ambientais, mas, necessitam de auxílio para execução da regularização e de alternativas para manutenção de suas propriedades.

#### 1.9 O QUE NOS MOTIVA A TRAZER UM PAGAMENTO POR SERVIÇO AMBIENTAL COMO POSSIBILIDADE DE UM FUTURO BOM?

Como já levantado pela Avaliação Ecosistêmica do Milênio, (MEA, 2005) a humanidade sempre, se beneficiou diretamente dos serviços prestados pela natureza. Nestas “comodidades concedidas” estão incorporados, desde a regulação dos climas da Terra, incluindo a qualidade do ar, da água e fertilidade do solo. Os serviços culturais, relacionados com o contato direto com paisagens da natureza, que com sua beleza cênica, contribuem com a cultura e relações sociais. Adiciona-se ainda os serviços de provisão, que são a totalidade dos alimentos que nossa espécie consome.

Esses serviços são fornecidos em todos biomas da Terra, gratuitamente sem nenhum custo financeiro associado. Por essa razão, existe uma grande dificuldade em se dar valor nessa prestação da natureza. Certamente tal dificuldade na estipulação de valores, é oriunda da falta de respostas que se tem, de quanto podemos interferir nos ecossistemas para produzir bens e serviços, e quanto obrigatoriamente, deve ser mantido para que os serviços ecossistêmicos não sejam afetados (FARLEY, 2008). Essas alterações sobre os ecossistemas, sempre objetivam aumentar o bem-estar da nossa espécie, mas invariavelmente são prejudiciais para flora e fauna nativas, podendo também afetar a saúde humana (LEEMANS, 2005). Porém é de conhecimento de todos que intervenções nesses habitats podem reduzir a eficiência da oferta desses serviços.



O Bioma Mata Atlântica é formado por um conjunto de ecossistemas, com formações vegetacionais distintas, oriundas das variações de solo, relevo, altitude e condições climáticas (TABARELLI et al., 2005). É um dos Biomas mais afetados pela ação humana, e certamente o bioma Brasileiro mais degradado pela urbanização (MYERS et al., 2000). Toda essa destruição trará no futuro grandes distúrbios na manutenção dos serviços ambientais desse Bioma, o que pode causar graves consequências ao provimento de serviços ambientais. Neste bioma existem áreas em que é imprescindível e obrigatório a conservação, como as matas ciliares, de nascentes e riachos, das quais a necessidade de conservação é incontestável e tema central desta tese.

Conciliar conservação e uso do ambiente para exploração econômica, nunca é algo que denota facilidade, e estabelecer estratégias para essa conciliação é desafiador em todos lugares do mundo. Em nosso País, nem sempre se cumpre a legislação ambiental e isso potencializa o problema. Diante disso, uma alternativa técnica viável, com perspectiva de preservação e manutenção econômica foi o surgimento do Pagamento de Serviço Ambiental (PSA). Esses pagamentos fazem parte de um instrumento econômico de adesão voluntária que estimula atividades de preservação e recomposição do meio ambiente, primando por recompensas financeiras, evitando punições (WUNDER, 2005).

Um programa de PSA, para ser viável precisa ter bem estabelecido o serviço ambiental que será ofertado e os benefícios que serão “vendidos”. Esses serviços são relacionados, aos ecossistemas, que são os verdadeiros produtores e quando preservados oferecem os serviços em forma de fluxo contínuo, para sociedade (ROJAS; AYLWARD, 2003).

Entre os serviços, as classificações podem envolver quatro classes principais, como: Sequestro e armazenamento de carbono; Proteção da biodiversidade; Proteção de bacias hidrográficas e beleza cênica da paisagem. Já os benefícios contemplam a manutenção do clima, conservação de espécies em risco de extinção, disponibilidade de água em qualidade e quantidade e manutenção da paisagem natural (WUNDER, 2005). Tratando-se de biodiversidade e água, os benefícios tornam-se mais satisfatoriamente promovidos.

PSA's no mundo já são utilizados especialmente para conservação de bacias hidrográficas e um dos mais conhecidos é do estado de New York – EUA. A bacia hidrográfica que abastece a cidade de Nova York possui aproximadamente 5.000 km<sup>2</sup>. Em 1993, a Agência de Proteção Ambiental ameaçou exigir que a cidade investisse em um sistema de filtragem de água com custo inicial de 6 bilhões de dólares, para garantir água de qualidade. Em 1994 foi lançado um programa de parceria e proteção de bacias hidrográficas, que pagava os proprietários de terras da bacia para introduzir práticas que conservaram

florestas, solo e recursos hídricos superficiais. No final de 1999, quase 500 propriedades rurais já estavam protegidas ou restauradas com um custo de 1,4 bilhões de dólares. Esse PSA, reduziu o valor dos custos em tratamentos de água, melhorou a qualidade e quantidade de água disponível e ainda salvou muitas propriedades rurais da falência (LANDELL-MILLS; PORRAS, 2002).

No Brasil, PSA's são incipientes e pouco conhecidos, porém devem ganhar destaque após a aprovação do PL 312/2015 (BRASIL, 2015). Esse instrumento econômico de pagamento por serviços ambientais, permite conciliar duas atividades que eram antagônicas, sendo previstos na Lei 12.651/2012 (BRASIL, 2012). Também tem projeção na Lei 12.727/2012 (BRASIL, 2012), que no artigo 41 determina que o pagamento ou incentivo a serviços ambientais serão prioritariamente destinados aos agricultores familiares. Apesar do respaldo legal um PSA depende ainda de regulamentação específica.

O PL 312/2015 (BRASIL, 2015), traz no seu texto conceitos básicos, conceituando um PSA, e o regulamentando como uma transação contratual mediante a qual um pagador, beneficiário ou usuário de serviços ambientais transfere a um provedor desses serviços, recursos financeiros ou outra forma de remuneração, nas condições acordadas, respeitadas as disposições legais e regulamentares pertinentes. O pagador dos serviços ambientais é qualificado como: Poder Público ou agente privado situado na condição de beneficiário ou usuário de serviços ambientais, em nome próprio ou de uma coletividade. E o provedor de serviços ambientais é a pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, grupo familiar ou comunitário que, preenchidos os critérios de elegibilidade, mantém, recupera ou melhora as condições ambientais de ecossistemas, que prestam os serviços ambientais.

A aprovação não eliminará os vários desafios de ordens técnicas e financeiras, muito menos institucional, para que os PSA's ganhem escala no Brasil e na Mata Atlântica, mas é um excelente caminho para isso. No quesito principal de um PSA está centrado, onde deve-se atuar prioritariamente. Essa preocupação discorre do fato que recursos econômicos são bastantes limitados, e em situações de limitação deve-se concentrar os esforços nos ecossistemas que a interferência trará os maiores benefícios (ORSI et al., 2011). De acordo com o PL que instituirá a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA), o pagamento poderá ocorrer por meio de remuneração monetária ou por melhorias sociais à comunidade em que está inserido.

Um PSA, como benefício direto desta tese é perfeitamente viável, porém ressalva-se por um parágrafo único do PL 312/2015 (BRASIL, 2015) que veta um PSA por meio de remuneração monetária com recursos públicos, em Área de Preservação Permanente e

Reserva Legal, nos termos da legislação florestal, exceto em áreas consideradas críticas para o abastecimento público de água. Nesse entendimento na área de estudo, outros recursos devem ser buscados, especialmente privados, e/ou outras áreas, além das APP's e RL's devem ser objetivadas.

## 1.10 ÁREA DO ESTUDO

O trabalho foi desenvolvido no Parque Estadual do Turvo (PET), uma Unidade de Conservação (UC) de proteção integral, situada no município de Derrubadas, noroeste do Rio Grande do Sul, Brasil. O PET possui uma área de 17.491,40 ha, circundada por cultivos agrícolas, fazendo divisa com o estado de Santa Catarina e a província Argentina de Misiones (SEMA, 2005). A UC está inserida nos domínios do Bioma Mata Atlântica, caracterizado pela elevada riqueza e endemismo de espécies, sendo considerado um dos 34 “*hotspots*” de biodiversidade mundiais (MYERS et al., 2000). A floresta do local é classificada como floresta estacional decidual (IBGE, 2012), com clima subtropical (CFA), verões quentes (temperatura superior a 22 °C) e chuvas constantes (pluviosidade acumulada do mês mais seco = 30 mm (KOTTEK et al., 2006).

Neste estudo, acompanhamos na UC um ciclo inteiro de produção de soja, desde o preparo do solo até a colheita final. Da mesma forma, quantificamos os agrotóxicos que adentravam no PET no decorrer do ciclo de cultivo. No sul do Brasil, esse tipo de cultivo já demonstrou ter grande influência na poluição de corpos hídricos, sobretudo por herbicidas (DELLA-FLORA et al., 2019).

A área de estudo, apesar de ser uma unidade de conservação de proteção integral, tem em seu entorno áreas não protegidas (ainda que tenham proteção pela legislação ambiental, porém não integralmente cumprida), com intensa exploração agrícola e uso de agrotóxicos. Nessas áreas propomos também o segundo capítulo da tese.

## 1.11 OBJETIVOS

### 1.11.1 Objetivo Geral

A presente tese teve como objetivo avaliar o efeito do desmatamento de matas ciliares sobre parâmetros abióticos, populacionais e citológicos potencialmente relacionados ao

declínio de anfíbios, auxiliando no estabelecimento de estratégias de conservação baseadas em conceitos de agricultura sustentável.

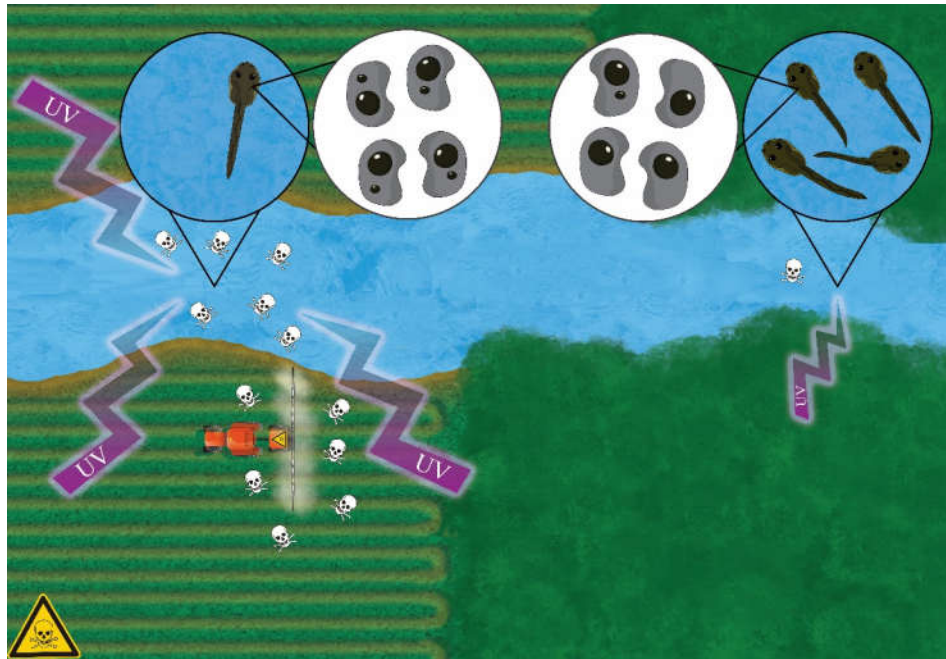
### **1.11.2 Objetivo do primeiro artigo**

Avaliar a ação conjunta de agrotóxicos e radiação UVA e UVB na redução das populações de anfíbios, a partir de avaliações de densidade populacional e frequência de danos cromossômicos em duas espécies de anfíbios especialistas de florestas. Observamos a ação desses dois agentes nas larvas de duas espécies de anfíbios, *Boana curupi* e *Crossodactylus schmidtii*, que ocorrem simpatricamente em riachos de pequena ordem no bioma Mata Atlântica no sul do Brasil.

### **1.11.3 Objetivo do segundo artigo**

Estabelecer um programa que propicia aos produtores rurais um maior engajamento em questões de sustentabilidade, valorizando a imagem da agricultura familiar perante os consumidores diretos de seus produtos, desenvolvendo novos produtos que serão gradativamente oferecidos à população, tais como ecoturismo, turismo rural e um pagamento por serviços ambientais nas propriedades.

## 2 ARTIGO 1



**Preserved riparian forest protects endangered forest-specialists amphibian species against the genotoxic impact of sunlight and agrochemicals**

**Preserved riparian forest protects endangered forest-specialists amphibian species against the genotoxic impact of sunlight and agrochemicals**

Marcelo Carvalho da Rocha<sup>a</sup>, Maurício Beux dos Santos<sup>b</sup>, Renato Zanella<sup>c</sup>,  
Osmar Damian Prestes<sup>c</sup>, Alberto Senra Gonçalves<sup>d</sup>, André Passaglia Schuch<sup>a, b</sup>,

<sup>a</sup> Federal University of Santa Maria, Post-Graduation Program in Animal Biodiversity, Santa Maria, RS, Brazil

<sup>b</sup> Federal University of Santa Maria, Post-Graduation Program in Biological Sciences: Toxicological Biochemistry, Santa Maria, RS, Brazil

<sup>c</sup> Federal University of Santa Maria, Laboratory of Analysis of Pesticide Residues, Santa Maria, RS, Brazil

<sup>d</sup> Southern Regional Space Research Center, CRS/INPE-MCTIC, Santa Maria, RS, Brazil

<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108746>

Received 27 November 2019; Received in revised form 18 April 2020; Accepted 27 July 2020. *Biological Conservation* 249 (2020) 108746 0006-3207

## ABSTRACT

Although agrochemicals and solar ultraviolet (UV) radiation are both environmental stressors currently associated with amphibian decline, little is known about their interactive effects on amphibian larvae. One potential hazardous consequence of this interaction could be the increase of chromosomal damage and induction of cell death, which culminate in tadpole mortality. In this study, the preservation level of the riparian forest of four different streams located at the Atlantic Forest in southern Brazil was evaluated through satellite imagery analysis. The incidence of solar UVB and UVA radiation were measured with a radiometer in the amphibian breeding sites, and the presence of agrochemicals in the water was quantified through liquid chromatography coupled in tandem to mass spectrometry. Tadpole population density of two endangered forest-specialist amphibian species (*Boana curupi* and *Crossodactylus schmidtii*) was evaluated in each stream, and the chromosomal damage of the collected larvae was determined through cytogenetic analysis of blood samples. The results clearly indicate that the preservation of riparian forest efficiently blocks the incidence of UV radiation upon the water surface and reduce by 2.7-fold the entry of agrochemicals from adjacent agricultural crops. Tadpoles collected in streams with preserved and continuous riparian forest presented a significantly lower amount of micronuclei, as well as higher population density in comparison to tadpoles collected in streams located in converted agricultural landscape. Therefore, this study demonstrates that the preservation of the riparian forest has paramount importance in reducing the impact of environmental genotoxic agents into lotic breeding sites used by forest-specialist amphibian species.

Keywords: Amphibian decline; DNA damage; Pesticides; UV radiation; Deforestation

## 1. Introduction

Although the Brazilian Atlantic Forest owns one of the highest concentrations of the Earth's biodiversity, it is among the most threatened ecosystems by anthropic actions in the world (Myers et al., 2000). Human activities such as logging, urbanization, and the increase of agriculture and livestock, have changed ecosystems to an unprecedented extent, making

scarce the existence of unaltered natural landscapes (Kareiva et al., 2007; Köhler and Triebkorn, 2013). Among these activities, agriculture promotes faster deforestation, leading to direct consequences including landscape changes, biodiversity loss and pollution of aquatic environments with agrochemicals (Mooney et al., 2005). The Brazilian Atlantic Forest has already lost 88% of its original area (Scarano and Ceotto, 2015), and it is suggested that approximately 30% of endemic anuran species are facing decline due to the suppression or change of the native forest (Eterovick et al., 2005). Furthermore, the intensive increase of agricultural and livestock activities often do not respect the Brazilian forestry code (Law number 12.651, 2012) regarding the maintenance of the width of the riparian forests. Hence, the frequent practice of this environmental crime causes channel narrowing, reducing the total amount of stream habitat and ecosystem per unit channel length, and compromises in-stream processing of pollutants (Sweeney et al., 2004).

Another particular consequence of deforestation is the increase of solar UV radiation incidence inside the forest environment, which negatively impacts organisms with complex life cycles and naturally protected from the exposure to UV radiation, as is the case of forest-specialist amphibian species (Häder et al., 2011; Lipinski et al., 2016).



Fig. 1. Map of the study area. A. The South America continent. B. The Rio Grande do Sul state, Brazil. C. The area of the Turvo State Park (TSP). The streams A, B, C and D are indicated. BE, CE and DE (black lines) indicates the external areas of the streams located inside the agricultural landscape; BI, CI and DI (yellow lines) indicates the internal areas of the streams located inside the forest landscape. (For interpretation of the references to color in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

At the cellular level, both ultraviolet B (UVB; 280–315 nm) and ultraviolet A (UVA; 315–400 nm) radiation are capable of inducing damage in DNA, proteins and lipids via direct absorption of UV photons or through production of reactive oxygen species (ROS) (Schuch et al., 2017). The most relevant deleterious effects of solar UV radiation are mediated by DNA damage, since DNA is the primary target of this type of radiation in living cells (Schuch et al., 2017). The toxicity of UVB-induced DNA lesions is more detrimental than that induced by UVA because UVB causes a higher number of distortive DNA lesions, known as pyrimidine dimers. Cyclobutane pyrimidine dimers (CPDs) represent about 80–90% of these products, while pyrimidine-pyrimidone (6–4) photoproducts (6-4PPs) represent about 10–20%. Both types of lesions compromise DNA metabolism, blocking DNA replication and transcription and, ultimately, leading to cell death or mutations (Londero et al., 2019).

Agrochemicals are regularly used to control damaging crop organisms and increase crop productivity. With the advent of pesticide-resistant crops and a growing human population, the use of agrochemicals is predicted to increase globally (Tilman et al., 2002). It is known that agrochemicals exposure has harmful impacts on amphibians. Exposure of embryos and tadpoles to pesticides induces developmental delay, deformities, mortality and other sublethal effects (Mann et al., 2009; Brühl et al., 2011; Baker et al., 2013; Adelizzi et al., 2019). Even low concentrations of agrochemicals, when combined with other environmental stressors (e.g., UV radiation), are expected to cause reduction of local species, including those that are not the intended target of these substances (Relyea and Diecks, 2008). Recent studies have demonstrated that the combined exposure to pesticides and UVB radiation has additive adverse effects to amphibians. Interestingly, coexposure of UVB and endosulfan or  $\alpha$ -cypermethrin reduce the expression of the some key genes of the Nucleotide Excision Repair (NER) pathway, such as XPA, which has an important role in the removal of the pyrimidine dimers induced by UV radiation, resulting in increased levels of CPD in the genome of these organisms (Yu et al., 2014). Furthermore, the combination of UVB exposure with malathion, endosulfan, chlorothalonil, or  $\alpha$ -cypermethrin can also cause additive effects on larval mortality, as well as alteration on the axial development, and induction of malformation (Yu et al., 2015).

A feasible assay to evaluate the genotoxic impact of environmental agents is the micronucleus test (MN), which has been widely used in ecotoxicology researches focused on aquatic organisms, such as amphibians (Bosch et al., 2011; Cabagna et al., 2006; Feng et al., 2004; Vera et al., 2010; Schuch et al., 2015; Londero et al., 2017). Micronuclei are chromosome fragments or whole chromosomes that lag behind at anaphase during nuclear



division in cells of any actively dividing tissue (Fenech, 2007). Thus, considering that the increasing frequency of MN is a biomarker of the genotoxic effect at the cellular level and a response of chromosomal damage, the evaluation of MN frequency in peripheral blood of the anuran tadpole is of key importance to investigate the effects of genotoxic environmental agents such as UV radiation and agrochemicals.

As the primary objectives of this study we firstly evaluated how the suppression of continuous riparian forest, due to deforestation, influences the amount of agrochemicals detected in stream water, alters its physicochemical parameters, and increase the incidence of solar UVB and UVA radiation upon water surface. Secondly, we analyzed the relationship between these data with tadpole density and chromosomal damage of two endangered forest-specialist amphibian species (*Boana curupi*, Garcia, Faivovich & Haddad, 2007; and *Crossodactylus schmidtii*, Gallardo, 1961) collected in four streams presenting different levels of riparian forest preservation. We hypothesized that the streams with preserved and continuous riparian forest would have higher tadpole abundance with lower chromosomal damage in comparison to the deforested ones that are located at agricultural landscape.

## **2. Material and methods**

### **2.1. Study area and evaluation of riparian forest conservation**

The study was carried out at the Turvo State Park (TSP), (27°13'57.58"S, 53°51'04.58"O, 120–436 m a.s.l.), a 17,491 ha conservation unit (CU) located in the municipality of Derrubadas, southern Brazil. The forest phytophysiology is classified as Atlantic subtropical seasonal semi-deciduous, the same type of forest found in northeastern Argentina and western Paraguay (Oliveira-Filho et al., 2013). TSP is considered an important CU because it is the last large preserved area of this type of forest in southern Brazil. The landscape matrix surrounding the TSP is composed by agricultural cultivation, mainly soybean crops (*Glycine max* (L.) Merrill), corn crops (*Zea mays* L.), pastures, or mixed crops (personal observation); in all cases there is no buffer zone between the crops and the forest border. The average annual temperature is between 18 and 20 °C, with an average annual precipitation between 1900 and 2200 mm, fitting into the Cfa of hot summer climatic classification (Alvares et al., 2013).

Four streams were selected for this study based on the conservation level of the riparian forest (Fig. 1). The stream A is the most preserved of all, since it is completely

inserted into the TSP area. On the other hand, the springheads of the streams B, C, and D are located into the agricultural cultivation matrix, outside the TSP (external areas of these streams are indicated as BE, CE and DE; internal areas are indicated as BI, CI, and DI). The preservation level of the riparian forest of stream B is almost completely in agreement with the Brazilian forestry code (Law number 12.651, 2012); this law determines the minimum width of the riparian forest that must be preserved along the stream. For all the streams sampled in this work, 30 m of forest should be preserved on each side along the stream. On the other hand, the width of the riparian forest in the streams C and D are not in accordance with the law; the stream D is the one that presents the highest level of deforestation. The conservation level of the riparian forest of each stream was evaluated through the use of satellite images obtained in May 2017 from the LANDSAT-8/OLI satellite (United States Geological Survey, USA). The images were analyzed through the use of the ArcGis 10.1 software (Esri, USA) in order to determine the area corresponding the 30 m of riparian forest that should be preserved along both sides of each stream, inside and outside TSP (Fig. S1).

## 2.2. Water analyses, incidence of solar UVB and UVA radiation, and evaluation of forest canopy cover

Water sampling was performed in each stream twice a month (approximately every 15 days), during six months (November 2016 through April 2017), in order to monitor a complete cycle of agricultural cultivation at this latitude. The water samples were collected downstream at the most distant point from the springheads, inside the TSP area, and kept in dark glass cooled for up to 24 h. A multiclass determination of 70 pesticides residues was performed using solid phase extraction (SPE) with polymeric sorbent, and by gas and liquid chromatography coupled in tandem to mass spectrometry (GC-MS/MS and LC-MS/MS), as demonstrated by Donato et al. (2015). The physico-chemical parameters of the water of each stream [temperature (°C), pH, turbidity (Nephelometric Turbidity Units – NTU), dissolved oxygen (mg/L), and total dissolved solids (g/L)] were measured with a water-quality multiparameter probe (Horiba®, model U-52, Japan). This multiparameter probe checks the quality of the water through an integrated control unit, a cable and multisensors. It also has an integrated GPS that facilitates environmental analysis in streams, rivers and lakes.

The daily-solar UVB and UVA radiation doses were measured in each stream on summer, cloudless days in January 2017, between 06:00 AM and 08:00 PM, with a portable

radiometer (EKO® UV Monitor, model MS-211-1, Japan) in the most internal (BI, CI, and DI) and external (BE, CE, and DE) tadpole sampling points of the streams B, C and D. However, considering that the stream A is completely located inside TSP, the measurements of solar UVB and UVA radiation were performed exactly in the middle of this stream. Furthermore, to estimate the efficacy of the forest canopy cover in blocking solar UV radiation incidence, photographs were taken in each site of solar UV measurement with the camera aligned at the water level and the lens directed to the sky. The obtained images were analyzed with the software Gap Light Analyzer-GLA 2.0 (Frazer et al., 1999), and the areas representing the sky and the vegetation were used for the determination of the percentage (%) of canopy cover (Pilau and Angelocci, 2015) (Fig. S2).

### 2.3. Tadpole sampling

A total of 12 expeditions for tadpole collection were carried out bimonthly in each stream between November 2016 and April 2017. Firstly, fixed sampling points of 4 m<sup>2</sup> were established every 50 m in each stream. Each point was sampled for 5 min with nets, downstream to upstream. The same number of sampling points was established in the stream areas located outside (external areas; BE, CE, and DE) and inside (internal areas; BI, CI, and DI) TSP, except for the stream A, which has its whole extension located inside the TSP. Then, we calculated the tadpole population density by dividing the number of collected individuals by the total size of the sampled area (m<sup>2</sup>), in order to avoid discrepancies among the stream size and tadpole abundance (Nussbaum and Tait, 1977). The collected larvae were classified between stages 24 and 30 (Gosner, 1960), and immediately euthanized in vials containing 5% lidocaine (Navarro-Lozano et al., 2018).

### 2.4. Chromosomal damage

Micronuclei (MN) frequency was calculated to evaluate the chromosomal damage induced in tadpole populations of each stream (Schuch et al., 2015). Blood samples of 396 larvae were taken through a section in the base of the tadpoles' tails. The slides were prepared by the blood smear technique, later fixed in absolute methyl alcohol, and dried at room temperature *in situ*. In the laboratory, slides were stained with 15% Giemsa dye for 10 min, and analyzed individually by a single researcher on an optical light microscope at 1000-fold

magnification. The MN frequency was determined by counting 1.000 erythrocytes per slide, and expressed as the number of MN per 1.000 erythrocytes. The cells with MN were classified according to the Fenech protocol (2007), as follows: micronuclei are structures with a diameter of up to 25% of the main nucleus, without any connection with the main nucleus, but showing similar color intensity and not refractile when the micrometric of the microscope is activated.

## 2.5. Data analysis

Differences in the values of the physicochemical parameters of water samples among streams were tested using one-way ANOVA. The daily doses of solar UVB and UVA radiation ( $\text{kJ/m}^2$ ) measured in each stream were differentiated by the chi-square test. We used Spearman correlation coefficients to test for correlations between daily UVA and UVB doses and the percentage of canopy cover. The total amount of pesticides and the width of the riparian forest were tested using chi-square test. Densities of tadpoles among the sampled areas were tested using one-way ANOVA. In all cases, alpha was considered significant when  $p < 0.05$  (Zar, 1999). Normality and homoscedasticity were verified by the Kolmogorov-Smirnov and Levene test. The analyses were performed using the software Past 4.02 for Windows. This work was performed by following the authorizations provided by the Information System on Biodiversity of the Brazilian Ministry of the Environmental (authorization number 55078-1/2016), the Environment and Infrastructure Secretary of the State of Rio Grande do Sul, Brazil (authorization number 546/2016), and the Ethics Committee on Animal Use of the Federal University of Santa Maria, Brazil (protocol number 2100110816).

## 3. Results

### 3.1. Physicochemical parameters of the streams

Stream A and the streams sections located inside the forest (BI, CI, and DI) presented lower temperatures ( $A = 19.06 \pm 0.20$ ;  $BI = 19.86 \pm 0.34$ ;  $BE = 16.12 \pm 5.83$ ;  $CI = 21.56 \pm 0.27$ ;  $CE = 16.07 \pm 4.66$ ;  $DI = 21.65 \pm 0.27$ ;  $DE = 18.11 \pm 4.57$ ;  $F_{1,166}=79.599$ ,  $p < 0.001$ ) and are more alkaline ( $A=6.89 \pm 0.08$ ;  $BI = 7.35 \pm 0.19$ ;  $BE = 6.72 \pm 0.09$ ;  $CI = 7.37 \pm 0.05$ ;  $CE = 6.87 \pm 0.31$ ;  $DI = 7.68 \pm 0.04$ ;  $DE = 7.08 \pm 0.12$ ;  $F_{1,166} = 81.509$ ,  $p < 0.001$ ) than

streams sections located outside the forest (BE, CE, and DE). There was no difference in turbidity ( $F_{1,166} = 2.998$ ,  $p = 0.085$ ), dissolved oxygen ( $F_{1,166} = 0.688$ ,  $p = 0.407$ ) or total dissolved solids ( $F_{1,166} = 1.094$ ,  $p = 0.297$ ) among the waters of streams located inside the TSP or at the agricultural landscape. In addition, streams sections located inside forest landscape (BI, CI, and DI) presented higher width ( $F_{1,166} = 124.24$ ,  $p < 0.001$ ) and depth ( $F_{1,166} = 7.722$ ,  $p = 0.006$ ) than streams sections located inside agricultural landscape (BE, CE, and DE) (Table S1).

The chemical analyses of the water samples revealed 28 agrochemicals, which were classified according to their use as herbicides (11), insecticides (9) or fungicides (8) (Table 1).

**Table 1.** Average concentration ( $\mu\text{g} / \text{L}$ ), standard deviation, and maximum concentration (in parenthesis) of pesticides detected in the water from streams (A, B, C, and D) sampled in this work.

Agrochemicals	Stream			
	A	B	C	D
<b>Herbicides</b>				
2,4-Dichlorophenoxyacetic acid	0.025 ± 0.087 (0.300)		0.022 ± 0.075 (0.260)	0.022 ± 0.075 (0.260)
Atrazine <sup>a</sup>		0.017 ± 0.039 (0.100)	0.018 ± 0.041 (0.120)	0.011 ± 0.038 (0.130)
Bispyribac-sodium				0.003 ± 0.009 (0.030)
Cyanazine				0.002 ± 0.006 (0.020)
Clomazone	0.053 ± 0.125 (0.330)	0.033 ± 0.076 (0.200)	0.043 ± 0.107 (0.340)	0.050 ± 0.124 (0.400)
Diuron			0.002 ± 0.006 (0.020)	
Fluazifop-P-butyl			0.002 ± 0.007 (0.025)	
Imazamox			0.011 ± 0.038 (0.130)	
Metsulfuron-methyl			0.003 ± 0.009 (0.030)	0.003 ± 0.009 (0.030)
Quinclorac <sup>a</sup>			0.003 ± 0.012 (0.040)	0.002 ± 0.006 (0.020)
Simazine <sup>a</sup>		0.005 ± 0.017 (0.060)		
<b>Insecticide</b>				
Carbaryl <sup>a</sup>			0.002 ± 0.006 (0.020)	
Carbofuran <sup>a,b</sup>				0.002 ± 0.006 (0.020)

3-hydroxycarbofuran <sup>a,b</sup>	0.002 ± 0.006 (0.020)		0.003 ± 0.012 (0.040)		
Clothianidin	0.003 ± 0.012 (0.040)		0.007 ± 0.023 (0.080)		
Fenthion	0.018 ± 0.064 (0.220)				
Pirimicarb	0.002 ± 0.006 (0.020)				
Pirimiphos-methyl	0.003 ± 0.009 (0.030)				
Propoxur	0.004 ± 0.010 (0.030)	0.003 ± 0.009 (0.030)	0.002 ± 0.006 (0.020)	0.003 ± 0.012 (0.040)	
Trichlorfon <sup>a,b</sup>	0.019 ± 0.066 (0.230)		0.010 ± 0.025 (0.080)		
<b>Fungicide</b>					
Cyproconazole	0.022 ± 0.051 (0.142)		0.014 ± 0.036 (0.118)		
Epoxiconazole	0.004 ± 0.012 (0.043)				
Metalaxyl	0.002 ± 0.006 (0.020)				
Picoxystrobin	0.010 ± 0.019 (0.056)	0.013 ± 0.026 (0.077)	0.007 ± 0.016 (0.052)	0.007 ± 0.013 (0.039)	
Pyraclostrobin	0.007 ± 0.023 (0.080)	0.002 ± 0.006 (0.020)			
Tebuconazole	0.005 ± 0.016 (0.054)				
Thiabendazole	0.003 ± 0.012 (0.040)				
Trifloxystrobin	0.005 ± 0.011 (0.028)	0.005 ± 0.012 (0.035)		0.002 ± 0.007 (0.025)	
<b>Distance from the edge of TSP (Km)</b>	4.44	0.11	0.48	0.2	

a = Forbidden in Europe;

b = Forbidden in Brazil.

Regarding the number of detected substances, streams A (7) and B (10) presented the lower numbers ( $X^2 = 2.916$ ;  $df = 2$ ;  $p = 0.232$ ) in comparison to streams C (19) ( $X^2 = 8.866$ ;  $df = 2$ ;  $p = 0.011$ ) and D (18) ( $X^2 = 8.404$ ;  $df = 2$ ;  $p = 0.014$ ), which were the ones with the highest numbers of detected pesticides. The average concentrations of agrochemicals detected in each stream varied greatly, although all streams presented similar results with respect to the maximum concentrations detected for the majority of pesticides. The most frequently detected herbicides and its maximum concentration were: 2,4- Dichlorophenoxyacetic acid (A=0.3 µg/L; B=0.0 µg/L; C=0.26 µg/L; D =0.26 µg/L), Atrazine (A= 0.0 µg/L; B=0.1 µg/L; C=0.12

$\mu\text{g/L}$ ; D = 0.13  $\mu\text{g/L}$ ), and Clomazone (A = 0.33  $\mu\text{g/L}$ ; B = 0.2  $\mu\text{g/L}$ ; C = 0.34; D = 0.4  $\mu\text{g/L}$ ). The most frequently detected insecticides and its maximum concentration were: Clothianidin (A = 0.0  $\mu\text{g/L}$ ; B = 0.04  $\mu\text{g/L}$ ; C = 0.08  $\mu\text{g/L}$ ; D = 0.1  $\mu\text{g/L}$ ), Propoxur (A = 0.03  $\mu\text{g/L}$ ; B = 0.03  $\mu\text{g/L}$ ; C = 0.02  $\mu\text{g/L}$ ; D = 0.04  $\mu\text{g/L}$ ), and Trichlorfon (A = 0.0  $\mu\text{g/L}$ ; B = 0.23  $\mu\text{g/L}$ ; C = 0.08  $\mu\text{g/L}$ ; D = 0.09  $\mu\text{g/L}$ ). The most frequently detected fungicides and its maximum concentration were: Cyproconazole (A = 0.142  $\mu\text{g/L}$ ; B = 0.0  $\mu\text{g/L}$ ; C = 0.118  $\mu\text{g/L}$ ; D = 0.08  $\mu\text{g/L}$ ), Picoxystrobin (A = 0.056  $\mu\text{g/L}$ ; B = 0.077  $\mu\text{g/L}$ ; C = 0.052  $\mu\text{g/L}$ ; D = 0.039  $\mu\text{g/L}$ ), and Trifloxystrobin (A = 0.028  $\mu\text{g/L}$ ; B = 0.035  $\mu\text{g/L}$ ; C = 0.0  $\mu\text{g/L}$ ; D = 0.025  $\mu\text{g/L}$ ). Furthermore, as expected, streams that have their springheads inside the agriculture landscape presented higher number of detected agrochemicals. However, even a distance greater than 4 km was not enough to completely avoid the entry of agrochemicals in the stream A. The relationship between the number of detected agrochemicals in each stream and the preservation of the riparian forest is shown in Fig. 2.

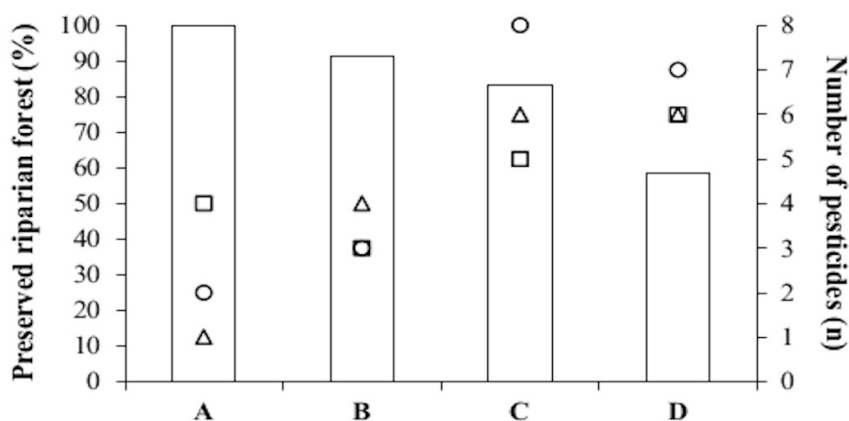


Fig. 2. Number of detected agrochemicals in streams and degree of preservation of the riparian forest. Vertical bars represent the percentage of preserved riparian forest. Colored lines represent number of agrochemicals sampled in the streams gathered according to their use: Triangle = insecticide; circle = herbicide; and square = fungicide. (For interpretation of the references to color in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

### 3.2. Forest canopy cover and the incidence of solar UVB/UVA radiation

Fig. 3 presents the relationship between the canopy cover and the incidence of solar UV radiation upon the streams' water surface.

As expected, the preservation of a dense forest canopy cover drastically reduces the incidence of both solar UVB and UVA radiation. The daily-UV radiation doses detected in

the streams A and B, which present the highest level of canopy cover preservation, is very low, almost undetectable. It barely increases in the external area of the stream B (BE), which is located inside the agricultural landscape, although the riparian forest remains preserved. On the other hand, considering that the canopy cover of streams C and D is less preserved both in the internal (CI and DI) and external areas (CE and DE), the incidence of solar UVB and UVA doses in these microhabitats was much higher ( $X^2 = 82.12824$ ;  $df = 2$ ;  $p < .001$ ). We also found a negative correlation between the UVA ( $N = 7$ ;  $R = -0.785$ ,  $p = 0.03$ ) and UVB ( $N = 7$ ;  $R = -0.776$ ,  $p = 0.03$ ) doses with the canopy cover of the streams (see Fig. S2 for more detail about the canopy cover of each stream).

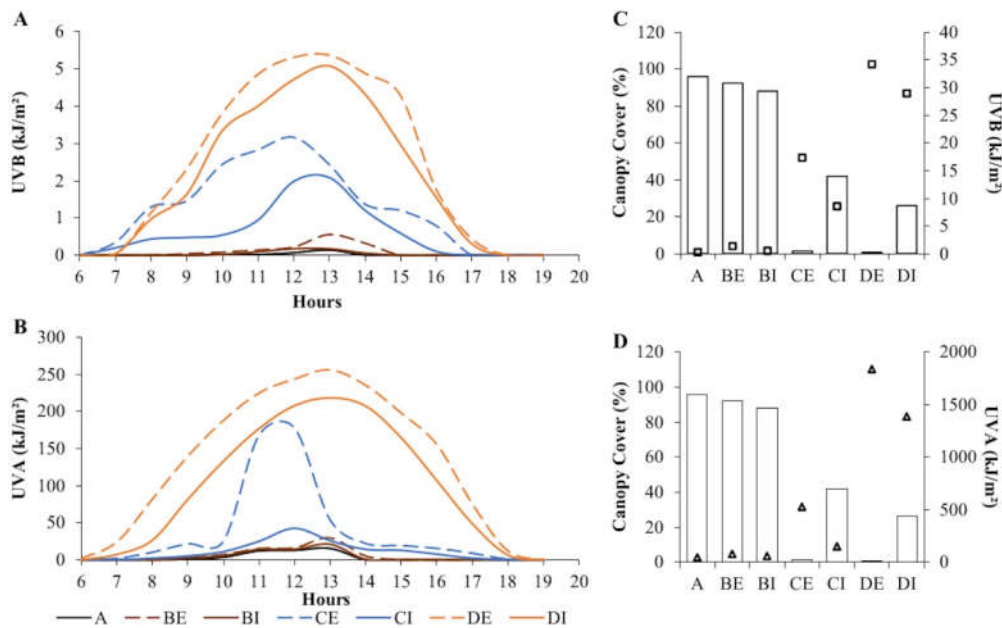


Fig. 3. Relationship between the canopy cover and the incidence of solar UVB and UVA radiation. Solar UVB and UVA radiation doses measured between 6:00 AM to 8:00 PM in clear sky summer days in each stream (A and B). Relationship between the percentage of canopy cover and the daily UVB (square) and UVA (triangle) doses measured in each stream (C and D). Except for stream A (completely located inside TSP), the measurements of solar UVB and UVA radiation were performed both in the internal areas of the streams (BI, CI, and DI; inside TSP) and in the external areas located in the agricultural landscape (BE, CE, and DE; outside TSP).

A total of 146 tadpoles of *B. curupi* and 250 of *C. schmidtii* were collected in all streams. Fig. 4 shows the tadpoles' population density for both species.



The density of *B. curupi* tadpoles was similar in streams A and BI, but it decreased in BE, reaching very low densities both in internal and external areas of streams C and D (ANOVA:  $F_{6,77} = 19.717$ ;  $p < 0.001$ ). Tadpole density of *C. schmidtii* also present a similar pattern, with the streams B and A showing the highest density values, whereas C and D the lowest (ANOVA:  $F_{6,77} = 16.236$ ;  $p < 0.001$ ).

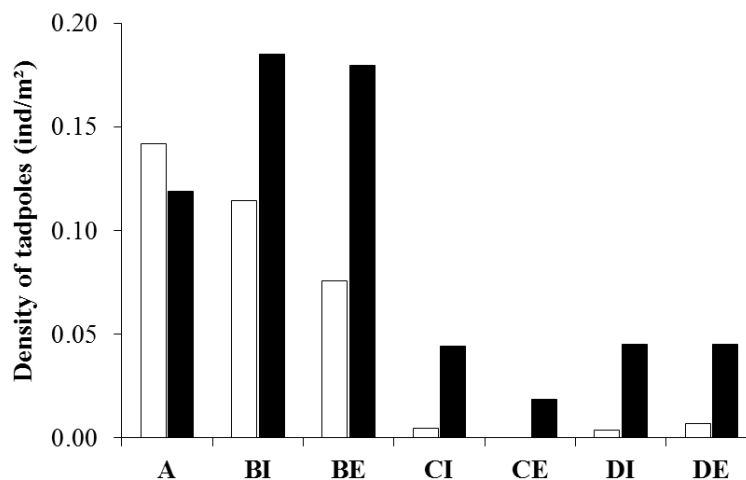


Fig. 4. Density of *B. curupi* (white bars) and *C. schmidtii* (black bars) tadpoles in each stream. Except for stream A (completely located inside TSP), tadpoles were collected in the internal areas of the streams (BI, CI, and DI; inside TSP), as well as in the external areas located in the agricultural landscape (BE, CE, and DE; outside TSP).

Cytogenetic analysis of each sampled tadpole was performed in order to determine the MN frequency in both species, in each stream. This result is presented in Fig. 5.

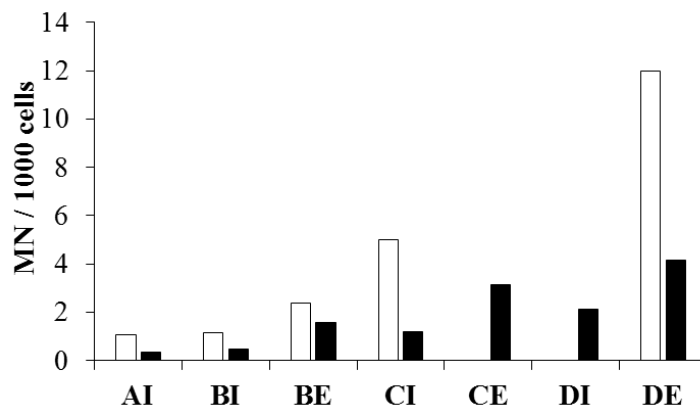


Fig. 5. Micronuclei (MN) frequency of *B. curupi* (white bars) and *C. schmidtii* (black bars) tadpoles in each stream. Except for stream A (completely located inside TSP), tadpoles were collected in the internal areas of the streams (BI, CI, and DI; inside TSP), as well as in the external areas located in the agricultural landscape (BE, CE, and DE; outside TSP).6

The result clearly indicates an increase of the MN frequency in tadpoles of both species collected in the streams C and D, where the preservation of riparian forest is reduced. In addition, the population of *B. curupi* presents a higher MN frequency than the population of *C. schmidtii* in all streams, but especially in the stream sections CI and DE. It is worthy to mention that the value of MN frequency of *B. curupi* is equal to zero in CE and DI because none individual of *B. curupi* was collected in CE, and, despite the very low abundance of individuals collected in DI ( $n = 1$ ), the quality of the fixation process of blood cells prepared in situ in this area was impaired due to environmental conditions.

#### 4. Discussion

Anthropic actions may produce persistent damage with unforeseeable consequences in ecosystems (Haddad et al., 2015). Widely understood factors as habitat destruction, the clearing of forests for timber and replacement with agricultural land, expansion of urbanization, drainage of wetlands and the widespread use of pesticides and fertilizers can cause amphibian declines (Wake and Koo, 2018). The intensification of deforestation increases habitat fragmentation, which can alter the richness, abundance and diversity of amphibians (Cortés et al., 2008). This human-induced disconnection between habitats used by different life history stages of a species was recently called as habitat split (Becker et al., 2007). This forces forest-associated amphibians with aquatic larvae to make risky breeding migrations between suitable aquatic and terrestrial habitats, increasing the population decline of species with aquatic larvae. Consequently, it reinforces the need for the conservation and restoration of riparian vegetation (Becker et al., 2007). In addition, riparian forest canopy is known to be an important determinant for conservation of amphibian diversity, especially for forest specialist species (Lipinski et al., 2016; Provete et al., 2014; Popescu et al., 2012; Skelly et al., 2002; Lemckert, 1999).

Among anthropic actions, agriculture promotes faster rates of deforestation, and this study demonstrates that an important consequence of deforestation is the increased presence of agrochemicals and the incidence of solar UV radiation in water bodies. Therefore, it is urgent to understand the additive effects of these multiple stressors to amphibians, which are declining rapidly worldwide.

The Turvo State Park (TSP), despite of being a protected conservation unit, presents unprotected border areas that are under intense agricultural exploitation. Four different

streams were selected for this study based on the conservation level of the riparian forest. Except for stream A, that was initially chosen to be the “unexposed control” of this work, all the streams have their internal areas located inside TSP (BI, CI, and DI), while their external areas are located inside the agricultural landscape (BE, CE, and DE). Our results clearly indicate that stream areas located inside forest environment are better protected from multiple environmental factors, since they presented lower temperatures, are more alkaline, and also presented higher width and depth. Therefore, streams areas located at the agricultural landscape are probably facing processes of water acidification, increasing water temperature due to higher sunlight exposure, and siltation caused by soil erosion. A similar situation was previously demonstrated for small-medium river basins in the south of Portugal (Matono et al., 2019).

The role of riparian forests in protecting streams from agrochemicals contamination has been previously reported (Rasmussen et al., 2011). Our results corroborated this finding, since the amount of detected substances was 2.7-fold higher in the streams areas located inside the agricultural landscape in comparison to stream A, which indicates an effective protection provided by forest against the influx of agrochemicals into the water bodies. The Brazilian legislation requires a minimum protection of 30 m in the surroundings of the water bodies sampled in this study (Law number 12,651, 2012). However, our results clearly indicate that 4.4 km of forest were not sufficient to completely avoid the entrance of agrochemicals in the innermost forest stream. This result can be associated with the process of pesticide drift, the inevitable physical movement of pesticide droplets or particles through the air at the time of pesticide application, or soon thereafter, from target sites to non-target sites (Damalas, 2014). Among the 28 agrochemicals detected in all streams, seven (25%) of these products have been banned in Europe (Lewis et al., 2016), and three (11%) in Brazil (National Sanitary Surveillance Agency, 2018). With regards to the commercially allowed pesticides, the detected concentrations were below the level considered acceptable for human consumption (Lewis et al., 2016).

The forest vegetation structure is considered an important indicator of biodiversity (Guo et al., 2017), and we found a strong relationship between the density of tadpoles and the forest cover. The protection provided by the forest canopy cover affects the aquatic microhabitat since it avoids the incidence of solar radiation upon the water surface (Paul and Gwynn-Jones, 2003). The phytophysognomy of the study area is characterized as Atlantic subtropical semi-deciduous seasonal forest, whose main characteristic is the loss of 30–60%

of the leaf mass in the colder months (Oliveira-Filho, 2009). However, stream-breeding anurans from the subtropical region of the Brazilian Atlantic Forest typically reproduce in the warmer seasons of the year, being summer breeders (Duarte et al., 2012). During spring and summer the canopy foliar mass is denser, providing better protection from higher doses of solar UV. Therefore, our data clearly indicate a strong efficacy of the forest canopy cover in reducing the incidence of solar UV radiation in the water surface, corroborating patterns reported in previous studies (Kelly et al., 2003; Lipinski et al., 2016). Streams areas located at agricultural matrix with less than 30 m of preserved riparian forest in both sides of the streams (CE and DE), as determined by the Brazilian legislation, presented higher daily-UV radiation doses. Furthermore, the data presented in this work also indicate the presence of clearings in the riparian forest of streams C and D, even in areas located inside TSP (CI and DI).

The main results of this work indicate that the streams areas that are highly exposed to agrochemicals and solar UV radiation, due to the suppression of the riparian forest, present a drastic reduction in the tadpole density of *B. curupi* and *C. schmidtii*, as well as an increase in the induction of chromosomal damage. Therefore, the drastic reduction in the abundance of tadpoles in CI, CE, DI and DE can be linked to the increased induction of chromosomal damage due to the absence of protection provided by continuous riparian vegetation along the streams' courses. In addition, *B. curupi* seems to be more sensitive to these genotoxic agents than *C. schmidtii*, possibly because of the reproductive mode of each species: *B. curupi* females deposit their embryos on the water surface trapped in branches (mode 2), while *C. schmidtii* females deposit their embryos in constructed subaquatic chambers (mode 3) (Haddad and Prado, 2005). Thus, individuals of *B. curupi* may be exposed to the cumulative genotoxic effects of solar UV radiation (and other genotoxic agents) earlier than individuals of *C. schmidtii*.

Exposure to agrochemicals is also linked to the reduction of amphibian populations, especially when individuals are exposed during embryonic and larval stages (Bridges, 2000). Furthermore, pesticides also have negative effects on swimming capacity, decreasing foraging activity and the ability to escape from predators (Wrubleswski et al., 2018). Interestingly, the contact with agrochemicals may indirectly increase exposure to sunlight by interfering in the ability of amphibian larvae to detect and escape from UV radiation (Yu et al., 2014). Although the numbers of published studies regarding the impact of agrochemicals on amphibians is increasing, there is little information on how pesticides and solar UV radiation interact and affect these organisms. Yu et al., (2015) demonstrated that exposure to common

pesticides may alter the repair of UVB-induced DNA lesions likely by interfering with the Nucleotide Excision Repair (NER) pathway. This may have important implications for assessing the risk of pesticides to amphibians and may explain the much lower abundance and the higher level of chromosomal damage observed in tadpoles collected in the streams C and D. On the other hand, despite the possibility of an additive or synergistic effect of the combined exposure to both agrochemicals and UV radiation, and considering that agrochemicals were detected in all streams, the increased exposure to solar UV radiation in streams lacking a continuous riparian forest cover seems to play the leading role in reducing tadpole abundance. Further studies are necessary to better understand the biological impact of the combined exposure to UV radiation and the detected agrochemicals in tadpoles of the amphibian species studied here.

Finally, it is important to highlight that both amphibian species are under conservation threat. *Boana curupi* is considered vulnerable (VU) in the Official List of Brazilian Endangered Fauna (MMA, 2014), and is classified as Endangered (EN) in the List of Endangered Species of the Rio Grande do Sul state, Brazil (Decree N<sup>o</sup>. 51.797, September 2014). *Crossodactylus schmidtii* is also classified as EN in the list of the Rio Grande do Sul state (Decree No. 51.797, September 2014), and as near threatened globally (Segalla et al., 2004). Therefore, this study draws attention to the need to obey the Brazilian forestry code in order to maintain preserved continuous riparian forests for the protection of these threatened forest-specialist amphibian species.

## 5. Conclusions

It is undeniable that the decline of amphibian populations is accelerated if individuals are exposed to multiple environmental stressors. In this work, we first evaluated how the riparian forest influences the amount of the detected agrochemicals and the incidence of solar UV radiation in streams located at agricultural and forest landscapes. Second, we evaluated the impact of the suppression of riparian forest due to deforestation on tadpole density and chromosomal damage of two endangered forest-specialist amphibian species. Our results provide clear evidences about the importance of the preservation of riparian forests. The protection provided by a well-preserved continuous riparian forest, with a dense canopy cover, efficiently blocks the incidence of solar UV radiation and the influx of agrochemicals into the streams. Consequently, preserved stream environments present much higher tadpole

abundance and much lower micronuclei frequency than converted environments without riparian forest. In conclusion, our study demonstrates that the preservation of continuous riparian forest of streams located inside the agricultural landscape is an effective way to reduce the risk of decline of endangered forest-specialist amphibian species.

### **Credit authorship contribution statement**

Marcelo Carvalho da Rocha: designed and executed the essays described in this work, analyzed the results and wrote the manuscript.

Maurício Beux dos Santos: helped in the execution of the essays described in this work, as well as in the analysis of the results and in the revision of the manuscript.

Renato Zanella: helped in the execution of the essays described in this work and in the revision of the manuscript.

Osmar Damian Prestes: helped in the execution of the essays described in this work and in the revision of the manuscript.

Alberto Senra Gonçalves: helped in the execution of the essays described in this work and in the revision of the manuscript.

André Passaglia Schuch: is the study supervisor of this work. Helped in the design of the essays described in this paper, as well as in the analyses of the results, in the writing of the manuscript, and also obtained the financial support.

### **Role of the funding sources**

This study was financially supported by the National Council for Scientific and Technological Development – CNPq (Brasília, Brazil – 407103/2018-0; 307063/2018-6), and by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/Programa de Excelência Acadêmica – Brasil (CAPES/PROEX – 23038.004173/2019-93;88882.182173/2018-01).

### **Declaration of competing interest**

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

## Acknowledgements

This work was performed by following the authorizations provided by the Information System on Biodiversity of the Brazilian Ministry of the Environmental (authorization number 55078-1/2016), the Environment and Infrastructure Secretary of the State of Rio Grande do Sul, Brazil (authorization number 546/2016), and the Ethics Committee on Animal Use of the Federal University of Santa Maria, Brazil (protocol number 2100110816). We are also thankful to the farmers of the municipality of Derrubadas for the access to the field sites located in their particular areas near the Turvo State Park.

## Appendix A. Supplementary data

Supplementary data to this article can be found online at <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108746>.

## References

- Adelizzi, R., Portmann, J., Van Meter, R., 2019. Effect of individual and combined treatments of pesticide, fertilizer, and salt on growth and corticosterone levels of larval southern leopard frogs (*Lithobates sphenoccephala*). *Arch. Environ. Con. Tox.* 77, 29–39. <https://doi.org/10.1007/s00244-019-00629-6>.
- Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Gonçalves, J.L.M., Sparovek, G., 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteor. Zeitschrift.* 22, 711–728.
- Baker, N.J., Bancroft, B.A., Garcia, T.S., 2013. A meta-analysis of the effects of pesticides and fertilizers on survival and growth of amphibians. *Sci. Tot. Environ.* 449, 150–156. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.01.056>.
- Becker, C.G., Fonseca, C.R., Haddad, C.F.B., Batista, R.F., Prado, P.I., 2007. Habitat split and the global decline of amphibians. *Science* 318, 1775–1777. <https://doi.org/10.1126/science.1149374>.
- Bosch, B., Mañas, F., Gorla, N., Aiassa, D., 2011. Micronucleus test in post metamorphic *Odontophrynus cordobae* and *Rhinella arenarum* (Amphibia: Anura) for environmental monitoring. *J. Toxicol. Env. Health Sci.* 3, 155–163.
- Bridges, C.M., 2000. Long-term effects of pesticide exposure at various life stages of the southern leopard frog (*Rana sphenoccephala*). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 39, 91–96. <https://doi.org/10.1007/s002440010084>.
- Brühl, C.A., Pieper, S., Weber, B., 2011. Amphibians at risk? Susceptibility of terrestrial amphibian life stages to pesticides. *Environ. Toxicol. Chem.* 30, 2465–2472. <https://doi.org/10.1002/etc.650>.

- Cabagna, M.C., Lajmanovich, R.C., Peltzer, P.M., Attademo, A.M., Ale, E., 2006. Induction of micronuclei in tadpoles of *Odontophrynus americanus* (Amphibia: Leptodactylidae) by the pyrethroid insecticide cypermethrin. *Toxicol. Environ. Chem.* 88, 729–737. <https://doi.org/10.1080/02772240600903805>.
- Cortés, A.M., Ramírez-Pinilla, M.P., Suárez, H.A., Tovar, E., 2008. Edge effects on richness, abundance and diversity of frogs in Andean cloud forest fragments. *S Am J Herpetol.* 3, 213–222. <https://doi.org/10.2994/1808-9798-3.3.213>.
- Damalas, C.A., 2014. Pesticide drift: seeking reliable environmental indicators of exposure assessment. In: Armon, R.H., Hänninen, O. (Eds.), *Environmental Indicators*. Springer, Switzerland, pp. 251–261.
- Decree 51.797. 2014. List of Threatened Species of State Rio Grande do Sul. Published in the official newspaper of the state of Rio Grande do Sul in 09/09/2014. <http://www.al.rs.gov.br/> (accessed in 15 January 2019).
- Donato, F.F., Martins, M.L., Munaretto, J.S., Prestes, O.D., Adaime, M.B., Zanella, R., 2015. Development of a multiresidue method for pesticide analysis in drinking water by solid phase extraction and determination by gas and liquid chromatography with triple quadrupole tandem mass spectrometry. *J Brazil Chem Soc.* 26, 2077–2087. <https://doi.org/10.5935/0103-5053.20150192>.
- Duarte, H., Tejado, M., Katzenberger, M., Marangoni, F., Baldo, D., Beltra, J.F., Martí, D.A., Boix, A.R., Voyer, A.G., 2012. Can amphibians take the heat? Vulnerability to climate warming in subtropical and temperate larval amphibian communities. *Glob Change Biol.* 18, 412–421. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02518.x>.
- Eterovick, P.C., Carnaval, A.C.O. de Q., Borges-Nojosa, D.M., Silvano, L., Segalla, M.V., 2005. Sazima, I. Amphibian declines in Brazil: an overview. *Biotropica* 37, 166–179. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2005.00024.x>.
- Fenech, M., 2007. Cytokinesis-block micronucleus cytochrome assay. *Nature* 2, 1084–1104. <https://doi.org/10.1038/nprot.2007.77>.
- Feng, S., Kong, Z., Wang, X., Zhao, L., Peng, P., 2004. Acute toxicity and genotoxicity of two novel pesticides on amphibian, *Rana* N. Hallowell. *Chemosphere* 56, 457–463. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2004.02.010>.
- Frazer, G.W., Canham, C.D., Lertzman, K.P., 1999. Gap Light Analyzer (GLA), Version 2.0: Imaging Software to Extract Canopy Structure and Gap Light Transmission Indices From True-colour Fisheye Photographs, Users' Manual and Program Documentation. (Copyright© 1999: Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia, and the Institute of Ecosystem Studies, Millbrook, New York).
- Gosner, K.L., 1960. A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on identification. *Herpetologica* 16, 183–190. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201620150593>.
- Guo, X., Coops, N.C., Tompaslki, P., Nielsen, S.E., Bater, C.W., Stadt, J.J., 2017. Regional mapping of vegetation structure for biodiversity monitoring using airborne lidar data. *Ecol Inform.* 38, 50–61. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2017.01.005>.
- Haddad, C.F.B., Prado, C.P.A., 2005. Reproductive modes in frogs and their unexpected diversity in the Atlantic forest of Brazil. *Bioscience* 55, 200–207.
- Haddad, N.M., Brudvig, L.A., Clobert, J., Davies, K.F., Gonzalez, A., Holt, R.D., Lovejoy, T.E., Sexton, J.O., Austin, M.P., Collins, C.D., Cook, W.M., Damschen, E.I., Ewers, R.M., Foster, B.L., Jenkins, C.N., King, A.J., Laurance, W.F., Levey, D.J., Margules, C.R., Melbourne, B.A., Nicholls, A.O., Orrock, J.L., Dan-Xia, Song, Townshend, J.R., 2015. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Sci Advan.* 1, 1–9. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1500052>.



- Häder, D.P., Helbling, E.W., Williamson, C.E., Worrest, R.C., 2011. Effects of UV radiation on aquatic ecosystems and interactions with climate change. *Photoch Photobio Sci.* 10, 242–260. <https://doi.org/10.1039/C0PP90036B>.
- Kareiva, P., Watts, S., McDonald, R., Boucher, T., 2007. Domesticated nature: shaping landscapes and ecosystems for human welfare. *Science*. 316, 1866–1869. <https://doi.org/10.1126/science.1140170>.
- Kelly, D.J., Bothwell, M.L., Schindler, D.W., 2003. Effects of solar ultraviolet radiation on stream benthic communities: an intersite comparison. *Ecology* 84, 2724–2740. <https://doi.org/10.1890/02-0658>.
- Köhler, H.R., Triebkorn, R., 2013. Wildlife ecotoxicology of pesticides: can we track effects to the population level and beyond? *Science* 341, 759–765. <https://doi.org/10.1126/science.1237591>.
- Law number 12.651, 2012. Provides for the protection of native vegetation in Brazil Brasília: published in the official union diary in 25/5/2012. <http://www.planalto.gov.br/>, Accessed date: 19 January 2019.
- Lemckert, F., 1999. Impacts of selective logging on frogs in a forested area of northern New South Wales. *Biol. Conserv.* 89, 321–328. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(98\)00117-7](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(98)00117-7).
- Lewis, K.A., Tzilivakis, J., Warner, D., Green, A., 2016. An international database for pesticide risk assessments and management. *Hum. Ecol. Risk. Assess.* 22, 1050–1064. <https://doi.org/10.1080/10807039.2015.1133242>.
- Lipinski, V.M., Santos, T.G., Schuch, A.P., 2016. An UV-sensitive anuran species as an indicator of environmental quality of the Southern Atlantic rainforest. *Journal of Photochem Photobiol B.* 165, 174–181. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2016.10.025>.
- Londero, J.E.L., Santos, C.P., Segatto, A.L.A., Schuch, A.P.S., 2017. Impacts of UVB radiation on food consumption of forest specialist tadpoles. *Ecotox Environ Safe.* 143, 12–18. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.05.002>.
- Londero, J.E.L., Santos, M.B., Schuch, A.P.S., 2019. Impact of solar UV radiation on amphibians: focus on genotoxic stress. *Mutat Res Gen Tox Em.* 842, 14–21. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2019.03.003>.
- Mann, R.M., Hyne, R.V., Choung, C.B., Wilson, S.P., 2009. Amphibians and agricultural chemicals: review of the risks in a complex environment. *Environ Pollut.* 157, 2903–2927. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2009.05.015>.
- Matono, P., Batista, T., Sampaio, E., Ilheu, M., 2019. Effects of agricultural land use on the ecohydrology of small-medium Mediterranean River basins: insights from a case study in the south of Portugal. In: Loures, L.C. (Ed.), *Land Use - Assessing the Past. Envisioning the Future*, IntechOpen, pp. 29–51. <https://doi.org/10.5772/intechopen.79756>.
- MMA, 2014. Ministério do Meio Ambiente - Portaria n. 443, de 17 de dezembro de 2014. *Diário Oficial da União*, 18/12/2014. Seção 1, 110–121.
- Mooney, H., Cropper, A., Reid, W., 2005. Confronting the human dilemma. How can ecosystems provide sustainable services to benefit society? *Nature*. 434, 561–562. <https://doi.org/10.1038/434561a>.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Fonseca, G.A.B., Kent, J., 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403, 853–858. <https://doi.org/10.1038/35002501>.
- National Sanitary Surveillance Agency, 2018. Regulatory agency linked to the Brazilian Ministry of Health. <http://portal.anvisa.gov.br/>, Accessed date: 21 January 2019.
- Navarro-Lozano, A., Sánchez-Domene, D., Rossa-Feres, D.C., Bosch, J., Sawaya, R.J., 2018. Are oral deformities in tadpoles accurate indicators of anuran chytridiomycosis? *Plos One* 13, 1–9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190955>.

- Nussbaum, R.A., Tait, C.K., 1977. Aspects of the life history and ecology of the Olympic salamander, *Rhyacotriton olympicus* (Gaiage). *Am. Midl. Nat.* 98, 176–199. <https://doi.org/10.2307/2424723>.
- Oliveira-Filho, A.T., 2009. Review article: classification of South American phytophysionomies tropical and subtropical cisandine: proposal for a new system – practical and flexible - or a further injection of chaos? *Rodriguésia* 60, 237–258.
- Oliveira-Filho, A.T., Budke, J.C., Jarenkow, J.A., Eisenlohr, P.V., Neves, D.R.M., 2013. Delving into the variations in tree species composition and richness across South American subtropical Atlantic and Pampean forests. *J. Plant Ecol.* 8, 1–23. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtt058>.
- Paul, N.D., Gwynn-Jones, D., 2003. Ecological roles of solar UV radiation: towards an integrated approach. *Trends Ecol. Evol.* 18, 48–55. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(02\)00014-9](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(02)00014-9).
- Pilau, F.G., Angelocci, L.R., 2015. Leaf area and solar radiation interception by orange tree top. *Bragantia* 74, 476–482. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.0130>.
- Popescu, V.D., Patrick, D.A., Hunter, M.L., Calhoun, A.J.K., 2012. The role of forest harvesting and subsequent vegetative regrowth in determining patterns of amphibian habitat use. *For. Ecol. Manag.* 270, 163–174. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.01.027>.
- Provete, D.B., Gonçalves-Souza, T., Garey, M.V., Martins, I.A., Rossa-Feres, D.C., 2014. Broad-scale spatial patterns of canopy cover and pond morphology affect the structure of a Neotropical amphibian metacommunity. *Hydrobiologia* 734, 69–79. <https://doi.org/10.1007/s10750-014-1870-0>.
- Rasmussen, J.J., Baattrup-Pedersen, A., Wiberg-Larsena, P., McKnight, U.S., Kronvang, B., 2011. Buffer strip width and agricultural pesticide contamination in Danish lowland streams: implications for stream and riparian management. *Ecol. Eng.* 37, 1990–1997. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2011.08.016>.
- Relyea, R.A., Diecks, N., 2008. An unforeseen chain of events: lethal effects of pesticides on frogs at sublethal concentrations. *Ecol. Appl.* 18, 1728–1742. <https://doi.org/10.1890/08-0454.1>.
- Scarano, F.R., Ceotto, P., 2015. Brazilian Atlantic forest: impact, vulnerability, and adaptation to climate change. *Biodivers. Conserv.* 24, 2319–2331. <https://doi.org/10.1007/s10531-015-0972-y>.
- Schuch, A.P., Santos, M.B., Lipinski, V.M., Peres, L.V., Santos, C.P., Cechin, T.S.Z., Schuch, N.J., Pinheiro, D.K., Loreto, E.L.S., 2015. Identification of influential events concerning the Antarctic ozone hole over southern Brazil and the biological effects induced by UVB and UVA radiation in an endemic treefrog species. *Ecotox Environ Safe.* 118, 190–198. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.04.029>.
- Schuch, A.P., Moreno, N.C., Schuch, N.J., Menck, C.F.M., Garcia, C.C.M., 2017. Sunlight damage to cellular DNA: focus on oxidatively generated lesions. *Free Radical Bio Med.* 107, 110–124. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2017.01.029>.
- Segalla, M.G., Garcia, P., Silvano, D., Lavilla, E., Baldo, D., 2004. *Crossodactylus schmidti*. The IUCN Red List of Threatened Species. <https://www.iucnredlist.org/species/56355/11467213/>, Accessed date: 30 January 2019.
- Skelly, D.K., Freidenberg, L.K., Kiesecker, J.M., 2002. Forest canopy and the performance of larval amphibians. *Ecology* 83, 983–992. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2002\)083\[0983:FCATPO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2002)083[0983:FCATPO]2.0.CO;2).
- Sweeney, B.W., Bott, T.L., Jackson, J.K., Kaplan, L.A., Newbold, J.D., Standley, L.J., Hession, W.C., Horwitz, R.J., 2004. Riparian deforestation, stream narrowing, and loss of stream ecosystem services. *PNAS* 101, 14132–14137. [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.040589510](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.040589510).

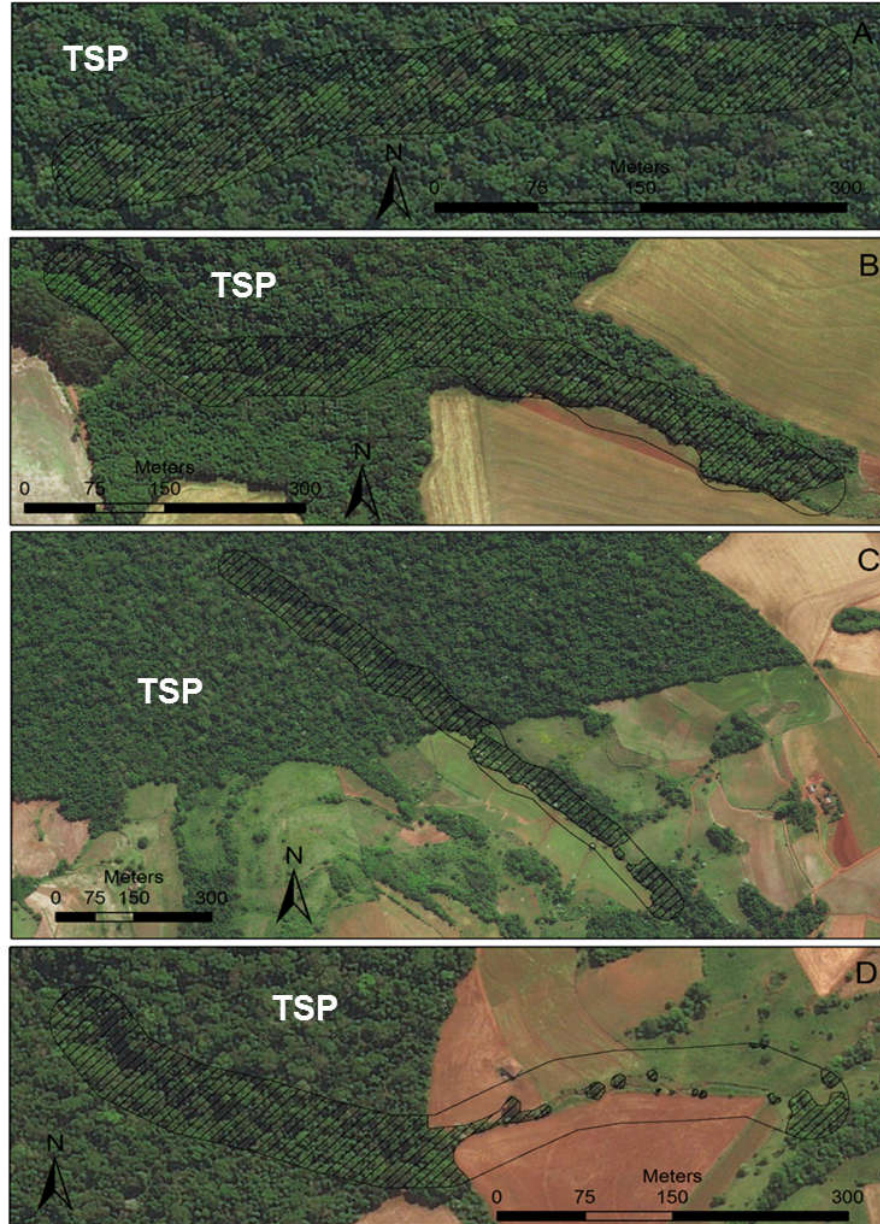
- Tilman, D., Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R., Polasky, S., 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418, 671–677.
- Vera, C.J.V., Natale, G.S., Soloneski, S., Ronco, A.E., Larramendy, M.L., 2010. Sublethal and lethal effects on *Rhinella arenarum* (Anura, Bufonidae) tadpole exerted by the pirimicarb-containing technical formulation insecticide Aficidas. *Chemosphere* 78,249–255. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2009.10.064>.
- Wake, D.B., Koo, M.S., 2018. Amphibians. *Curr Biol.* 28, 1237–1241. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.09.028>.
- Wrubleswski, J., Reichert Jr., F.W., Galon, L., Hartmann, P.A., Hartmann, M.T., 2018. Acute and chronic toxicity of pesticides on tadpoles of *Physalaemus cuvieri* (Anura, Leptodactylidae). *Ecotoxicology* 27, 360–368. <https://doi.org/10.1007/s10646-018-1900-1>.
- Yu, S., Weir, S.M., Cobb, G.P., Maul, J.D., 2014. The effects of pesticide exposure on ultraviolet-B radiation avoidance behavior in tadpoles. *Sci. Total Environ.* 481,75–80. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.02.018>.
- Yu, S., Tang, S., Mayer, G.D., Cobb, G.P., Maul, J.D., 2015. Interactive effects of ultraviolet-B radiation and pesticide exposure on DNA photo-adduct accumulation and expression of DNA damage and repair genes in *Xenopus laevis* embryos. *Aquat. Toxicol.* 159, 256–266. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2014.12.004>.
- Zar, J.H., 1999. *Biostatistical Analysis*, fourth ed. Prentice Hall, Upper Saddle River.

*SUPPLEMENTARY MATERIAL*

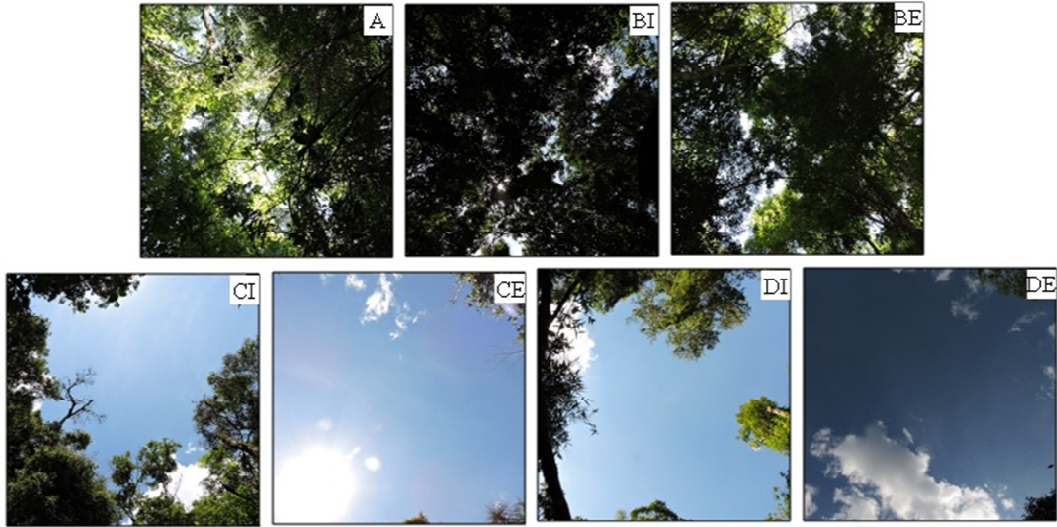
**Table S1:** Physicochemical parameters of the streams' water samples.

<b>Variables</b>	<b>A</b>	<b>BI</b>	<b>BE</b>	<b>CI</b>	<b>CE</b>	<b>DI</b>	<b>DE</b>
Width (cm)	242.03±47.06	331.83±47.66	168.75±71.86	283.74±44.51	217.14±19.09	273.05±46.03	117.77±62.48
Depth (cm)	13.70±4.76	24.08±6.56	16.12±5.83	21.18±7.17	16.07±4.66	21.28±9.53	18.11±4.57
T (°C)	19.06±0.20	19.86±0.34	21.32±0.05	21.56±0.27	21.27±0.11	21.65±0.27	22.24±0.17
pH	6.89±0.08	7.35±0.19	6.72±0.09	7.37±0.05	6.87±0.31	7.68±0.04	7.08±0.12
NTU	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	2.47±0.34	0.00±0.00	24.90±6.09	46.37±63.78
O <sub>2</sub> (mg/L)	6.23±0.32	7.54±0.27	7.37±0.36	7.41±0.07	7.67±0.06	7.71±0.26	6.37±0.65
TDS	0.23±0.00	0.03±0.00	0.03±0.00	0.05±0.00	0.03±0.00	0.06±0.00	0.05±0.00

Stream areas located inside TSP (internal areas; **A**, **BI**, **CI**, and **DI**); stream areas located outside TSP (agricultural landscape; **BE**, **CE**, and **DE**); T – temperature; NTU – turbidity; O<sub>2</sub> – dissolved oxygen; TDS – total dissolved solids.

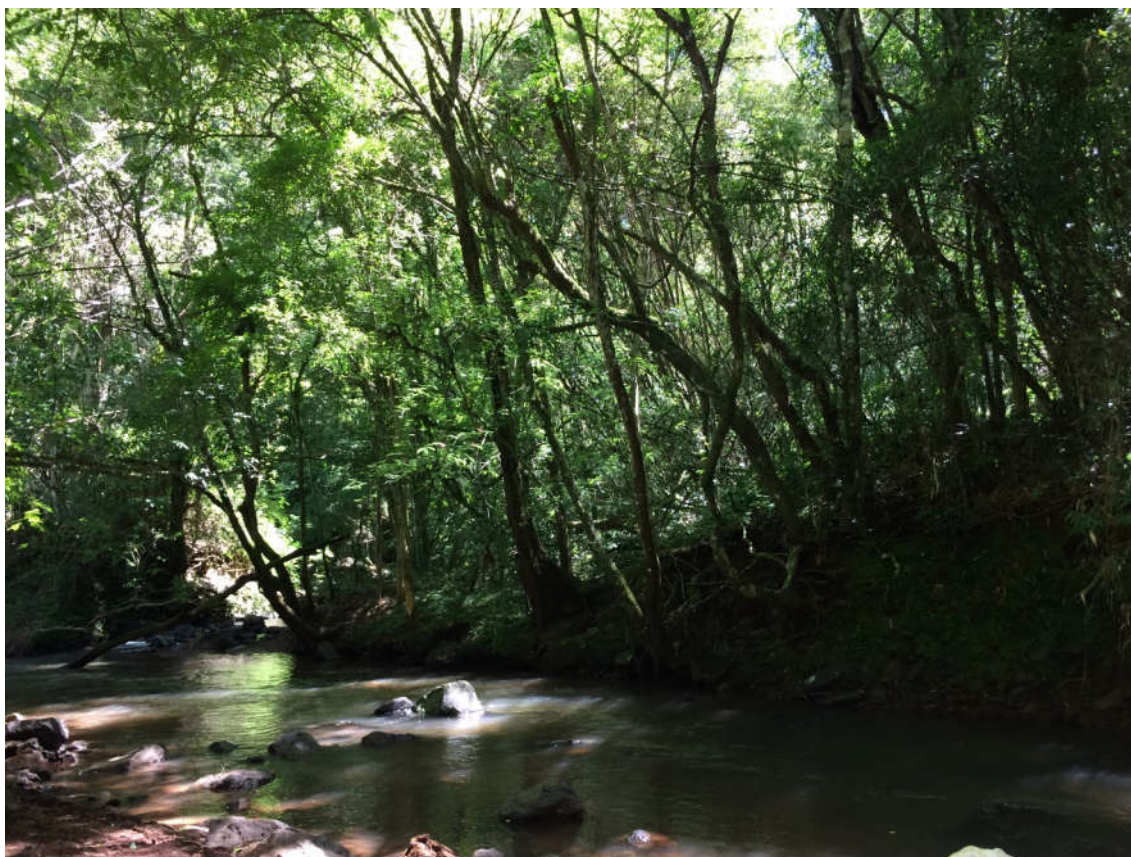
*Figure S1*

**Figure S1:** Satellite pictures of each stream showing the areas located inside the Turvo State Park (TSP) and into the agricultural landscape. Black hatched areas indicate the 30 m of forest that should be preserved alongside the streams according to the Brazilian Forestry Code (Law number 12.651, 2012).

*Figure S2*

**Figure S2:** Photographs obtained at the water level of each stream area with the lens directed to the sky showing the forest canopy cover in the sites of solar UV measurements. Stream areas located inside TSP (internal areas; **A**, **BI**, **CI**, and **DI**); stream areas located outside TSP (agricultural landscape; **BE**, **CE**, and **DE**).

### 3 ARTIGO 2



Propriedade “Amiga da Natureza”: um programa para a sustentabilidade de pequenas propriedades rurais inseridas em um hotspot de biodiversidade.

#### **PROPRIEDADE “AMIGA DA NATUREZA”: UM PROGRAMA PARA A SUSTENTABILIDADE DE PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS INSERIDAS EM UM HOTSPOT DE BIODIVERSIDADE**

Marcelo Carvalho da Rocha<sup>a</sup>, Álvaro Augusto Mainardi<sup>a</sup>, Maurício Beux dos Santos<sup>b</sup> e André Passaglia Schuch<sup>a,b\*</sup>.

<sup>a</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal, Santa Maria, RS, Brasil

<sup>b</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação Ciências Biológicas: Bioquímica Toxicológica, Santa Maria, RS, Brasil

#### **RESUMO**

Nesse capítulo apresentamos a criação de um programa que tem como objetivo principal a redução dos impactos negativos na biodiversidade de atividades rurais mantidas de formas inadequadas, em pequenas propriedades agrícolas de base familiar, na zona de amortecimento de uma unidade de conservação. Nele traçamos ferramentas que protegem o meio ambiente e, por consequência, a vida selvagem, e que também consideram a necessidade de

sustentabilidade da propriedade rural. O programa “Propriedade Amiga da Natureza” abrange uma gama de ações certificadas por selos locais, que permitem renda extra nas propriedades que aderirem voluntariamente à proposta, principalmente por meio do uso do ecoturismo. As propriedades terão suporte técnico para o cumprimento das leis ambientais que protegem a mata ciliar, nascentes e a reserva legal, através de ações de recuperação das áreas degradadas. Um projeto de pagamento por serviço ambiental, também está previsto. Este destina-se aos proprietários que além da manutenção das áreas de preservação permanente e reserva legal, aspiram proteger áreas além do que a lei determina. Desta forma, espera-se que as propriedades parceiras adquiram alternativas extras de renda para compensar as áreas que serão preservadas. O programa já foi aprovado pelo Conselho Consultivo do Parque Estadual do Turvo, e um grupo de trabalho já está mobilizado para a sua implementação em uma propriedade rural que será a propriedade modelo. Nessa perspectiva alinhamos a agricultura nacional com iniciativas internacionais de sustentabilidade que trabalham na interseção de negócios, agricultura e manutenção de florestas e da biodiversidade.

**Palavras-chave:** Conservação da vida selvagem; agricultura familiar; ecoturismo; desenvolvimento rural; desenvolvimento sustentável.

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas próprias demandas. Esse conceito deixa explícito que é preciso satisfazer as carências e aspirações humanas e, para que isso aconteça, é necessário que todos envolvidos tenham atendidas suas exigências básicas e que lhes sejam proporcionadas oportunidades de concretizar suas pretensões de uma vida melhor. Este desenvolvimento infere uma transformação progressiva da economia e da sociedade, e mesmo na noção mais restrita de sustentabilidade, esta deve ter uma preocupação com a equidade social, com a sustentabilidade ambiental e com a viabilidade econômica de uma atividade, sendo esse o tripé que permite o desenvolvimento sustentável (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO DAS NAÇÕES UNIDAS, 1991).

A produção agrícola visando atender às necessidades humanas é uma atividade totalmente dependente de adequadas condições climáticas, sociais e econômicas, assim como da ciência, que obrigatoriamente precisa alcançar o status de sustentabilidade, sobretudo em pequenas escalas. Os progressos alcançados pela agricultura em nível mundial, indubitavelmente, são os maiores já alcançados na história da humanidade, pois, foi a agricultura que garantiu a sobrevivência da espécie humana, eliminando definitivamente o risco de sua extinção natural (PATERNIANI, 2001). Pela sua própria organização e estrutura, de maneira oposta aos benefícios proporcionados, a agricultura é a atividade que mais altera o ambiente em que está inserida, perturbando assim o meio natural e afetando drasticamente a biodiversidade (PERUGINI et al., 2018; EEA, 2015).



Essas alterações tornam-se mais severas na fauna de ecossistemas como a Mata Atlântica, onde se encontra uma alta concentração de espécies ameaçadas, apesar de ser um dos hotspots brasileiros de biodiversidade. A definição desse conceito foi proposta para indicar locais que contêm uma elevada biodiversidade, mas que, no entanto, encontram-se em processo de degradação intensiva (MYERS, 2000). Refere-se aos lugares do mundo onde a conservação da paisagem natural tem que ser mais urgente, sendo necessário que as pesquisas, atuem para fortalecer as ações da sociedade civil para a conservação da Mata Atlântica.

A mesma ciência que aumenta a produtividade da agricultura moderna, também deve ter como meta reduzir os impactos de atividades agrícolas inadequadas, oferecendo ferramentas que protejam o meio ambiente e, por consequência, a vida selvagem, tornando a atividade sustentável por meio de alternativas que minimizem prejuízos ambientais, além de melhorar sua lucratividade e integrar também a temática social. Essas ferramentas devem envolver o manejo eficiente dos recursos utilizados, mantendo a produtividade necessária para segurança alimentar e satisfazer as crescentes aspirações econômicas, degradando o mínimo possível o meio ambiente (FAO, 1989).

Uma ferramenta com grande potencial de ser utilizada para incentivar o aumento da eficiência agrícola, focando na sustentabilidade, são os selos ambientais. Produtos com selos de certificação ambiental são cada vez mais aplicados no comércio de produtos agrícolas. Estes selos tornaram-se ferramentas que revelam previamente ao comprador que o produto adquirido foi produzido com redução do impacto ao ambiente e com respeito aos atores sociais integrados na cadeia produtiva. Estes visam igualmente melhorar às condições de produção e a renda obtida (POTTS et al., 2014). Essas certificações são de adesão voluntária e sua aceitação é uma decisão dos agricultores que desejam qualificar suas práticas ambientais.

Nesse trabalho, propomos a criação de um programa que tem como objetivo a criação de um selo de certificação das propriedades que possuem em seus domínios riachos de pequena ordem da Mata Atlântica habitados por anfíbios anuros endêmicos desses ecossistemas e que estejam preservados na propriedade ou estão sendo restaurados por práticas de recuperação de áreas degradadas. Esse selo funcionará como uma ferramenta que irá atuar em conjunto com outras instituições governamentais e/ou não governamentais e permitirá novos relacionamentos entre cientistas, tomadores de decisões, produtores rurais, ativistas ambientais e agentes fiscalizadores. A meta desse programa é equilibrar os interesses dessas diferentes esferas, unindo-os para que enfrentem os problemas ambientais apresentados nas propriedades participantes.

Objetivamos também, sobretudo, propiciar aos produtores rurais um maior engajamento em questões de sustentabilidade, valorizando a imagem da agricultura familiar perante os consumidores diretos de seus produtos, e ajudando a desenvolver novos produtos

que serão gradativamente oferecidos, como ecoturismo, turismo rural e também um Pagamento por Serviço Ambiental (PSA) nas propriedades rurais.

Um PSA, na zona de amortecimento do Parque do Turvo, é uma estratégia que provém da grande necessidade de proteção da floresta ripária dos riachos que penetram na unidade de conservação. Nesses a necessidade de preservação é indiscutível, pois significam garantia da manutenção da biodiversidade dos anuros especialistas em ambientes florestais, que vivem ali. Esses pagamentos fazem parte de um instrumento econômico de adesão voluntária que estimula atividades de preservação e recomposição do meio ambiente, primando por recompensas financeiras, evitando somente as punições (WUNDER, 2005).

Um programa de PSA, para ser viável precisa ter bem estabelecido o serviço ambiental que será ofertado e os benefícios que serão “vendidos”. Esses serviços são relacionados, aos ecossistemas, que são os verdadeiros produtores e quando preservados oferecem os serviços em forma de fluxo contínuo, para sociedade (ROJAS; AYLWARD, 2003).

Entre os serviços, as classificações podem envolver quatro classes principais, como: Sequestro e armazenamento de carbono; Proteção da biodiversidade; Proteção de bacias hidrográficas e beleza cênica da paisagem. Já os benefícios contemplam a manutenção do clima, conservação de espécies em risco de extinção, disponibilidade de água em qualidade e quantidade e manutenção da paisagem natural (WUNDER, 2005). Tratando-se de biodiversidade e água, os benefícios tornam-se mais satisfatoriamente promovidos.

Nesse programa está incluso também ações que visem ampliar as oportunidades para o mercado consumidor adquirir produtos oriundos de propriedades que possuem suas atividades desenvolvidas de forma sustentável. Com a implementação desse programa, as suas ações terão grande utilidade para conservação de espécies de anuros de pequenos riachos, em risco de extinção. Consideramos também aqui, a sustentabilidade na produção agrícola, que repercute em benefícios de curto, médio e longo prazo para a sociedade como um todo.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

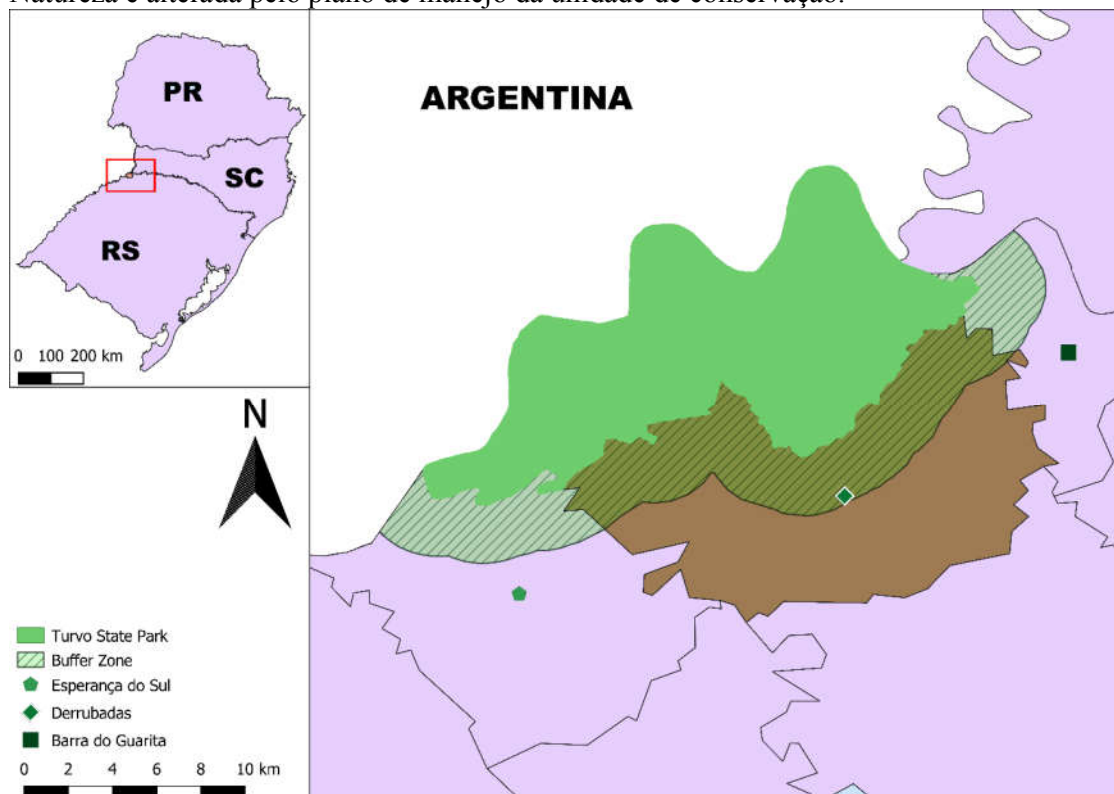
### **2.1 ÁREA DO PROGRAMA**

O programa está sendo, desenvolvido no Parque Estadual do Turvo, uma Unidade de Conservação (UC) de proteção integral, situado no município de Derrubadas, noroeste do Rio Grande do Sul, Brasil. O PET possui uma área de 17.491,40 ha, circundada por cultivos agrícolas, fazendo divisa com o estado de Santa Catarina e a província Argentina de Misiones (SEMA, 2005). A UC está inserida nos domínios do Bioma Mata Atlântica, caracterizado pela elevada riqueza e endemismo de espécies, sendo considerado um dos 34 “hotspots” de

biodiversidade mundiais (MYERS et al., 2000). A região possui clima subtropical (CFA), verões quentes (temperatura superior a 22 °C) e chuvas constantes (pluviosidade acumulada do mês mais seco = 30 mm (KOTTEK et al., 2006).

A zona de amortecimento do PET é uma área delimitada no entorno da UC (Figura 1), onde as atividades humanas estão sujeitas a restrições que visam minimizar os impactos ambientais externos sobre o PET (SEMA, 2005). A área está situada no noroeste do Rio Grande do Sul, no vale do Rio Uruguai, faz parte da atualmente denominada região Celeiro, que engloba vários municípios da antiga região do Alto Uruguai (CUNHA et al., 2006).

Figura 1 – Mapa da zona de amortecimento do Parque Estadual do Turvo e sua abrangência determinada pela Lei 9.985/2000, do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e alterada pelo plano de manejo da unidade de conservação.



A vegetação no vale do rio Uruguai, no noroeste do Rio Grande do Sul e no oeste de Santa Catarina, região onde se situa o PET, já foi denominada de Mata Pluvial do Alto Uruguai (RAMBO, 1956). Porém, a classificação da vegetação brasileira, segundo o Projeto RADAMBRASIL (VELOSO; GÓES-FILHO, 1982), e estudos atuais (IBGE, 2012) a reconhecem como Floresta Estacional Decídua.

No PET a cobertura vegetal predominante é a floresta estacional, constituindo-se no maior fragmento ainda existente deste tipo florestal no sul do Brasil (SEMA, 2005). Como formação vegetal, constitui uma das rotas migratórias pela qual espécies tropicais entram no estado, distinta da vertente atlântica (RAMBO, 1961). Este contingente de espécies, tipicamente mesófilo ou estacional (JARENKOW; WAECHTER, 2001), é apontado como o mais importante do ponto de vista qualitativo e geologicamente é o mais antigo no Estado. Além de banco vivo de germoplasma, muitos táxons vegetais encontram nesse local seu limite sul de distribuição (IRGANG, 1980; GUADAGNIM, 1994).

No entorno do PET, na zona de amortecimento da unidade de conservação, localizada na cidade de Derrubadas, situam-se áreas de agricultura em 542 propriedades rurais que cultivam 15.378 hectares, com rendimento médio anual por hectare de R\$ 2.507,00. Isso totaliza um rendimento anual de valor de produção agrícola de R\$ 38,5 milhões nas cinco principais culturas (soja, trigo, milho, aveia e mandioca) (SEBRAE, 2019). Uma particularidade dessas áreas é a da não existência de uma zona de transição gradual entre as culturas agrícolas e a unidade de conservação. As áreas de cultivo encontram diretamente a floresta do PET, que nesses locais formam uma verdadeira “parede verde”.

A vegetação original da área da cidade tem índice de 50% de preservação integral no PET (SEMA, 2005). Contraditoriamente, fora da unidade de conservação, a vegetação nativa está praticamente extinta e a grande maioria das propriedades não possuem áreas de preservação permanente e reservas legais suficientes para atender a legislação ambiental vigente. Essas propriedades rurais são também consideradas mini fundiárias, das quais 85% possuem área menor que 20 hectares (KUNTZ, 2011).

Em decorrência dessa pouca área produtiva da maior parte das propriedades, existe uma certa resistência por parte dos produtores no cumprimento da legislação ambiental. Aliado a isso existe também a falta de fiscalização, o que gera um cenário bastante impeditivo para conservação, tanto das áreas de floresta quanto da biodiversidade. Como ferramenta para tentar reduzir o impacto dessas áreas na UC, propomos um programa com as seguintes soluções:

### **2.1.1 Selo da propriedade amiga da natureza**

É um selo independente de caráter regional, que leva como animal bandeira no logo visual, os anfíbios de ambientes lóticos da região do PET. Esses animais foram escolhidos, para identificar essa relação, pela sua vulnerabilidade à perturbação antrópica. Tal fragilidade

tem como gatilho principal a perda de habitat. Essas espécies habitam pequenos riachos de áreas florestadas de Mata Atlântica. Estes são um dos ambientes onde ocorrem as espécies mais suscetíveis aos declínios populacionais (STUART, 2004).

O selo é uma certificação voluntária que pode ser conferido às propriedades que estão localizadas na zona de amortecimento do PET que aderirão ao programa: “Propriedade Amiga da Natureza”. A zona de amortecimento é definida segundo a Lei 9.985/2000, e regulamentada pelo plano de manejo do Parque Estadual do Turvo (SEMA, 2005).

A certificação objetiva principalmente atender às propriedades que têm recursos hídricos em sua área física e que estejam dispostas a comprovar que conservam ou estão recuperando esses ecossistemas de Áreas de Preservação Permanente (APP's) e também as suas Reservas Legais, (RL's) em acordo com o código florestal (Lei 12.651/12 de 25 de maio 2012). Outra lei que servirá como padrão regulatório é a Lei 12.727, de 17 de outubro de 2012.

O uso da imagem do selo na sede da propriedade será o indicativo visual de que a propriedade rural apresenta menor impacto ao PET em relação a outras propriedades que não o possuem, sendo um instrumento de marketing das atividades de produção da propriedade. Estão definidos quatro tipos de selos de acordo com a pontuação recebida nos padrões regulatórios:

- Selo Rã das pedras (Figura 2): primeira e mais rápida certificação requerida. Inclui o somatório de 30 pontos de um máximo de 100 pontos.

Figura 2 – Logomarca de identificação com selo Rã das pedras para propriedades que estão buscando a certificação de propriedade amiga da natureza e estão no início do programa executando um projeto de proteção das áreas de preservação permanente.



- Selo Perereca de vidro (Figura 3): segunda certificação possível nas propriedades. Inclui o somatório de 50 pontos recebidos pelos padrões regulatórios.

Figura 3 – Logomarca de identificação com selo Perereca de vidro para propriedades que estão buscando a certificação de propriedade amiga da natureza, e estão com áreas de preservação permanente e nascentes protegidas.



- Selo Curupi (Figura 4): propriedade precisa atingir 80 pontos, indicando uma propriedade em nível avançado de conservação.

Figura 4 – Logomarca de identificação de propriedades com selo Curupi, que estão buscando a certificação de propriedade amiga da natureza, e que estão com as áreas de preservação permanente e nascentes protegidas, além de também já possuírem a reserva legal estabelecida.



- Selo Curupi dourada (Figura 5): certificação de excelência em propriedades conservacionistas, sendo conferido a todas propriedades que pontuarem 90 pontos ou mais nos padrões regulatórios.

Figura 5 – Logomarca de identificação de propriedades com selo Curupi dourada que estão buscando a certificação de propriedade amiga da natureza e que estão com as áreas de preservação permanente e nascentes protegidas, além de também possuírem a reserva legal estabelecida e permitirem no local atividades de pesquisa e educação ambiental.



### 2.1.2 Padrões regulatórios

Os critérios são claros, confiáveis, independentes uns dos outros e amparados em levantamento do Cadastro Ambiental Rural (CAR) e por visitas técnicas da gestora do selo, que é independente e com credibilidade (composta pelas partes interessadas; produtores ONGs, consumidores, SEMA, Prefeituras, Universidades). Os padrões regulatórios são amparados por pontuações possíveis (Tabela 1) em uma escala de 1 a 100, onde 1 equivale a baixo índice de conservação e 100 corresponde a distinção em excelência conservacionista.

Tabela 1 – Critérios de pontuação para concessão dos selos ambientais.

<b>Critério</b>	<b>Pontuação obtida</b>
Possuir APP's em áreas consolidadas, cobertas por floresta nativa ou estar executando um projeto de recomposição das APP's. Em acordo com a Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012.	30
Possuir 30 metros de APP nos riachos em acordo com a Lei nº 12.651, de 25 de maio 2012. E 15 metros nas nascentes dos riachos da propriedade, em acordo com a Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012).	20
Possuir 30 metros de APP nos riachos em acordo com a Lei nº 12.651, de 25 de maio 2012. E 50 metros nas nascentes da propriedade, em acordo com a Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012).	25
Possuir RL ou estar recompondo a mesma em acordo com a Lei nº 12.651, de 25 de maio 2012.	10
Permitir atividades de educação ambiental e pesquisa na propriedade.	15

### 2.1.3 Ações do programa: “Propriedade Amiga da Natureza”

**Projeto Propriedade Legal:** nesse Projeto os proprietários rurais contarão com o auxílio gratuito na montagem de Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD's), contando com assessoria técnica e Anotações de Responsabilidade Técnica (ART) emitidas por biólogos cadastrados no Conselho Regional de Biologia 3ª Região (CRBio-03). PRAD é uma ferramenta utilizada diante de efeitos negativos causados por atividades antrópicas e objetiva o retorno da função ecossistêmica em um local onde ela não é mais funcional em partes ou na sua totalidade (REGENSBURGER et al., 2008).

O projeto será acompanhado por no mínimo 48 meses nos quais o PRAD será acompanhado pelo técnico que emitiu a ART, que ao final irá emitir um relatório descrevendo os resultados obtidos pelo produtor. O objetivo desse projeto é o de regularizar, perante a legislação ambiental, qualquer área da propriedade que necessite de recuperação ambiental. A logomarca propriedade legal também pode ser usada para marketing na sede da propriedade rural.

**Projeto Trilhas do Salto Grande:** esse projeto tem como objetivo estabelecer a Educação Ambiental (EA) nas propriedades da zona de amortecimento. De acordo com a Política Nacional de EA, estabelecida pela Lei nº 9795/1999, considera-se essa como os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio



ambiente. Como ferramenta, a EA é uma prática que intenciona integrar a temática socioambiental no espaço do conhecimento dos recursos naturais e da valorização ambiental, através da transformação do ser humano em agente transformador e multiplicador das concepções obtidas e absorvidas para melhoria da qualidade de vida (SOUZA et al., 2012).

Uma das ferramentas utilizadas pela EA consiste nos percursos interpretativos ou Trilhas Interpretativas. Nessas, ocorre a divulgação científica, com a tradução do conhecimento científico por pesquisadores para as pessoas, transformando as suas atitudes e formando assim um multiplicador do conhecimento ambiental. Essas trilhas podem ser temáticas, com a predefinição de um tema antes de seu início ou mesmo de descoberta em seu desenvolvimento. Além disso, pode-se aliar turismo rural de lazer, servindo para todos os públicos e idades (TABANEZ; PADUA, 1997). As propriedades rurais que desejarem aderir ao projeto contarão com o auxílio gratuito na montagem das trilhas, bem como, na formação de monitores que irão acompanhar os turistas no percurso.

**Projeto na Mira do Passarinho:** aves são animais carismáticos com belas plumagens e em virtude de sua vocalização destacam-se no meio ambiente. Observadores de aves são, acima de tudo, conservacionistas, e suas atividades são consideradas de baixo impacto ambiental e podem ser lucrativas economicamente para os locais que os recebem. Os locais propícios para essa atividade podem utilizar essa riqueza natural como recurso econômico (DIAS; FIGUEIRA, 2010). Nesse projeto, as propriedades poderão ter acesso a estudos de viabilidade da atividade no local. Serão preparados monitores para o acompanhamento e introdução de comedores de aves, que pode ser utilizado para atrair a avifauna na propriedade, possibilitando a observação de aves. Alimentar pássaros silvestres através de comedouros não é considerado uma atividade prejudicial para as aves, podendo até ser importante para ajudar na sobrevivência de algumas espécies em períodos em que os recursos alimentares se encontram escassos.

**Projeto Sapo do meu Brejo:** detentor da maior diversidade de anfíbios do planeta, o Brasil é responsável por mais de 14% da diversidade mundial de anfíbios. Lamentavelmente, muitas dessas espécies estão ameaçadas de extinção ou já desapareceram por completo (SEGALLA et al., 2019). Entre os vertebrados, os anfíbios foram os primeiros a deixar o meio aquático e a se aventurar em terra firme. Porém, passam parte da vida na água e parte na terra, e são encontrados em ambientes úmidos. Tornaram-se bioindicadores de qualidade ambiental e biocontroladores de populações de insetos. São animais facilmente encontrados pela vocalização emitida pelos machos, sobretudo nos meses quentes (DUELLMAN; TRUEB, 1994).

São presença constante em áreas rurais úmidas e sua história natural, apesar de fascinante, é desconhecida pelas pessoas e também fonte de muitas lendas e crenças populares. Assim, ao contrário do que vulgarmente se pensa, nem todos os sapos são verdes, nem todos são noturnos, nem todos coaxam, nem todos depositam ovos na água ou passam pela fase de girino. Existe uma infinidade de cores que os enfeitam, espécies mudas, diurnas, que se comunicam acenando com os membros, que carregam seus filhotes e até aquelas que dão à luz juvenzinhos que são miniaturas perfeitas dos pais (VERDADE et al., 2010). Trazer esse conhecimento sobre esse grupo fantástico para o ecoturismo nas propriedades que desejarem é o objetivo principal desse projeto, que também visa a formação de guias mirins oriundos do local.

**Projeto Museu da Minha Família:** museus são instituições de memória, abertos ao público com o intuito de preservar a história, e para isso apresentam ações como coletar, registrar, catalogar, classificar e salvaguardar objetos que representam testemunhos históricos que contextualizam uma época, fatos, vidas e cotidianos, refletindo, dessa forma, a sociedade e seus costumes no período representado (RODRIGUES, 2010).

Nesse projeto propomos auxiliar na catalogação e contextualização de um acervo familiar que será exposto na sede da propriedade participante, objetivando contar a história da família que está recebendo os visitantes. Geralmente, estes locais são repletos de histórias familiares que se misturam a lendas e que devem ser conservadas. Os visitantes terão como foco na visita uma proposta de ação educativa. A ideia principal não é “ensinar”, mas fazer com que as informações sejam passadas de forma simples, lúdica, e que cada participante aprenda se divertindo com as histórias da família que estão visitando.

**Projeto Conheça meu Pomar:** o país produz anualmente 40 milhões de toneladas de frutas em pequenas áreas, trazendo um alto valor comercial agregado e também bons índices de empregabilidade. É considerado o terceiro maior mercado produtor mundial de frutas, mas apesar dessa expressiva produtividade atua com aproximadamente 2% do mercado mundial desse setor (KIST et al., 2019).

Produção de frutas pode ser a atividade secundária da propriedade rural, pois, compreende a ocupação de um pequeno espaço da propriedade. Porém, essa atividade pode ser utilizada no ecoturismo, sendo recomendada pelos serviços de extensão e de economia rural como alternativa econômica e de fixação do homem no campo. Nesse sentido, torna-se uma alternativa extra de renda na propriedade disposta a receber turistas, que poderão coletar as frutas diretamente das árvores produtoras e assim ter um contato maior com o ecossistema. O projeto prevê a parceria de serviços com a representante natural do serviço oficial de

extensão rural do Estado, a Emater/RS-ASCAR, para determinação das espécies e manejo adequado da cultura.

#### **2.1.4 Personagem Fictício Associado**

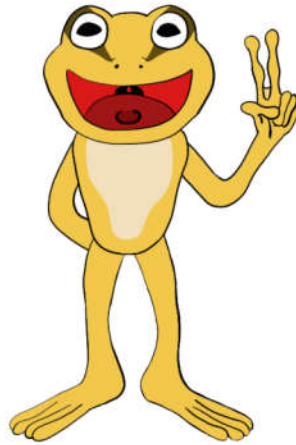
Além dos selos, prevemos um personagem que irá interagir com o público, seja como marca gráfica de identificação do programa ou também como membro atuante na contação da história da região.

Personagens fictícios são um elemento fundamental para garantir o envolvimento do público com o tema que se deseja abordar. De antemão, um personagem não existe apenas em sua representação gráfica, ele é um conceito. A representação deste não deve ser somente um desenho, existindo assim a necessidade de ilustrar sua personalidade e comportamento para que o personagem represente mesmo existir para o público que se deseja atingir, pois, qualquer obra seria entediante sem a presença de um personagem (BLAIR, 1995).

O nome do personagem é Curu (Figura 6), uma alusão a *Boana curupi* (GARCIA; FAIVOVICHI; HADDAD, 2007), um anfíbio bastante sensível, bioindicador de qualidade de habitat e endêmico de pequenos riachos de Mata Atlântica (LIPINSKI et al., 2016). Curu é um adulto, de gênero masculino, atemporal, pois ele vai contar a história da colonização do local com todos seus ciclos econômicos, começando com a derrubada da floresta para venda internacional da madeira no ciclo das balsas. Nessa época as árvores eram cortadas da floresta, levadas até as encostas do rio Uruguai, onde eram amarradas e os balseiros então navegavam com essa estrutura, passando pelo Salto do Yucumã, para vender na Argentina (ONGHERO; FRANCESCHI, 2009), até o ciclo atual das monoculturas.

Curu possui uma personalidade carismática, não possui dentes, desconfia demais da maioria dos humanos, especialmente quem derruba a floresta ou caça os animais. Está sempre preocupado com a proteção da floresta e tem muito medo do sol. Pela sensibilidade que a espécie possui quando exposta a radiação UV ela pode ter sua estrutura dentária da forma larval afetada (LONDERO et al., 2017). Curu não morava no PET, mas agora teve que se mudar, pois a mata ciliar dos ambientes do entorno da UC está sumindo. Ele é o personagem principal de divulgação do programa e será utilizado para educação ambiental e interagirá com outros personagens no decorrer de sua saga.

Figura 6 – Logomarca de identificação do programa propriedade amiga da natureza estampada em fundo branco exibindo as características sociáveis do personagem Curu.



### **2.1.5 Pagamento por Serviço Ambiental**

O Programa Propriedade Amiga da Natureza, prevê o desenvolvimento de suas ações nas áreas de APP e RL, e tem ação imediata. Para ações fora das esferas de APP e RL, propomos um PSA. Esse instrumento será preconizado a partir do momento que a propriedade rural, já cumpre todos os critérios contidos na tabela 01.

O serviço ambiental a ser ofertado é a manutenção de áreas de APP, em maior metragem, do que determina a legislação, porém devem ser associadas na APP, determinada na lei. A remuneração para o serviço é calculada na renda média da produção agrícola das culturas que serão abolidas nas áreas, convertidas em R\$.

O pagador dos serviços ambientais pode ser o Poder Público ou agente privado situado na condição de beneficiário ou usuário de serviços ambientais, em nome próprio ou de uma coletividade. E o provedor de serviços ambientais é a pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, grupo familiar ou comunitário que, preenchidos os critérios de elegibilidade, mantém, recupera ou melhora as condições ambientais de ecossistemas, que prestam os serviços ambientais. A logomarca Curu, irá também identificar a adesão ao PSA.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 PRIMEIRAS ATIVIDADES

A proposta do “Programa Propriedade Amiga da Natureza” foi apresentada para o Conselho Consultivo do Parque Estadual do Turvo, criado pela Portaria SEMA nº 25, de 13 de março de 2017. O Conselho é composto por 20 (vinte) instituições-membros representativas dos órgãos públicos e sociedade civil organizada. Uma das atribuições do Conselho é o acompanhamento e a implementação efetiva do Plano de Manejo do Parque Estadual do Turvo (SEMA, 2005). No dia 28 de novembro de 2019, às 14:00h no centro de visitantes Biólogo Carlos Porto da Silva, o programa foi apresentado e aprovado pelos conselheiros (Anexos A, B e C).

Conforme acertado na reunião do conselho consultivo realizada no dia 28 de novembro de 2019, foi montado um Grupo de Trabalho (GT) responsável pelo início da implantação do Programa. No dia 10 de dezembro de 2019, reuniram-se na sede administrativa do PET, na linha cascatinha número 1300 em Derrubadas/RS o GT, onde foi revisto os pontos principais do programa e realizada sua adequação ao plano de manejo da UC (Anexos D e E). Também, nessa reunião, foi definida a propriedade modelo que será estruturada de acordo com os padrões do selo para ser apresentada na próxima reunião do GT.

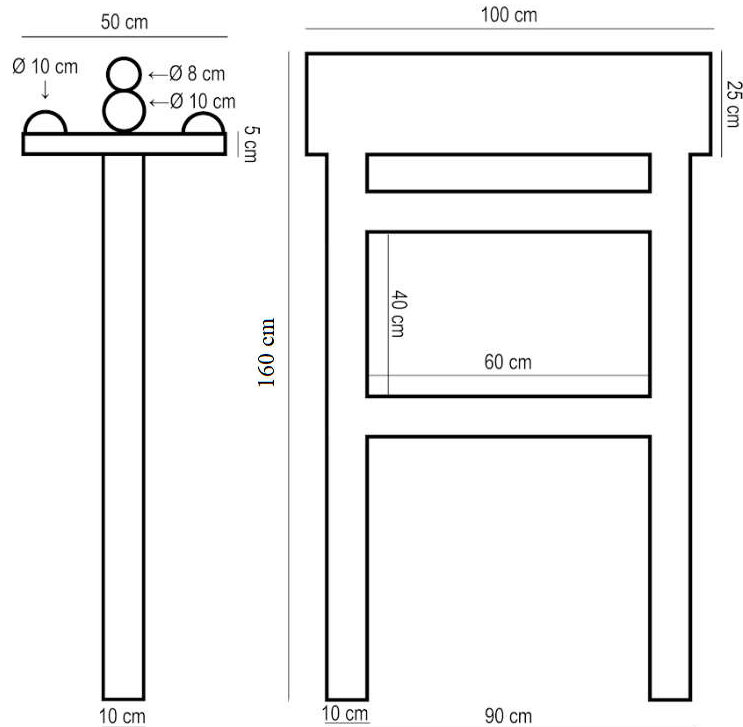
A propriedade rural familiar lindeira ao PET, com o número de matrícula 6366, no lote rural número 49, na 3ª Seção Brasil, adquirida no dia 06 de novembro de 1958, com área total de 28,2027 hectares, equivalentes a 1,41 módulos fiscais, com 2,0951 hectares em APP e 4,1999 hectares em RL, na cidade de Derrubadas/RS, de propriedade do CPF: 247.738.240-34, aceitou ser a propriedade modelo para o programa “Propriedade Amiga da Natureza” e está passando por um processo de regularização ambiental no Projeto Propriedade Legal e Museu da Minha Família (Anexo F).

#### 3.2 SELOS

Os selos de identificação das propriedades que aderirão ao programa são de fácil identificação, aderidos em fundo branco, e serão fixados em locais visíveis da propriedade em uma estrutura de madeira roliça rústica de 160 centímetros de altura (Figura 7). Esta estampa ficará do lado esquerdo e identificará a responsabilidade da propriedade em relação à

legislação ambiental. O lado direito da estrutura será utilizado para destacar os projetos que a propriedade aderiu.

Figura 7 – Local de fixação das logomarcas (vista lateral e frontal) de identificação do programa propriedade amiga da natureza; essa estrutura será fixada na sede da propriedade.



### 3.3 PERSONAGEM CURU

Como personagem central da divulgação, ele é estampado em fundo branco e será divulgado junto aos selos quando for de interesse de divulgar os projetos no programa (Figura 6).

## 4 DISCUSSÃO

Quando a temática “Meio Ambiente” é exposta e os temas que abordam conservação da biodiversidade e recursos hídricos são apresentados, não temos como os desagregar da legislação ambiental que os ampara. É por intervenção dessa legislação ambiental que são estabelecidos os procedimentos para que a sociedade mantenha esses recursos ambientais. Desta forma, aqui é considerada a principal lei encarregada de proteger a paisagem natural do

Brasil, através da proteção da vegetação nativa, o Código Florestal, (LEI 12.651/12), que está em vigor no País desde maio de 2012, e suas alterações em acordo com a Lei 12.727, de 17 de outubro de 2012. Ambas as legislações ressaltam a obrigatoriedade de proteger e usar, de forma sustentável, as florestas, consagrando o compromisso do País com a compatibilização e harmonização entre o uso produtivo da terra e a preservação da água, do solo, da vegetação e da biodiversidade.

Para cumprir seu objetivo de conservação, essa lei estabelece dois tipos de áreas: a Reserva Legal (ou RL) e a Área de Preservação Permanente (ou APP). RL é a fração da propriedade rural que terá que ser preservada, abrigando parte singular do ambiente natural do ecossistema regional, mantendo assim a biodiversidade local. No Bioma Mata Atlântica, esse percentual é de no mínimo 20% da área física da propriedade.

Já as APP's têm como meta proteger os ambientes mais vulneráveis das propriedades, como: margem de rios, topos de morros e encostas que protegem especialmente os recursos hídricos de erosões. A função também passa pela proteção de nascentes e da biodiversidade local. A lei estabelece usos bastantes restritivos para essas áreas, onde não é permitido cultivos ou exploração econômica. Porém, permite menos restrições de acordo com o tamanho da propriedade na recomposição dessas áreas, desde que sejam consideradas áreas consolidadas.

Áreas consolidadas são um novo conceito de áreas trazido pela renovação do código florestal de 2012, em que houve uma anistia de locais que eram utilizados anteriormente ao ano de 2008, ficando assim estabelecido: área rural consolidada é a área de imóvel rural com ocupação antrópica que comprovadamente era de efetivo uso antes do dia 22 de julho de 2008, com edificações, benfeitorias ou atividades agrossilvipastoris. Em resumo, área rural consolidada é aquela que, até dia 22 de julho de 2008, teve sua vegetação natural modificada pela ação antrópica e que não necessita ter atualmente a reconstituição plena de acordo com a Lei nº 12.651/2012, mas para isso é levado em consideração o número de módulos fiscais da propriedade. Quanto menor for a propriedade, menor é o tamanho da área que deve ser recomposta. Por exemplo, uma propriedade com até 1 módulo fiscal que comprovar que estava utilizando a APP antes da data de anistia (julho de 2008) é obrigada a recuperar 5 metros de margem de riachos e 8 metros para os imóveis entre 1 e 2 módulos fiscais; já a propriedade que estava legalizada na faixa de 30 metros antes da anistia não poderá mais alterar a área.

A definição de módulo fiscal foi apresentada pela Lei nº 6.746 de 10 de dezembro de 1979 e seu valor expressa a área mínima em hectares necessária para que uma unidade

produtiva seja economicamente viável. A determinação leva em consideração o tipo de exploração predominante no Município, a renda obtida e também o conceito de "propriedade familiar", que contempla as propriedades que cultivem com sua família, admitida a ajuda eventual de terceiros. No novo código florestal do Brasil, definido pela Lei nº 12.651/2012, o valor do módulo fiscal é utilizado como parâmetro legal para a sua observância em diversos contextos, como na definição de benefícios atribuídos à pequena propriedade ou posse rural familiar e principalmente na definição da anistia de faixas mínimas para recomposição de APP's e manutenção ou recomposição de RL, que em propriedades familiares, entre 1 e 4 módulos fiscais, têm suas dimensões de APP e RL atenuadas em relação a propriedades maiores. A propriedade modelo deste estudo possui área de 1,4 módulos fiscais e na região onde ela está inserida o tamanho de 1 módulo fiscal equivale a 20 hectares.

Devemos considerar também que APP's de propriedades que estão em áreas próximas a UC's tem mais uma particularidade a ser seguida pela Lei 12.727/2012, que rege: as Áreas de Preservação Permanente localizadas em imóveis inseridos nos limites de Unidades de Conservação de Proteção Integral criadas por ato do poder público, até a data de publicação desta Lei, não são passíveis de ter quaisquer atividades consideradas como consolidadas, ressalvado o que dispuser o Plano de Manejo da UC, elaborado e aprovado de acordo com as orientações emitidas pelo órgão competente do Sisnama, nos termos do que dispuser o regulamento do Chefe do Poder Executivo, devendo o proprietário, possuidor rural ou ocupante a qualquer título adotar todas as medidas indicadas no Plano de Manejo. Isso interfere diretamente nas propriedades da área da Zona de Amortecimento, porém, o Plano de Manejo do PET foi elaborado em 2005 (código florestal é de 2012) e reduziu a área de 10 km de entorno para 3 km, o que permite uma adequação legal das propriedades.

Apesar da legislação ambiental ser de suma importância para o propósito a que está vinculada, esta tem sido regularmente contestada por especulações que sustentam que a preservação e conservação da natureza sejam antagônicas ao desenvolvimento e crescimento econômico. Portanto, o fato dela estar baseada essencialmente em mecanismos fiscalizatórios e coibitivos, paradoxalmente, tem reflexos danosos para o desenvolvimento geral da sociedade, em particular no meio rural. Isto agrava ainda mais a já precária situação de sobrevivência de grande parcela dos agricultores familiares do sul no país, por onerar o processo produtivo agrícola e por não propiciar os elementos básicos que permitam ao público envolvido o cumprimento das obrigações (NEUMANN; LOCH, 2002).

Nessa seara, propor uma certificação ambiental, objetivando conservação da biodiversidade, é desafiador, seja na delimitação das regras ou na atuação como produtor



participante. É importante termos a compreensão de que esta se trata de uma iniciativa que irá envolver interesses públicos e privados. Assim, isso pode ser mais complexo que certificações apenas técnicas. Portanto, as normas de certificação devem ser claras e permitirem a participação de todos atores interessados, além de permitir o desenvolvimento econômico e a preservação da biodiversidade.

O Brasil é reconhecido mundialmente por sua biodiversidade, sendo considerado um dos países do mundo com megadiversidade, disputando com a Indonésia o título de nação biologicamente mais rica do nosso planeta. Apesar deste privilégio, nosso país é muito criticado pelo o que perde com desmatamento, conversão de paisagens naturais em plantações e expansão industrial e urbana (MITTERMEIER et al., 2005).

Uma das estratégias de maior êxito na conservação dessa biodiversidade do país são as UC's estabelecidas pela Lei 9.985, de 18 de julho de 2000. Esta é a Lei que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) e estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação. Perante essa legislação, conceitua-se Unidade de Conservação como: espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção.

Porém para que uma UC seja funcional e desempenhe seu papel na conservação ao ser criada, invariavelmente são implantadas com ela um conjunto de medidas restritivas em relação ao seu uso, principalmente quanto à exploração de recursos que anteriormente não eram impedidos (WELLS et al., 1992). Também de acordo com a Lei 9.985/2000, atividades humanas na zona de amortecimento no entorno de uma unidade de conservação estão sujeitas a normas e restrições específicas, com o propósito de minimizar os impactos negativos sobre a UC gerados pelas atividades externas da área.

Essas medidas reiteradamente geram conflitos de todas as naturezas, sobretudo com a população do entorno da UC. Ao considerarmos esses problemas e as esferas sociais que eles sabidamente afetam, a Lei 9.985/2000 trata de diretrizes que asseguram a participação efetiva das populações locais na criação, implementação e gestão das UCs, além da realização de práticas de EA e condução das atividades de lazer e do ecoturismo. Essas atividades podem representar o sucesso do objetivo principal de uma UC que é a conservação da natureza, pois, geram um sentimento de pertencimento da UC com as populações do local onde esta foi implantada. Do contrário, a estratégia de implantação e gestão de uma UC pode não funcionar de modo satisfatório.

A área do entorno do PET possui um perímetro de 90 km e a zona de amortecimento compreende uma área com 45 km de perímetro, o que totaliza 13.900 hectares externos a UC. Assim, a Lei 9.985/2000 determina instaurar práticas que possibilitem reduzir o impacto das atividades do entorno no PET restringindo seu uso. A definição da zona de amortecimento foi fundamentada em limites que incluem as áreas de interferência que podem afetar diretamente o PET. Nesses locais, o plano de manejo da UC estimula que ocorram discussões com as comunidades da região sobre as atividades realizadas no entorno do PET, com possíveis adequações para a minimização dos impactos ambientais. Também estimula estabelecer um programa de educação ambiental, com os distintos setores presentes na zona de amortecimento, visando ampliar a consciência a respeito da importância e dos benefícios da UC e orientar o uso sustentável destas áreas. Enfatiza também que as iniciativas de turismo a serem realizadas na zona de amortecimento devem estar fundamentadas no conceito de turismo sustentável, entendido como o turismo que satisfaz critérios de sustentabilidade social, cultural, ecológica e econômica (SEMA, 2005). Portanto, nosso programa vem exatamente no encontro dessas aspirações do Plano de Manejo.

O turismo baseado na natureza, ou ecoturismo, utiliza os recursos de áreas naturais, incluindo espécies, habitats, paisagens e recursos hídricos. Objetiva atrair um público que almeja conhecer áreas não urbanizadas e que estejam próximas da vida selvagem. Por fim, esse turismo pode fornecer a tão custosa viabilidade econômica para a conservação da biodiversidade e conscientizar quem está visitando e quem os recebe sobre educação ambiental, que por si só pode promover uma mudança na forma da sociedade de ver o mundo natural (GOODWIN, 1996). Ecoturismo, quando pesquisado, é sempre apontado como uma excelente ferramenta para conservação da biodiversidade. No Brasil o exemplo mais contundente vem das fazendas de criação de gado do pantanal sul mato-grossense, que tradicionalmente enfrentam problemas com perdas financeiras ocasionadas por onças (*Panthera onca*). Atualmente, a renda obtida com esse tipo de turismo supera infundavelmente o prejuízo causado por elas sobre o gado (TORTATO et al., 2017).

Além da renda obtida pelo ecoturismo a proposta de um PSA, é importante para manutenção de áreas naturais e renda. No Brasil, PSA's são incipientes e pouco conhecidos, porém devem ganhar destaque após a aprovação do PL 312/2015 (BRASIL, 2015). Esse instrumento econômico de pagamento por serviços ambientais, permite conciliar duas atividades que eram antagônicas, sendo previstos na Lei 12.651/2012 (BRASIL, 2012). Também tem projeção na Lei 12.727/2012 (BRASIL, 2012), que no artigo 41 determina que o pagamento ou incentivo a serviços ambientais serão prioritariamente destinados aos

agricultores familiares. Apesar do respaldo legal um PSA depende ainda de regulamentação específica.

De acordo com o PL que instituirá a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA), o pagamento poderá ocorrer por meio de remuneração monetária ou por melhorias sociais à comunidade em que está inserido. O PSA a ser instituído depende integralmente da aprovação do PL e da determinação da PNPSA. Será um instrumento acessório pois o PL, ressalva-se por um parágrafo único do PL 312/2015 (BRASIL, 2015) que veta um PSA por meio de remuneração monetária com recursos públicos, em Área de Preservação Permanente e Reserva Legal, nos termos da legislação florestal, exceto em áreas consideradas críticas para o abastecimento público de água, que não é o contexto da área do PET. Nesse entendimento na área de estudo, outros recursos devem ser buscados, especialmente privados, e/ou outras áreas, além das APP's e RL's devem ser objetivadas.

É exatamente nessa temática que a proposta de implantação do programa Propriedade Amiga da Natureza se encaixa. Pois, objetiva promover o desenvolvimento sustentável da região, com total destaque na comunidade local, criando oportunidades para o desenvolvimento do turismo ecologicamente sustentável nos arredores em conjunto com um PSA. Isso culmina colaborando na promoção da recuperação e melhoramento das áreas agrícolas, por meio da recuperação de áreas degradadas, com ênfase na zona de amortecimento do PET.

## **5 PERSPECTIVAS**

Espera-se que os selos criados ao longo do desenvolvimento desse projeto de doutorado permitirão agregar recursos financeiros às propriedades participantes, compensando assim a perda da produção, gerada pelo cumprimento dos padrões regulatórios exigidos para ostentar a marca do nosso programa. Para isso, utilizaremos ações voltadas ao desenvolvimento do ecoturismo, turismo rural e PSA, em um enredo que ajuda a preservação do meio ambiente, mas também fortalece as propriedades rurais locais, por meio da atração de um público alvo que busca experiências autênticas, focadas no contato imersivo com a natureza e com a população local.

## REFERÊNCIAS

BLAIR, Preston. **Cartoon animation**. Walter Foster Publishing, 1995. 224p.

BRASIL, **Lei nº 6.746, de 10 de dezembro de 1979**. Altera o disposto nos arts. 49 e 50 da Lei nº 4.504, de 30 de novembro de 1964 (Estatuto da Terra), e dá outras providências. Diário oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 11 de dezembro de 1979.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 de maio de 2012.

BRASIL. **Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012**. Altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei nº 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2º do art. 4º da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Diário oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 de outubro de 2012.

BRASIL. **Lei Nº 9795, de 27 de abril de 1999** - Lei de Educação Ambiental - Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Diário oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 de abril de 1999.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 19 de julho de 2000.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Nosso Futuro Comum**. 2. ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991.

CUNHA, N. G. da; SILVEIRA, R. J. C. da; SEVERO, C. R. S. **Estudo de Solos do Município de Derrubadas - RS**. Circular técnica 51, Pelotas, 2006.

DIAS, R.; FIGUEIRA, V. O turismo de observação de aves: um estudo de caso do município de Ubatuba/SP-Brasil. **Revista de Estudos Politécnicos**, v.8, n.14, p. 85-96, 2010.

DUELLMAN, W. E.; TRUEB, L. **Biology of amphibians**. 2. ed. Baltimore; London: McGraw-Hill, 1994.

EEA - European Environment Agency, 2015. The European Environment — State and Outlook 2015: Synthesis Report. European Environment Agency, Copenhagen.

FAO Agriculture Series. Rome (Italy): **The state of food and agriculture**. 1989.

GOODWIN, H. In Pursuit of Ecotourism. **Biodiversity and Conservation**, v.5, n.3, p. 277–292, 1996.

GUADAGNIM, D. **Zonificación del Parque Estadual do Turvo, RS, Brasil, y directivas para el plan de manejo**. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Maestría, 1994. 61p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE - Manuais Técnicos de Geociências. **Manual técnico da vegetação brasileira: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos**. Rio de Janeiro, 2012. 271p.

IRGANG, B. E. A mata do Alto Uruguai no RS. **Ciência e Cultura**, v. 32, n. 3, p. 323-324, 1980.

JARENKOW, J. A.; WAECHTER, J. L. Composição, estrutura e relações florísticas do componente arbóreo de uma floresta estacional do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, p. 263-272, 2001.

KIST, B. B. et al. **Anuário brasileiro de horti fruti**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2018.

KOTTEK, M. et al. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, n. 3, p. 259-263, 2006.

KUNTZ, E. R. **Área de Preservação Permanente e Reserva Legal no Município de Derrubadas-RS**. 2011. 76p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação Tecnológica em Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Disponível em:  
<<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/52335/000825520.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 04 de dezembro de 2019.

LIPINSKI, V. M.; SANTOS, T. G. DOS.; SCHUCH, A. P. An UV-sensitive anuran species as an indicator of environmental quality of the Southern Atlantic Rainforest. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v.165, p.174-181, 2016.

LONDERO, J. E. L. et al. Impacts of UVB radiation on food consumption of forest specialist tadpoles. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.143, p.12-18, 2017.

MITTERMEIER, R. A. et al. A Brief History of Biodiversity Conservation in Brazil. **Conservation Biology**, v.19, n.3, p. 601-607, 2005.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n.6772, p. 853-858, 2000.

NEUMANN, P. S.; LOCH, C. Environmental legislation, rural development and family farming. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.2, p. 243-249, 2002.

ONGHERO, A. L.; FRANCESCHI, L. A. Rio Uruguai, usos e recursos: memórias de moradores do Oeste de Santa Catarina e Noroeste do Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE HISTÓRIA, 2009, Fortaleza/CE. **Anais do XXV Simpósio Nacional de História – História e Ética**. Fortaleza: ANPUH, 2009.

PATERNIANI, E. Agricultura sustentável nos trópicos. **Estudos Avançados**, v.15, n.43, 2001.

PERUGINI, M. et al. Occurrence of agrochemical residues in beeswax samples collected in Italy during 2013–2015. **Science of the Total Environment**, v. 625, p. 470-476, 2018.

POTTS, J. et al. The State of Sustainability Initiatives Review 2014. **Standarts and the green economy**. Disponível em: <[https://www.iisd.org/pdf/2014/ssi\\_2014.pdf](https://www.iisd.org/pdf/2014/ssi_2014.pdf)>. Acesso em: 04 de dezembro de 2019.

RAMBO, B. Migration routes of the south brazilian rain forest. **Pesquisas, Série Botânica**, v.12, n.1-54, 1961.

RAMBO, B. **A fisionomia do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: Selbach, 1956. 471p.

REGENSBURGER, B.; COMIN, J. J.; AUMOND, J. J. Integração de técnicas de solo, plantas e animais para recuperação de áreas degradadas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.6, p.1773-1776, 2008.

RODRIGUES, A. R. O Museu Histórico como agente de Ação Educativa. **Revista Brasileira de História & Ciências Sociais**, v.2, n.4, 2010.

ROJAS, M.; AYLWARD, B. Qué estamos aprendiendo de la experiencia com los mercados de servicios ambientales en Costa Rica? **Revisión y crítica de la literatura**. Hertfordshire, UK: International Institute for Environment and Development, 2003. Disponível em: <<https://pubs.iied.org/9247SIIED/?k=Costa+Rica>>. Acesso: em 21 abril de 2020.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Perfil das Cidades Gaúchas: Derrubadas**, 2019. Disponível em: <<http://www.datasebrae.com.br/rs>>. Acesso em: 4 Dezembro de 2019.

SEGALLA, M. V. et al. Brazilian Amphibians: List of Species. **Sociedade Brasileira de Herpetologia**, v.8, n.1, 2019.

SEMA - Secretaria do Meio Ambiente. **Plano de manejo do Parque Estadual do Turvo**. Porto Alegre, Divisão de Unidades de Conservação do Estado do Rio Grande do Sul, 2005.

SEMA. **Portaria nº 25, de 13 de março de 2017**. Cria o Conselho Consultivo do Parque Estadual do Turvo e dá outras providências. Diário Oficial da União, Porto Alegre, RS, 13 de março de 2017.

SOUZA, V. T. et al. Interpretative trails as a tool for environmental education. **Ensino, Saúde e Ambiente**, v.5, n.2, p.294-304, 2012.

STUART, S. N. et al. Status and Trends of Amphibian Declines and Extinctions Worldwide. **Science**, v.306, n.5702, p.1783-1786, 2004.

TABANEZ, M. F.; PADUA, S. M. (orgs.). Educação Ambiental: caminhos trilhados no Brasil. **Instituto de Pesquisas Ecológicas – IPÊ**, Brasília, 1997.

TORTATO, F. R. et al. The numbers of the beast: Valuation of jaguar (*Panthera onca*) tourism and cattle depredation in the Brazilian Pantanal. **Global Ecology and Conservation**, v.11, p.106-114.

VELOSO, H. P.; GÓES-FILHO, L. Fitogeografia brasileira: classificação fisionômica-ecológica da vegetação neotropical. **Boletim Técnico do Projeto RADAMBRASIL, Vegetação**, v.1, p.1-80, 1982.

VERDADE, V. K.; DIXO, M.; CURCIO, F. F. Os riscos de extinção de sapos, rãs e pererecas em decorrência das alterações ambientais. **Gestão e estudos ambientais. Estudos avançados**, v.24, n.68. São Paulo, 2010.

WELLS, M.; BRANDON, K.; HANNAH, L. **People and Parks: Linking Protected Area Management with Local Communities**, World Bank /WWF / USAID, Washington, DC, 1992.

WUNDER, S. Payments for environmental services: Some nuts and bolts. Center for International Forestry Research. CIFOR. **Occasional Paper**, n. 42, Jakarta, 2005.





**ANEXO A – ATA DA REUNIÃO COM O CONSELHO CONSULTIVO DO PARQUE ESTADUAL DO TURVO NO DIA 28 DE NOVEMBRO DE 2019**




**GOVERNO DO ESTADO  
RIO GRANDE DO SUL**  
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE  
E INFRAESTRUTURA

**ATA DA REUNIÃO DO CONSELHO CONSULTIVO DO PARQUE ESTADUAL DO TURVO, REALIZADA EM 28 DE NOVEMBRO DE 2019.**

Aos 28 (vinte e oito) dias do mês de novembro de 2019, às 14h, no auditório do Centro de Visitantes Biólogo Carlos Porto da Silva, localizado no Parque Estadual do Turvo, Linha Cascatinha, nº 1300, neste município de Derrubadas/RS, deu-se a segunda reunião do Conselho Consultivo do Parque Estadual do Turvo de 2019. Participaram da reunião as seguintes entidades e seus representantes: SEMA (Rafael Diel Schenkel, Romualdo Tavares Araujo), AVEMISSÕES (Carlos Neimar Kuhn), INSTITUTO CURICACA (Alexandre Krob e Letícia Bolzan), PREFEITURA MUNICIPAL DE DERRUBADAS (Ezequiel Weber, Angelita Bomm dos Santos), PREFEITURA MUNICIPAL DE TRÊS PASSOS (Diego Hider Maciel), COMITÊ TURVO (Antônio Notzold), UERGS (Márlon Vasconcelos), URI (Marcelo Carvalho da Rocha, Jani Gihl, Débora Kunzel, Aline Candaten), UNIJUÍ (Fabiano G. Bach, Emerson da Cruz), BALCÃO SEMA/FEPAM – SANTA ROSA (Elenir Dahmer Linauer, Melissa Bergmann), PRÓ-TURVO (Enio Elsenbach), BRIGADA MILITAR (Adelar Bianchini, Fábio Casola), e EMATER (Carlos Rogério Kinst), constantes na lista de presença anexa a esta ata. **ASSUNTOS EM PAUTA: 1. Boas-vindas, ata da reunião anterior, e implementação da zona de amortecimento do Parque Estadual do Turvo.** Rafael Diel Schenkel, gestor do Parque Estadual do Turvo, procedeu à abertura da reunião dando boas-vindas aos presentes. Perguntou se havia necessidade de se realizar a leitura da ata da reunião anterior, tendo em vista que a mesma havia sido enviada, anteriormente, para os conselheiros. Esclareceu que a reunião seria realizada das 14h às 16h. A seguir, explicou que a pauta principal da reunião seria a implementação da zona de amortecimento. Complementou que a zona de amortecimento já estava delimitada, mas que a fiscalização não era eficiente por conta de

uma série de fatores, e que havia um processo do Ministério Público para que providências fossem tomadas. Desse modo, a questão seria debatida com os conselheiros, visando buscar soluções. Em seguida, passou a palavra para o professor Marcelo Carvalho da Rocha, que realizou um trabalho/pesquisa no parque, intitulado: Influência da exposição combinada de agrotóxicos e radiação UV em larvas de anuros (Amphibia, Anura), em áreas protegidas e perturbadas de Mata Atlântica no sul do Brasil. O professor Marcelo falou sobre sua trajetória no Parque Estadual do Turvo e deu início à apresentação do trabalho. Explicou sobre o projeto de criação de um selo para o pequeno produtor, incentivando o desenvolvimento sustentável. Rafael relatou sua preocupação com o processo do Ministério Público, destacou que observou no projeto de criação do selo, apresentado pelo professor Marcelo, uma maneira de minimizar os impactos na zona de amortecimento, e propôs a formação de um grupo de trabalho para estudar o processo de implementação da zona de amortecimento. Alexandre destacou que o projeto do selo estava fundamentado em outros que já foram realizados, e então sugeriu que fosse estudada a cadeia econômica, para garantir a efetivação das ideias. Rafael explicou sobre a importância de organizar o grupo de trabalho. Elenir explanou sobre o CAR (Cadastro Ambiental Rural). Ficou definido que o grupo de trabalho seria composto pelos seguintes participantes: Melissa Bergmann (Balcão SEMA/FEPAM – Santa Rosa), Marlon C. Vasconcelos (UERGS), Fabiano Gomes Bach (UNIJUÍ), Diego Hider Maciel (Prefeitura Municipal de Três Passos), Marcelo Carvalho da Rocha (URI), Angelita Bomm dos Santos (Prefeitura Municipal de Derrubadas), Enio Elsenbach (Pró-Turvo) e Rafael Diel Schenkel (SEMA). A reunião do grupo de trabalho ficou agendada para o dia 10 de dezembro de 2019, às 13h30min, e a reunião do Conselho Consultivo ficou agendada para o dia 19 de março de 2020. Por fim, a secretária do turismo de Derrubadas, Angelita Bomm dos Santos, fez uma breve apresentação sobre o uso público do Parque Estadual do Turvo. Não havendo mais nada a tratar, a reunião foi encerrada e, posteriormente, a ata será assinada pelos participantes.

**ANEXO B – LISTA PARTICIPANTES DA REUNIÃO COM O CONSELHO CONSULTIVO DO PARQUE ESTADUAL DO TURVO NO DIA 28 DE NOVEMBRO DE 2019.**


**GOVERNO DO ESTADO  
RIO GRANDE DO SUL**  
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE  
E INFRAESTRUTURA

**Lista de Presença da Reunião do Conselho Gestor do Parque Estadual do Turvo**

Data: 28/11/2019 Horário: 14 horas Local: Auditório do Centro de Visitantes.

Nome	Instituição	Telefone	Email	Assinatura
CARLOS NEIMAS KUHN	AVEMISSÕES	51-336834730	CARLOS-KUHN@SEMA.RS.GOV.BR	Carlos Kuhn
Antônio Neri de	Comitê Turvo	55-999610178	antonio.neriold@brn.com.br	Antônio Neri de
EMERSON da Cruz	UNIJUI	55-996231736	emerson.rancie@unijui.edu.br	Emerson da Cruz
Fabiano G. Bach	Uniju	55-99383329	fabiano.bach@uniju.edu.br	Fabiano G. Bach
regami ehl	URS	55-99681832	regamiehl@gmail.com	regami ehl
Diego Yurafon	URJ	55-99666094	diego.yurafon@hotmail.com	Diego Yurafon
Melissa Bergmann	SEMA/Sta. Rosa	55-35125699	melissa-bergmann@sema.rs.gov.br	Melissa Bergmann
ELENIR DATTNER KUNZ	BALNEÁRIO SANTA ROSA	51-3712-6573	elenir.dattner@bala.rs.gov.br	Elenir Dattner Kunz
Alexandre Kros	CURICICA	51-33320489	xenkros@curicica.org.br	Alexandre Kros
Kilicia Pech Balpin	Curicica	" "	kiliciap@curicica.org.br	Kilicia Pech Balpin
Ono Balala	Pro Turvo	55-998910202		Ono Balala
Adriano Brandini	Corigoda	55-99684552	adriano.brandini@corigoda.rs.gov.br	Adriano Brandini
Marcos de C. Vasconcelos	Uerj	55-991569559	marcos.vasconcelos@uerj.br	Marcos de C. Vasconcelos
Diana Hides Motal	Prefeitura Tan. Pires	(51) 999221142	dianahidesmotal@gmail.com	Diana Hides Motal
Angélica Zorn de Santos	Detecção de Incêndios	51-999774352	angelicazorn@deteccao-de-incendios.rs.gov.br	Angélica Zorn de Santos
Patricia Loyola	Brigada Militar	999998155		Patricia Loyola
Guilherme Witz	Proj. Turvo	996641064	guilherme.witz@rs.gov.br	Guilherme Witz
Roberto Tavares Araújo	Parque Estadual do Turvo	51-99585823	roberto.tavares@sema.rs.gov.br	Roberto Tavares Araújo
MARCELO CARVALHO DA ROCHA	URJ FU	55-999470303	MARCELO.MICZURUS@GMAIL.COM	Marcelo Carvalho da Rocha

28.11.2019 15:42

**ANEXO C – APRESENTAÇÃO DO PROGRAMA PROPRIEDADE AMIGA DA NATUREZA PARA O CONSELHO CONSULTIVO DO PARQUE ESTADUAL DO TURVO NO DIA 28 DE NOVEMBRO DE 2019.**



## **ANEXO D – ATA DA REUNIÃO COM O GRUPO DE TRABALHO SOLICITADO PELO CONSELHO CONSULTIVO DO PARQUE ESTADUAL DO TURVO NO DIA 10 DE DEZEMBRO DE 2019.**

### ATA DE REUNIÃO DO GRUPO DE TRABALHO PARA IMPLEMENTÇÃO DA ZONA DE AMORTECIMENTO DO PARQUE ESTADUAL DO TURVO

Aos dez dias do mês de dezembro do ano de dois mil e dezenove, às treze horas e trinta minutos, no auditório do Centro de Visitantes do Parque Estadual do Turvo, localizado à Linha Cascatinha, nº 1300, município de Derrubadas-RS, foi realizada a reunião do grupo de trabalho responsável por dar início ao processo de implementação da Zona de Amortecimento da referida unidade de conservação, que foi coordenada pelos senhores Rafael Diel Schenkel e Marcelo Carvalho da Rocha, representantes da SEMAI-RS e URI Frederico Wesphalen, respectivamente, sendo convidada a senhora Fabíola C. Rosso, representante da Rota do Yucumã para auxiliar nos trabalhos.

#### DA EXPOSIÇÃO INICIAL

A reunião teve início com a apresentação dos motivos que levaram a necessidade da criação deste grupo de trabalho, deliberações sobre ações, programas e projetos que possam vir a sanar os vícios presentes na atualidade e implementar efetivamente o que se propõe para a ZA , fundamentados no que reza o Plano de Manejo do Parque.

#### DA PROPOSTA DE ATUAÇÃO

Após a exposição dos coordenadores foram postas considerações acerca de proposta trazida a luz pelo Senhor Marcelo, a qual teve boa aceitação, ficando condicionada a realização de adaptações e modificações para melhor atender ao fim que se propõe, se necessárias.

Na sequencia a referida proposta entrou em discussão, ficando acordado que deverão ser adotados os seguintes procedimentos como ponto de partida do projeto e seus programas:

- Requerimento destinado ao setor competente da SEMAI para que informe os dados cadastrais constantes no CAR das propriedades constantes na ZA.
- Contatar entidades com interesse na parceria para este projeto, que poderão atuar tanto como interlocutores, quanto como certificadores e canalizadores de recursos

financeiros se for o caso, sendo sugerida em um primeiro momento a AMAPARU.

- Fomentar a adesão voluntária dos proprietários, dando ênfase ao fato de que o maior beneficiário será o próprio agricultor, que terá assistência técnica de qualidade, gratuitamente, podendo proceder na regularização de sua área, colaborando com o meio ambiente e evitando sanções futuras.
- Dar início a um projeto piloto na propriedade do senhor Danilo Federise.
- Responder aos questionamentos do Ministério Público Estadual, bem como convidar o referido órgão para acompanhar os trabalhos que estão sendo desenvolvidos.

Por fim, ocorreu o entendimento de que a presidência e coordenação desta comissão deve permanecer a cargo dos senhores Marcelo e Rafael, ficando agendada uma **próxima reunião para a data de dez de março de dois mil e vinte (10/03/2020)**, neste mesmo horário e local, não existindo manifestações em contrário, o presidente encerrou esta reunião, que foi lavrada na presente ata, lido este instrumento assinam.

Parque Estadual do Turvo, Derrubadas-RS, 10 de dezembro de 2019.





**ANEXO E – LISTA PARTICIPANTES DA REUNIÃO COM O GRUPO DE TRABALHO SOLICITADO PELO CONSELHO CONSULTIVO DO PARQUE ESTADUAL DO TURVO NO DIA 10 DE DEZEMBRO DE 2019.**

**REUNIÃO DO GRUPO DE TRABALHO PARA IMPLEMENTAÇÃO DA ZONA DE AMORTECIMENTO PREVISTA NO PLANO DE MANEJO DO PARQUE ESTADUAL DO TURVO**

Data: 10/12/2019

Horário: 13h30min

Local: Auditório do Centro de Visitantes do Parque Estadual do Turvo

	NOME	INSTITUIÇÃO	ASSINATURA
01	Fabiano Bach	Unifur	
02	Melissa Bergmann	SEMA Ista. Rosa	Melissa Bergmann
03	Miguel Vasconcelos	UEZGS	
04	Rafael Dill's Dunkel	SEMAI - PET	
05	Dulion Barbieri	URI - Núcleo Ambiental	
06	MARCELO CARVALHO DA ROCHA	URI - FREQ. WESTEPHALOV	Marcelo
07	FABIANA C. ROSSO	Rota do Yucumã	Fabiana C. Rosso
08			
09			
10			
11			

**ANEXO F – ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA EMITIDA PELO CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA, NÚMERO 2020/00852, PARA ELABORAÇÃO E EXECUÇÃO DE UM PROJETO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA NA PROPRIEDADE DE LOTE RURAL 49 E MATRÍCULA 6366, DE PROPRIEDADE DE DANILO FEDERIZZI.**

2020

ART - Anotação de Responsabilidade Técnica

Serviço Público Federal CONSELHO FEDERAL/CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 3ª REGIÃO			
<b>ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART</b>			1-ART Nº: <b>2020/00852</b>
CONTRATADO			
2.Nome: MARCELO CARVALHO DA ROCHA		3.Registro no CRBio: 041714/03-D	
4.CPF: 936.057.650-68	5.E-mail: marcelomicrurus@gmail.com		6.Tel: (55)3744-3722
7.End.: ASSIS BRASIL 342		8.Compl.: APTO.1003	
9.Bairro: ITAPAGE	10.Cidade: FREDERICO WESTPHALEN	11.UF: RS	12.CEP: 98400-000
CONTRATANTE			
13.Nome: DANILO FEDERIZZI			
14.Registro Profissional:		15.CPF / CGC / CNPJ: 247.738.240-34	
16.End.: LINHA CASCATINHA 800			
17.Compl.:		18.Bairro: ZONA RURAL	19.Cidade: DERRUBADAS
20.UF: RS	21.CEP: 98528-000	22.E-mail/Site:	
DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL			
23.Natureza : 1. Prestação de serviço Atividade(s) Realizada(s) : Realização de consultorias/assessorias técnicas;			
24.Identificação : VEGETAÇÃO - PROJETO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA NA PROPRIEDADE DE LOTE RURAL 49 SOB MATRÍCULA 6366.			
25.Município de Realização do Trabalho: DERRUBADAS			26.UF: RS
27.Forma de participação: EQUIPE		28.Perfil da equipe: PROFESSOR BIOLOGIA; BIÓLOGO;ESTAGIÁRIOS.	
29.Área do Conhecimento: Botânica; Ecologia; Educação; Ética; Zoologia;		30.Campo de Atuação: Meio Ambiente	
31.Descrição sumária : ELABORAÇÃO E EXECUÇÃO DE PROJETO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA- PRAD, DE PROPRIEDADE DE DANILO FEDERIZZI, PROPRIEDADE DE LOTE RURAL 49 NÚMERO DE MATRÍCULA 6366, LOCALIZADA ÀS MARGENS DO PARQUE ESTADUAL DO TURVO, NO MUNICÍPIO DE DERRUBADAS/RS. OBJETIVANDO A RECUPERAÇÃO DE MATA CILIAR E RESERVA LEGAL, PROPORCIONAR AOS ALUNOS E ESTAGIÁRIOS A INSERÇÃO NOS MODELOS DE TRABALHO.			
32.Valor: R\$ 0,00	33.Total de horas: 40	34.Início: JAN/2020	35.Término: JAN/2024
36. ASSINATURAS			37. LOGO DO CRBio
Declaro serem verdadeiras as informações acima			
Data: 27 JAN 2020 Assinatura do Profissional <i>Marcelo C. Rocha</i>	Data: 27 JAN 2020 Assinatura e Carimbo do Contratante		
38. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR CONCLUSÃO		39. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR DISTRATO	
Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.			
Data: / /	Assinatura do Profissional	Data: / /	Assinatura do Profissional
Data: / /	Assinatura e Carimbo do Contratante	Data: / /	Assinatura e Carimbo do Contratante

**CERTIFICAÇÃO DIGITAL DE DOCUMENTOS  
NÚMERO DE CONTROLE: 9326.9954.9954.1268**

OBS: A autenticidade deste documento deverá ser verificada no endereço eletrônico [www.crbio03.gov.br](http://www.crbio03.gov.br)



## REFERÊNCIAS

ADENLE, A. A.; WEDIG, K.; AZADI, H. Sustainable agriculture and food security in Africa: The role of innovative technologies and international organizations. **Technology in Society**, v. 58, 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA. Resolução da diretoria colegiada DC nº 294, de 29 de julho de 2019. **Diário Oficial da União**, Brasília - DF, de 31 de julho de 2019.

AKTAR, W.; SENGUPTA, D.; CHOWDHURY, A. Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. **Interdisciplinary Toxicology**, v. 2, n 1, p. 1-12, 2009.

ALMARAZ, M. et al. Agriculture is a major source of NO<sub>x</sub> pollution in California. **Science Advances**, v.4, n. 1, 2018.

ALTON, L. A.; FRANKLIN, C. E., 2017. Drivers of amphibian declines: effects of ultraviolet radiation and interactions with other environmental factors. **Climate Change Responses**, v.4, n. 6, 2017.

ANDERSON, K.; RAUSSER, G.; SWINNEN, J. Political Economy of Public Policies: Insights from Distortions to Agricultural and Food Markets. **Journal of Economic Literature**, v. 51, n. 2, p. 423-477, 2013.

BARLOW, J. et al. Anthropogenic disturbance in tropical forests can double biodiversity loss from deforestation. **Nature**, v.535, n.7610, p.144-147, 2016.

BARTELINK, H. Radiation interception by forest trees: a simulation study on effects of stand density and foliage clustering on absorption and transmission. **Ecological Modelling**, v.105, n.2-3, p. 213-225, 1998.

BLAUSTEIN, A. R. et al. Effects of Ultraviolet Radiation on Locomotion and Orientation in Rough skin Newts (*Taricha granulosa*). **Ethology**. 106. 227 – 234, 2001.

BLAUSTEIN, A. R. Chicken Little or Nero's fiddle? A perspective on declining amphibian populations. **Herpetologica**. v.50, p.85-97, 1994.

BLAUSTEIN, A. R. et al. Ultraviolet radiation, toxic chemicals and amphibian population declines. **Diversity Distributions**, v.9, n.2, p.123-140, 2003.

BRASIL. **Lei n 4771, de 15 de setembro de 1965**. Institui o Código Florestal Brasileiro (Revogado).

BRASIL. **Lei 7.802 de 11 de julho de 1989**. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Diário oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 12 de julho de 1989.

BRASIL. **Decreto Nº 4.074 de 04 de janeiro de 2002**. Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Diário oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 08 de janeiro de 2002.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 de maio de 2012.

BRASIL. Assembleia Legislativa. **Projeto de Lei PL 312/2015**. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais e dá outras providências. Disponível em: <<https://www.camara.leg.br>>. Acesso em: 20 de abril de 2020.

BROWN, M. J.; PARKER, G. G.; POSNER, N. E. A. Survey of Ultraviolet-B Radiation in Forests. **The Journal of Ecology**, v. 82, n. 4, p. 843-854, 1994.

CALDART, V. M. et al. Extension of the geographical distribution of two anuran species for Rio Grande do Sul state, Brazil, with comments on natural history. **Biota Neotropica**, v. 10, p. 143-147, 2010.

CALDART, V. M. et al. Calling activity of a stream-breeding frog from the austral Neotropics: temporal patterns of activity and the role of environmental factors. **Herpetologica**, n. 72, p.90-97, 2016.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Projeto de Lei 312/2015**, que institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais. Disponível em: <<https://www.camara.leg.br>>. Acesso em: 15 de dezembro de 2019.

CARDIA, M. L., 2017. **Arquivo Nacional**. Disponível em: <<http://www.arquivonacional.gov.br/br/difusao/arquivo-na-historia/758-arquivo-imperio-recuperacao-da-floresta-da-tijuca-rj.html>>. Acesso em: 20 de abril de 2020.

CARVALHO, F. P. Agriculture, pesticides, food security and food safety. **Environmental Science & Policy**, v. 9, n. 7-8, p. 685-692, 2006.

CASATTI, L. Alterações no Código Florestal Brasileiro: impactos potenciais sobre a ictiofauna. **Biota Neotropica**, v.10, n.4, p.31-34, 2010.

CORNING, P. A. “The synergism hypothesis”: On the concept of synergy and its role in the evolution of complex systems. **Journal of Social and Evolutionary Systems**, v. 21, n. 2, p. 133-172, 1998.

COSTANZA, R.; PATTEN, B. Defining and predicting sustainability. **Ecological Economics**, v. 15, p. 193-196, 1995.

CRAMP, R. L.; FRANKLIN, C. E. Exploring the link between ultraviolet B radiation and immune function in amphibians: implications for emerging infectious diseases. **Conservation Physiology**, v. 6, n. 1, 2018.

DEBOST-LEGRAND, A. et al. Prenatal exposure to persistent organic pollutants and organophosphate pesticides, and markers of glucose metabolism at birth. **Environmental Research**, v. 146, p. 207-217, 2016.

DELLA-FLORA, A. et al. Comprehensive investigation of pesticides in Brazilian surface water by high resolution mass spectrometry screening and gas chromatography–mass spectrometry quantitative analysis. **Science of The Total Environment**, 2019.

DEVELEY, P. F.; PONGILUPPI, T. Impactos potenciais na avifauna decorrentes das alterações propostas para o Código Florestal Brasileiro. **Biota Neotropica**, v.10, n.4, p.43-46, 2010.

DUELLMAN, W.E.; TRUEB, L. **Biology of Amphibians**. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 1994. 670p.

DUELLMAN, W. E. Global distribution of amphibians: patterns, conservation, and future challenges, p. 1-31. In: DUELLMAN, W. E. (Ed.). **Patterns of distribution of amphibians: a global perspective**. Baltimore-London: The John Hopkins University, 1999. 648p.

EEA (European Environment Agency). The European Environment - State and Outlook: Synthesis Report. European Environment Agency, Copenhagen, 2015.

ELKINGTON, J. **Cannibals with forks**. Canada: New Society, 1999.

ELLIS, E. C.; RAMANKUTTY, N. Putting people in the map: anthropogenic biomes of the world. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 6, n. 8, p. 439-447, 2008.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Pesticide health and safety: human health issues**, 2019. Disponível em: <<https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/index.htm>>. Acesso em: 13/09/2019.

FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 34, n. 1, p. 487-515, 2003.

FARLEY, J. The role of prices in conserving critical natural capital. **Conservation Biology**, Washington, D C, v. 22, n.6, p. 1399-1408, 2008.

FOLEY, J. A. et al. Global Consequences of Land Use. **Science**, v. 309, n. 5734, p. 570-574, 2005.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Guidelines on Good Labelling Practice for Pesticides** (revised). Roma: s.n, 2015.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. 2017. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat>>. Acesso em: 18 set 2019.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. FAOSTAT Domain Pesticides, Rome, Italy, 2015. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/download/E/EP/E>>. Acesso em: 22 out. de 2019.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Global Forest Resources Assessment 2015. FAO Forestry Paper No. 1.** Food and Agriculture Organization, Rome, 2015.

FRÖHLICH, C. Observations of Irradiance Variability. **Space Science. Reviews**, v. 94, p. 15-24, 2000.

GALETTI, M. et al. Mudanças no Código Florestal e seu impacto na ecologia e diversidade dos mamíferos no Brasil. **Biota Neotropica**, v.10, n.4, p.47-52, 2010.

GARCIA, P. C. A.; FAIVOVICH, J. N.; HADDAD, C. F. B. Redescription of *Hypsiboas semiguttatus*, with the description of a new species of the *Hypsiboas pulchellus* group. **Copeia**, p.933-949, 2007.

GARCIA, F. P. et al. Pesticides: classification, uses and toxicity. Measures of exposure and genotoxic risks. **Journal of Research in Environmental Science and Toxicology**, v. 1, n. 11, p. 279-293, 2012.

GARCIA, Y. M. **O código florestal brasileiro e suas alterações no congresso nacional.** Departamento de Geografia da FCT/UNESP, Presidente Prudente, n. 12, v.1, janeiro a junho de 2012, p.54-74.

GILDEN, R.; HUFFLING, K.; SATTLER, B. Pesticides and Health Risks. **Journal of obstetric, gynecologic, and neonatal nursing**, v.39, n. 1, p.103-110, 2010.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Decreto Nº 51.797, de 8 de setembro de 2014.** Lista de Referência da Fauna Ameaçada de Extinção no Rio Grande do Sul. (publicado no DOE n.º 173, de 09 de setembro de 2014). Anexo I. Porto Alegre: FBZ/MCT- PUCRS/PANGEA, 2014. 22p. Disponível em: <<http://www.al.rs.gov.br/filerepository/repLegis/arquivos/DEC%2051.797.pdf>>. Acesso em: 01 de dezembro de 2019.

HADDAD, C. F. B. Biodiversidade dos Anfíbios no Estado de São Paulo, p.15-26. In: CASTRO, R. C. M.; JOLY, C. A.; BICUDO, C. E. M. (ed.). **Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: síntese do conhecimento ao final do século XX: Vertebrados.** São Paulo: FAPESP, 1997. 6v.

HADDAD, C.; PRADO, C. Reproductive Modes in Frogs and Their Unexpected Diversity in the Atlantic Forest of Brazil. **BioScience**, v.55, p.207-217, 2005.

HÄDER, D. P. et al. Effects of solar UV radiation on aquatic ecosystems and interactions with climate change. **Photochem. Photobiol. Sci.** v. 6, n. 3, p. 267-285, 2007.

HAYES, T. B. et al. The cause of global amphibian declines: a developmental endocrinologist's perspective. **Journal of Experimental Biology**, v. 213, n.6, p.921-933, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Manuais Técnicos de Geociências. **Manual técnico da vegetação brasileira**: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos. 2. ed. Rio de Janeiro, 2012.

INSTITUTO CHICO MENDES DE BIODIVERSIDADE. **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**. Brasília, DF: ICMBio/MMA, 2018. 1v.

JACOBI, P. R. Environmental education, citizenship and sustainability. **Cadernos de Pesquisa**, n. 118, p. 185-205, 2003.

JAYNE, T. S. et al. Review: Taking stock of Africa's second-generation agricultural input subsidy programs. **Food Policy**, v. 75, p. 1-14, 2018.

KAWAICHI, V. M.; MIRANDA, S. H. G. **Pagamentos por Serviços Ambientais**: uma nova abordagem para as políticas públicas ambientais. Piracicaba: ESALQ/USP, 2008. Disponível em: <<https://proxy.furb.br/ojs/index.php/rea/article/view/1537/1570>>. Acesso em: 12 dez 2019.

KIM, K. H.; KABIR, E.; JAHAN, S. A. Exposure to pesticides and the associated human health effects. **Science of the Total Environment**, v. 575, p. 525-535, 2016.

KOHLER, H. R.; TRIEBSKORN, R. Wildlife Ecotoxicology of Pesticides: Can We Track Effects to the Population Level and Beyond? **Science**, v. 341, n. 6147, p. 759-765, 2013.

KOTTEK, M. et al. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, n. 3, p. 259-263, 2006.

LANDELL-MILLS, N.; PORRAS, T. I. **Silver bullet or fools' gold?** A global review of markets for forest environmental services and their impact on the poor. Instruments for sustainable private sector forestry series. Londres: International Institute for Environment and Development, 2002.

LANGEMATZ, U. 2019. Stratospheric ozone: down and up through the anthropocene. **ChemTexts**, v. 5, n. 2, 2019.

LEEMANS, R. Global environmental change and health: integrating knowledge from natural, socioeconomic and medical sciences. In: TAKKEN, W.; MARTENS, P.; BOGERS, R. J. (Ed.). **Environmental change and malaria risk**: global and local implications. Dordrecht: Springer. p. 523-529, 2005. 9v. (Wageningen UR Frontis Series).

LIPINSKI, V. M.; SANTOS, T. G.; SCHUCH, A. P. An UV-sensitive anuran species as an indicator of environmental quality of the Southern Atlantic Rainforest. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 165, p. 174–181, 2016.

LOBELL, D. B.; SCHLENKER, W.; COSTA-ROBERTS, J. Climate Trends and Global Crop Production Since 1980. **Science**, v. 333, n. 6042, p. 616-620, 2011.

LOIZOU, E. et al. The role of agriculture as a development tool for a regional economy. **Agricultural Systems**, v. 173, p. 482-490, 2019.

LONDERO, J. E. L. et al. Impacts of UVB radiation on food consumption of forest specialist tadpoles. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 143, p. 12-18, 2017.

LONDERO, J. E. L.; SANTOS, M. B.; SCHUCH, A. P. Impact of solar UV radiation on amphibians: focus on genotoxic stress. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 2019.

MARQUES, O. A. V. et al. Impactos potenciais das mudanças propostas no Código Florestal Brasileiro sobre os répteis brasileiros. **Biota Neotropica**, v.10, n.4, 39-41, 2010.

MEA - Millenium Ecosystem Assessment. **Ecosystems and Human Well-being: Synthesis**. Island Press, Washington, 2005. Disponível em: <<http://www.millenniumassessment.org/en/Synthesis>>. Acesso em: 24 abril de 2020.

METZGER, J. P. et al. Brazilian law: full speed in reverse? **Science**, v.329, p.276-277, 2010.

MNIF, W. et al. Effect of Endocrine Disruptor Pesticides: A Review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 8, n. 6, p. 2265-2303, 2011.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n.6772, p.853-858, 2000.

OKUYAMA, K. K. et al. Compliance of farmlands to Brazilian Forest Code: a case study in the state of Paraná. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 9, 2012.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU, **World Population Prospects 2019: Highlights**. New York: United Nations. Disponível em: <[https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019\\_Highlights.pdf](https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf)>. Acesso em: 28 outubro de 2019.

ORSI, F.; GENELETTI, D.; NEWTON, A. C. Towards a common set of criteria and indicators to identify forest restoration priorities: an expert panel-based approach. **Ecological Indicators**, v. 11, n. 2, p. 337-347, 2011.

PANFIL, S. N.; HARVEY, C. A. **REDD+ and Biodiversity Conservation: A Review of the Biodiversity Goals, Monitoring Methods, and Impacts of 80 REDD+ Projects**. Conservation Letters, 2015.

PERUGINI, M. et al. Occurrence of agrochemical residues in beeswax samples collected in Italy during 2013–2015. **Science of the Total Environment**, v. 625, p. 470-476, 2018.

POUNDS, J. A. et al. Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. **Nature**, v.439, p.161-167, 2006.

RAMANKUTTY, N. et al. Trends in Global Agricultural Land Use: Implications for Environmental Health and Food Security. **Annual Review of Plant Biology**, v. 69, p. 14.1-14.27, 2018.

RATTNER, B. A. History of Wildlife Toxicology. **Ecotoxicology**, v. 18, p. 773-83, 2009.

RELYEA, R. A.; DIECKS, N. An unforeseen chain of events: lethal effects of pesticides on frogs at sublethal concentrations. **Ecological Applications**, v. 18, p. 1728-1742, 2008.

RIES, G. et al. Elevated UV-B radiation reduces genome stability in plants. **Nature**, v. 406, n. 6791, p. 98-101, 2000.

ROJAS, M.; AYLWARD, B. **Qué estamos aprendiendo de la experiência com los mercados de servicios ambientales en Costa Rica?** Revisión y crítica de la literatura. Hertfordshire, UK: International Institute for Environment and Development, 2003. Disponível em: <<https://pubs.iied.org/9247SIIED/?k=Costa+Rica>>. Acesso: em 21 abril de 2020.

ROUSSEAU, M. C. et al. 1999. Ozone depletion and UVB radiation: Impact on plant DNA damage in southern South America. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 96, n. 26, p. 15310-15315, 1999.

SANKOH, A. I. An assessment of the impacts of pesticide use on the environment and health of rice farmers in Sierra Leone. **Environment International**, v.94, n.458-466, 2016.

SCHUCH, A. P. et al. Molecular and sensory mechanisms to mitigate sunlight-induced DNA damage in treefrog tadpoles. **Journal of Experimental Biology**, v.218, n.19, p.3059-3067, 2015b.

SCHUCH, A. P. et al. Identification of influential events concerning the Antarctic ozone hole over southern Brazil and the biological effects induced by UVB and UVA radiation in an endemic treefrog species. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.118, p.190-198, 2015b.

SEGALLA, M. V. et al. *Crossodactylus schmidtii*. In: IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species, 2004. Version 2011.1. Electronic Database accessible at: <<http://www.iucnredlist.org/>>. Acesso em: 25 de julho de 2019.

SEMA - Secretaria do Meio Ambiente. **Plano de manejo do Parque Estadual do Turvo**. Porto Alegre, Divisão de Unidades de Conservação do Estado do Rio Grande do Sul, 2005.

SIMEONOV, L. I.; MACAEV, F. Z.; SIMEONOVA, B. G. (Eds.). Environmental Security Assessment and Management of Obsolete Pesticides in Southeast Europe. NATO Science for Peace and Security Series C: **Environmental Security**, 2013.

SINGH, N. et al. Synergistic Effects of Heavy Metals and Pesticides in Living Systems. **Frontiers in Chemistry**, v. 5, 2017.

TABARELLI, M. et al. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. **Megadiversidade**, v.1, p.132-138, 2005.

TOCHER, M. D.; GASCON, C.; ZIMMERMAN, B. L. Fragmentation effects on a central Amazonian frog community: a ten-year study. In: LAURENCE, W. F.; BIERREGAARD JR., R. O. (Eds). **Tropical forest remanants: ecology, management and conservation of fragmented communities**. Chicago, The University of Chicago Press, 1997. 632p.

TOLEDO, L. F. et al. A revisão do Código Florestal Brasileiro: impactos negativos para a conservação dos anfíbios. **Biota Neotropica**, v.10, n.4, p.35-38, 2010.

TRAMBEREND, S. et al. Our Common Cropland: Quantifying Global Agricultural Land Use from a Consumption Perspective. **Ecological Economics**, v. 157, p. 332-341, 2018.

WACKER, J. A definition of theory: research guidelines for different theory-building research methods in operations management. **Journal of Operations Management**, v. 16, n. 4, p. 361-385, 1998.

WAKE, D. B.; KOO, M. S. Amphibians. **Current Biology**, v.28, n.21, p.1237-1241. 2018.

WCED. **Our Common Future**. World Commission on Environment and Development. Oxford University Press, Oxford, 1987.

WEBB, A. R. Ozone depletion and changes in environmental UV-B radiation. In: Hester RE, Harrison RM, editors. Causes and Environmental Implications of Increased UV-B Radiation. Cambridge: **The Royal Society of Chemistry**, p. 17-36, 2000.

WELLS, K. The Ecology & Behavior of Amphibians. **Bibliovault OAI Repository**, the University of Chicago Press, 2007.

WUNDER, S. Payments for environmental services: Some nuts and bolts. Center for International Forestry Research. CIFOR. **Occasional Paper**, n. 42, Jakarta, 2005.

XAVIER, A. R. **O Decreto nº 23793/1934 (Código Florestal) e a Inserção do Conceito de Área de Preservação na Legislação Ambiental Brasileira**, 2019. Disponível em: <<https://ambitojuridico.com.br/cadernos/direito-ambiental/o-decreto-na-23793-1934-codigo-florestal-e-a-insercao-do-conceito-de-area-de-preservacao-na-legislacao-ambiental-brasileira/>>. Acesso em: 15 de abril de 2020.

YADAV, I. C. et al. Current status of persistent organic pesticides residues in air, water, and soil, and their possible effect on neighboring countries: A comprehensive review of India. **Science of the Total Environment**, v. 511, p. 123-137, 2015.