



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ECOLOGIA

ANDERSON DA ROSA

**VARIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL NA FENOLOGIA REPRODUTIVA E NO
PADRÃO DE VOCALIZAÇÃO DE COMUNIDADE DE ANFÍBIOS ANUROS EM
LAGOAS NA SERRA CATARINENSE**

Florianópolis

2022

Anderson da Rosa

**Título: VARIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL NA FENOLOGIA REPRODUTIVA E
NO PADRÃO DE VOCALIZAÇÃO DE COMUNIDADE DE ANFÍBIOS ANUROS EM
LAGOAS NA SERRA CATARINENSE**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de mestre em Ecologia.

Orientador: Prof. Dr. Selvino Neckel de Oliveira

Coorientadora: Dra. Larissa Sayuri Moreira Sugai

Florianópolis

2022

Ficha de identificação da obra

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

da Rosa, Anderson

Variação espacial e temporal na fenologia reprodutiva e no padrão de vocalização de comunidade de anfíbios anuros em lagoas na serra catarinense / Anderson da Rosa ; orientador, Selvino Neckel de Oliveira, coorientador, Larissa Sayuri Moreira Sugai, 2022.
55 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós Graduação em Ecologia, Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Ecologia. 2. Monitoramento acústico. 3. Fenologia. 4. Composição de espécies. 5. Influência da temperatura. I. Neckel de Oliveira, Selvino . II. Sayuri Moreira Sugai, Larissa. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ecologia. IV. Título.

Anderson da Rosa

**VARIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL NA FENOLOGIA REPRODUTIVA E NO PADRÃO DE
VOCALIZAÇÃO DE COMUNIDADE DE ANFÍBIOS ANUROS EM LAGOAS NA SERRA
CATARINENSE**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca
examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Alessandro Ribeiro de Morais
Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Paulo César de Azevedo Simões Lopes
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Guilherme Renzo Rocha Brito
Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi
julgado adequado para obtenção do título de mestre em Ecologia.

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Prof. Dr. Selvino Neckel de Oliveira
Orientador

Florianópolis, 30 de Novembro de 2022.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a todos da minha família que me deram apoio e me ajudaram em diversas formas para concluir essa etapa.

Agradeço a todos os gestores do parque Estadual da Serra Furada e Parque Nacional de São Joaquim por darem estrutura e permissão para usar suas dependências, e a todos os donos das propriedades que permitiram instalar os gravadores.

Agradeço pelo desenvolvimento desse trabalho no contexto dos Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCT) em Ecologia, Evolução e Conservação da Biodiversidade, apoiados pelo MCTIC/CNPq (proc. 465610/2014-5) e FAPEG (proc. 201810267000023), que nos autorizaram a usar os gravadores do projeto, também ao CNPq edital peld 2020 e a FAPESC através dos editais (FAPESC 2021TR0386), (FAPESC 2018TR0928) que nos ajudaram financeiramente neste trabalho, a CAPES pela bolsa de mestrado fornecida edital peld 2016.

Gostaria de agradecer a todos que foram a campo comigo, ajudando com as captações das gravações e fizeram companhia, também quero agradecer a todos os colegas de laboratório que me ajudaram com sugestões e me animando para a conclusão deste trabalho.

Gostaria de agradecer a todos meus amigos de mestrado que mesmo de forma virtual encontravam-se para conversar sobre o mestrado e também fora dele, foram tempos difíceis e diferentes para todos.

Agradeço ao PPG Ecologia e todo o corpo docente pela oportunidade de desenvolver esse trabalho e também por todo conhecimento adquirido nas disciplinas.

Queria agradecer ao Vitor Carvalho Rocha por ter me ajudado com todas as análises de dados e construções dos modelos usados neste trabalho.

Gostaria de agradecer a pré-banca por ter aceito avaliar esse trabalho e pelas contribuições dadas.

E por fim gostaria de agradecer ao professor Selvino Neckel de Oliveira que confiou esse trabalho a mim e por toda orientação, e para Larissa Sayuri Moreira Sugai pela Coorientação, fundamental para o entendimento do funcionamento do monitoramento acústico e como traduzir isso em ecologia.

RESUMO

A estrutura das comunidades de anfíbios é fortemente influenciada por fatores abióticos, como a temperatura. Seus efeitos têm sido associados tanto às variações em parâmetros diários das vocalizações emitidas por machos, como na fenologia reprodutiva de diferentes espécies, o que conseqüentemente influencia a estrutura de suas comunidades. Neste sentido, nós investigamos as respostas das comunidades de anuros de lagoas ao longo de um gradiente elevacional da Serra Geral, Sul do Brasil. Especificamente, investigamos a estrutura das comunidades, os padrões fenológicos anuais e a variação de temperatura associada à atividade diária de vocalização em lagoas sob diferentes condições de temperatura. De agosto de 2019 a dezembro de 2020 gravadores automatizados foram instalados e programados para coletar gravações em três lagoas localizadas nos municípios de Orleans, Urubici e Rancho Queimado. Os gravadores foram programados para registrar um minuto a cada 15, 24h por dia. As análises das gravações foram feitas manualmente, sendo considerado uma noite por semana, considerando como intervalo amostral entre 17:00 horas de um dia às 3:45 horas da madrugada do dia seguinte. Em cada gravação, as espécies foram identificadas e um índice relativo de intensidade de canto foi atribuído. Neste estudo foram registradas 30 espécies, com sete destas sendo comum às três lagoas. Em relação a amplitude térmica das lagoas, Urubici teve a menor mediana de temperatura. Ao investigar a influência da temperatura na atividade vocal das sete espécies que ocorrem nas três lagoas, não encontramos influência na atividade de canto quando a intensidade era baixa (um ou alguns poucos indivíduos vocalizando), exceto em quatro espécies que sofreram influência da temperatura em lagoas específicas. A variável que influenciou de modo geral a intensidade de cantos foi a hora do dia, com a probabilidade de emissão de cantos aumentando ao longo da noite, com um pico de probabilidade entre às 22:00 horas até à 00:00 horas, o dia do ano influenciou a atividade de canto para quatro espécies de forma específica. Já para a intensidade de atividade alta (cantos em coro), a temperatura e a hora do dia influenciaram a probabilidade de início da formação do coro para três espécies, indicando que em temperaturas mais altas elas tendem a aumentar a sua atividade e produzir vocalização em coros. A hora do dia influenciou de forma geral *Boana bischoffi*, mostrando que conforme o horário avança aumenta a probabilidade de produzir cantos em coro nas três lagoas em que ocorre.

Palavras-chave: Monitoramento acústico passivo, Composição de Espécies, Fenologia reprodutiva, Influência da temperatura.

ABSTRACT

The structure of amphibian communities is strongly influenced by abiotic factors such as temperature. Its effects have been associated with variations in the daily parameters of vocalizations emitted by males, as well as in the reproductive phenology of different species, which consequently influences the structure of their communities. In this sense, we investigated the responses of anuran communities in ponds along an elevation gradient of Serra Geral, southern of Brazil. Specifically, we investigated community structure, annual phenological patterns and temperature variation associated with daily vocalization activity, in ponds under different temperature conditions. From August 2019 to December 2020 automated recorders were installed and programmed to collect recordings in three lakes located in the municipalities of Orleans, Urubici and Rancho Queimado. The recorders were programmed to record one minute every fifteen, 24 hours a day. The analyzes of the recordings were done manually, considering one night a week, considering the sampling interval between 17:00 hours of one day and 3:45 hours of the following day. In each recording, the species present were identified and a relative index of call intensity was assigned. In this study, 30 species were detected, with seven of these being common in the three ponds. Regarding the thermal amplitude in the ponds where the species were active, Urubici had a lower median temperature. When investigating the influence of temperature on the vocal activity of the seven species that occur in the three ponds, we found no influence on the singing activity when the intensity is low (one or a few individuals vocalizing), except in 4 species that were influenced by temperature in specific ponds. The variable that generally influenced the intensity of calls was the time of day, with the probability of emission of calls increasing throughout the day, with a peak probability between 22:00 hours and 00:00 hours, the day of the year influenced the singing activity for 4 species in a specific way. As for the high activity intensity (chorus singing), temperature and time of day influenced the probability of initiation of chorus formation for 3 species, indicating that for these species at higher temperatures they tend to increase their activity and produce vocalization in choirs, the time of day generally influenced *Boana bischoffi*, showing that as the time progresses, the probability of producing chorus songs in the three lakes where it occurs increases.

Keywords: Passive acoustic monitoring, Species composition, Reproductive phenology, Temperature influence.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização geográfica da área de estudo. A) Mapa do Brasil, com destaque para o estado de Santa Catarina; B) Mapa do estado de Santa Catarina, com a área de estudo destacada; C) Mapa altimétrico com os municípios onde estão localizadas as lagoas estudadas (círculos brancos) em destaque.....	16
Figura 2. Espécies registradas nas três lagoas estudadas. No painel A está disposta a variação da elevação entre as áreas. O painel B indica o total de semanas em que cada espécie foi registrada por localidade, a altura da barra representa quantas semanas (1-54) a espécie esteve presente. As espécies foram renomeadas em códigos, e suas respectivas correspondências podem ser observadas no Anexo 1.	22
Figura 3. Ordenações irrestritas (<i>a</i> e <i>c</i> ; somente variáveis latentes) e restritas (<i>b</i> e <i>d</i> ; incluindo localidade como variável) estimadas através do modelo de Cópula Gaussiana para visualizar a variação na composição de anuros entre as áreas estudadas. Painéis <i>a</i> e <i>b</i> foram gerados utilizando o índice de abundância de atividade diário, enquanto que os painéis <i>c</i> e <i>d</i> foram gerados utilizando dados apenas de presença e ausência das espécies. Cada ponto indica um dia de gravação analisado, enquanto que as cores representam as respectivas localidades: Orleans (azul), Rancho Queimado (verde) e Urubici (amarelo).....	23
Figura 4. Variação da temperatura durante a atividade de vocalização das sete espécies de anuros que ocorreram nas três áreas estudadas. A linha horizontal dentro das caixas dos boxplots representa a mediana dos valores.	25
Figura 5: Gráfico da probabilidade de emissão de cantos esparsos com relação não linear com a temperatura gerado pelo modelo para <i>B. bischoffi</i> na lagoa de Rancho Queimado.	26
Figura 6: Gráfico da probabilidade de emissão de cantos esparsos com relação não linear com a temperatura gerado pelo modelo para <i>D. minutus</i> na lagoa de Rancho Queimado.	27
Figura 7: Gráfico da probabilidade de emissão de cantos esparsos com relação não linear com a temperatura gerado pelo modelo para <i>D. nahdereri</i> na lagoa de Orleans.	28
Figura 8: Gráfico da probabilidade de emissão de cantos esparsos com relação não linear com a temperatura gerado pelo modelo para <i>R. icterica</i> na lagoa de Urubici.	29
Figura 9: Gráfico da probabilidade de emissão de cantos esparsos com relação não linear com a com a hora do dia gerado pelo modelo para <i>B. bischoffi</i> , para as três lagoas simultaneamente.	30
Figura 10: Gráfico da probabilidade de emissão de cantos esparsos com relação não linear com a com a hora do dia gerado pelo modelo para <i>B. leptolineata</i> , para as três lagoas simultaneamente.	31
Figura 11: Gráfico da probabilidade de emissão de cantos esparsos com relação não linear com a com a hora do dia gerado pelo modelo para <i>R. icterica</i> , para as três lagoas simultaneamente.	32
Figura 12 Gráfico da probabilidade de emissão de cantos esparsos com relação não linear com a hora do dia gerado pelo modelo para <i>B. bischoffi</i> na lagoa de Orleans.....	33
Figura 13: Gráfico da probabilidade de emissão de cantos esparsos com relação não linear com a hora do dia gerado pelo modelo para <i>D. minutus</i> na lagoa de Urubici.	34
Figura 14: Gráfico da probabilidade de emissão de cantos esparsos com relação não linear com a hora do dia gerado pelo modelo para <i>B. leptolineata</i> na a lagoa de Orleans.	35

Figura 15: Gráfico da probabilidade de emissão de cantos esparsos com relação não linear com a hora do dia gerado pelo modelo para <i>D. minutus</i> na lagoa de Orleans.	36
Figura 16: Gráfico da probabilidade de emissão de cantos esparsos com relação não linear com o dia do ano gerado pelo modelo para <i>B. bischoffi</i> na lagoa Rancho Queimado.	37
Figura 17: Gráfico da probabilidade de emissão de cantos esparsos com relação não linear com o dia do ano gerado pelo modelo para <i>B. leptolineata</i> na lagoa de Rancho Queimado.	38
Figura 18: Gráfico da probabilidade de emissão de cantos esparsos com relação não linear com o dia do ano gerado pelo modelo para <i>R. icterica</i> na lagoa de Rancho Queimado.	39
Figura 19: Gráfico da probabilidade de emissão de cantos esparsos com relação não linear com o dia do ano gerado pelo modelo para <i>R. ornata</i> na lagoa de Orleans.....	40
Figura 20: Gráfico da probabilidade de emissão de cantos esparsos com relação não linear com o dia do ano gerado pelo modelo para <i>B. bischoffi</i> na lagoa de Urubici gerado pelo modelo.....	41
Figura 21: Gráfico da probabilidade de emissão de cantos esparsos com relação não linear com o dia do ano gerado pelo modelo para <i>R. icterica</i> na lagoa de Orleans.....	41
Figura 22: Gráfico da probabilidade de emissão de cantos esparsos com relação não linear com o dia do ano gerado pelo modelo para <i>R. icterica</i> na lagoa Urubici.....	42
Figura 23: Gráfico da probabilidade de emissão de cantos em coro com relação não linear com a temperatura gerado pelo modelo para <i>B. leptolineata</i> para as três lagoas simultaneamente.....	43
Figura 24: Gráfico da probabilidade de emissão de cantos em coro com relação não linear com a temperatura gerado pelo modelo para <i>D. minutus</i> nas três lagoas simultaneamente.....	44
Figura 25: Gráfico de probabilidades de cantos em coro com relação ao hora do dia para <i>B. bischoffi</i> (Orleans, Rancho Queimado, Urubici) gerado pelo modelo.....	45

LISTA DE TABELAS

Anexo 1: Tabela das espécies com seus códigos de referência e sua frequência de ocorrência (número de semanas) por localidade monitoradas na porção da Serra Geral do Estado de Santa Catarina.....	53
Anexo 2: Tabela das espécies com os padrões reprodutivos para as espécies detectadas nas três lagoas amostradas: E=Explosivo, C=Contínuo, P=Prolongado.....	54

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVO GERAL	15
2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1. ÁREA DE ESTUDO	16
3.2 COLETA DE DADOS	17
3.3. ANÁLISE DE DADOS	17
4. RESULTADOS	22
4.1. COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES	23
4.2. FENOLOGIA	24
4.3. INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA ATIVIDADE DE VOCALIZAÇÃO	24
5. DISCUSSÃO	45
5.1. ESPÉCIES ENCONTRADAS E FENOLOGIA	45
5.2. DIFERENÇA NA COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES	46
5.3. INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA ATIVIDADE DE VOCALIZAÇÃO	46
6. CONCLUSÃO	49
7. REFERÊNCIAS	50

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país megadiverso e encontra-se no topo da lista dos países que abrigam a maior biodiversidade da superfície terrestre (MITTERMEIER et al., 2011). Boa parte dessa diversidade encontra-se restrita às áreas montanhosas que perfazem cerca de 10% do território brasileiro (ROSS, 2016). As maiores proporções dessas áreas elevadas encontram-se inseridas no bioma Mata Atlântica (MA), nas formações da Serra do Mar e Serra Geral. Estas áreas montanhosas, que se estendem do litoral sudeste ao sul do país, destacam-se por apresentar elevações de até 2800 m (ZALÁN, 2004; ROSS, 2016), e elevados índices de endemismo de plantas, artrópodes, anfíbios e aves (MITTERMEIER et al., 2011). No entanto, o conhecimento de como as espécies estão distribuídas ao longo dos gradientes altitudinais dessas áreas montanhosas ainda é escasso (TABARELLI et al., 2010, ALMEIDA et al., 2013, CARVALHO-ROCHA et al., 2021), o que tem dificultado avaliação e proposição de medidas de conservação da biodiversidade.

Ao longo de um gradiente altitudinal, a temperatura é uma das variáveis climáticas que mais variam, tanto em um ciclo diário como em um ciclo anual, e por consequência disso tem sido apontada como um dos fatores promotores e mantenedores das estruturas de comunidades de animais, principalmente ectotérmicos (DEUTSCH et al., 2008; KEARNEY et al., 2009). Animais ectotérmicos em sua maioria dependem da temperatura do ambiente para realizar as suas atividades fisiológicas e metabólicas diárias (HUEY et al., 2009). Neste sentido, espécies que ocorrem em diferentes localidades ao longo de um gradiente altitudinal poderão responder de maneira distintas, podendo apresentar distintos padrões entre suas populações, como por exemplo, duração do período reprodutivo, mudanças comportamentais ou estratégias reprodutivas distintas (FICETOLA; MAIORANO, 2016).

O monitoramento acústico passivo automático é um método que vem sendo explorado nas últimas décadas, começando no ambiente marinho e posteriormente sendo usado no ambiente terrestre (SUGAI; et al, 2018), para realizar estudos de estimativas de abundância e riqueza através de métricas sonoras. Diversos estudos de comportamento e padrões de atividades de anuros foram realizados usando monitoramento acústico passivo (SUGAI; et al, 2018). O método consiste em utilizar um gravador com autonomia de gravação em um determinado local possibilitando acompanhar a dinâmica sonora do local sem a interferência do pesquisador (OVASKAINEN et al., 2018).

Anfíbios anuros são um dos grupos de vertebrados ectotérmicos mais diversos do mundo, tanto em número de espécies como em estratégias reprodutivas (DUELLMAN; TRUEB, 1986). Desta forma, a estrutura e distribuição das comunidades de anuros vão estar fortemente associada às condições climáticas locais (e.g., umidade, pluviosidade, temperatura), que podem agir em sinergia ou mesmo independentemente. Por exemplo, em sistemas tropicais a pluviosidade tem sido o principal fator promotor das comunidades de anuros (CANELAS; BERTOLUCI, 2007), enquanto que nas regiões subtropicais a temperatura tem sido apontada como o fator mais importante (RODRIGUES; BERTOLUCI, 2002). Nestas regiões subtropicais, os anuros possuem uma amplitude térmica específica para realizar suas atividades reprodutivas, incluindo a emissão de cantos por machos para atrair as fêmeas ou defesa de território (WELL 1977). A vocalização usada para atrair fêmeas é denominada de canto de anúncio. Desta forma, a mudança de temperatura em um determinado período pode ser fundamental para sinalizar o início da estação reprodutiva ou mesmo o seu fim (PRODON et al., 2017), bem como pode influenciar a atividade diária de vocalização dos machos (WILLACY et al., 2015), prejudicando o sucesso reprodutivo da espécie, ou alterando aspectos fisiológicos (e.g., maturação dos ovos) (OSEEN & WASSERSUG, 2002).

As espécies de anuros apresentam um padrão de vocalização diário onde as espécies noturnas iniciam a emissão dos cantos assim que as condições de luminosidade e temperatura estiverem adequadas (SCHALK; SAENZ, 2015). Outro fator que influencia a dinâmica de emissão de cantos de anúncio é a presença de outras espécies vocalmente ativas que podem sobrepor o canto uma das outras de forma que uma estratégia para evitar a sobreposição é a emissão de ciclos alternados de cantos (DUARTE et al., 2019). Dessa forma, a potencial alteração na sincronia de cantos de anúncio causada pela variação da temperatura pode promover alterações em seus ciclos diários, podendo prejudicar a atividade reprodutiva das espécies presentes e conseqüentemente influenciar a estrutura das assembléias de anuros de um determinado ambiente. Apesar dos potenciais efeitos que a variação na temperatura pode trazer, estudos mostram que as espécies de anuros possuem tolerância a variações de temperatura, com algumas espécies apresentando amplos limites térmicos em suas atividades fisiológicas (FICETOLA; MAIORANO, 2016) o que pode conferir adaptabilidade a essas espécies às mudanças a longo prazo, podendo ocorrer inclusive registro de machos da mesma espécie vocalizando em localidades com temperaturas diferentes e tendo as mesmas datas de início do período reprodutivo (LLUSIA et al., 2013). Porém espécies que possuem um limite menor são menos adaptáveis a grandes variações na temperatura, assim em comunidades

compostas por espécies distintas, podemos ver variações em suas respostas de forma local, e uma das formas de monitorar essas alterações é usando o monitoramento acústico passivo automático (KRAUSE; FARINA, 2016).

A diversidade de anuros da Mata Atlântica (MA) é atribuída a sua excepcional heterogeneidade de habitats, variação topográfica e climática observado ao longo de sua extensão (Haddad; Prado, 2005). Particularmente, a porção sul da MA além de marcar o limite sul de distribuição deste bioma, compreende uma região com uma variação climática e elevacional das mais expressivas do Brasil. Apesar disso, estudos focados sobre a variação das comunidades de anuros ao longo do gradiente elevacional são escassos e restritos tanto espacialmente como temporalmente (e.g., Carvalho-Rocha et al., 2021), dificultando o entendimento dos distintos padrões fenológicos que podem ser encontrados nesta paisagem heterogênea.

2. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste estudo foi avaliar o efeito da temperatura na fenologia reprodutiva de espécies e na atividade de vocalização de machos de anuros em três lagoas a diferentes altitudes acima do nível do mar, Serra Geral, Santa Catarina, Sul do Brasil.

2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Descrever a estrutura das comunidades de anuros e comparar a composição de espécies entre as três lagoas a diferentes altitudes acima do nível do mar, Serra Geral, Santa Catarina, Sul do Brasil;

Descrever os padrões fenológicos das espécies de anuros que ocorrem em três lagoas a diferentes altitudes acima do nível do mar, Serra Geral, Santa Catarina, Sul do Brasil;

Testar o efeito da variação da temperatura na intensidade de vocalização de machos das espécies de anuros comuns às três lagoas a diferentes altitudes acima do nível do mar, Serra Geral, Santa Catarina, Sul do Brasil.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado em três lagoas localizadas nos municípios de Orleans, Rancho Queimado e Urubici, na Serra Geral, estado de Santa Catarina (Figura 1). As lagoas estão inseridas em um gradiente altitudinal em relação ao nível do mar e conseqüentemente com temperaturas distintas, a vegetação predominante também varia. A lagoa da localidade de Orleans está situada a cerca de 620 m acima do nível do mar com clima do tipo subtropical úmido com verões quentes (ALVARES et al., 2013), é uma lagoa que provém de um riacho e possui características de uma lagoa permanente, que tem em sua porção oeste espécies de árvores típicas da floresta ombrófila densa, e em sua porção leste predomínio de gramíneas. A lagoa localizada em Rancho Queimado está situada a cerca de 820 m de altitude acima do nível do mar, também possui clima subtropical úmido com verões quentes (ALVARES et al., 2013) a lagoa é permanente formada pelo represamento de um riacho, no seu entorno possui árvores típicas da floresta ombrófila densa. Já a lagoa de Urubici está à 1353 m acima do nível do mar com clima subtropical úmido sem estação seca definida (ALVARES et al., 2013), onde predomina a floresta ombrófila mista entremeada por áreas de campos naturais, essa lagoa, possui características de lagoa permanente.

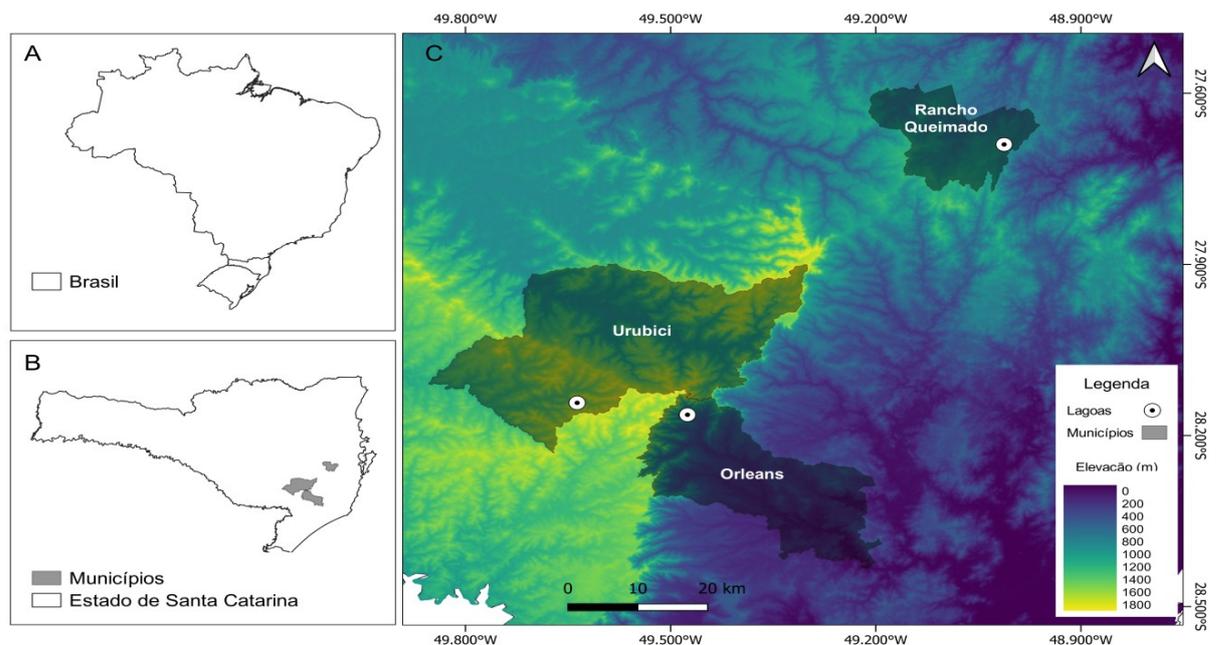


Figura 1. Localização geográfica da área de estudo. A) Mapa do Brasil, com destaque para o estado de Santa Catarina; B) Mapa do estado de Santa Catarina, com a área de estudo destacada; C) Mapa altimétrico com os municípios onde estão localizadas as lagoas estudadas (círculos brancos) em destaque.

3.2 COLETA DE DADOS

Em cada uma destas três lagoas foi instalado um gravador automatizado SONG METER SM4 (Wildlife acoustics) com dois microfones omnidirecionais. Os gravadores foram instalados a cerca de 1 m de altura do solo a menos de um metro da borda das lagoas. Cada gravador foi amarrado com um extensor elástico ao tronco de uma árvore ou no caso da lagoa de Urubici preso a um mourão. Para proteger os gravadores contra chuva e sol foi instalada uma cobertura de PVC e para diminuir a chance de serem roubados foi colocado em seu entorno uma corrente presa com um cadeado.

A taxa de amostragem das gravações foi regulada para 22050 kHz e os microfones foram configurados com um ganho de 16dB o do lado esquerdo e ganho de 10dB o do lado direito, para ter uma melhor qualidade e quantidade de áudios analisáveis. Os gravadores foram programados para gravar um minuto a cada 15 minutos do dia, resultando em quatro minutos de gravação por hora e 96 minutos de gravação a cada 24h. A cada três ou quatro meses, as localidades eram visitadas e os dois cartões de memórias de 64 Gb eram recolhidos e substituídos. Neste mesmo momento, outras manutenções eram realizadas nos gravadores, como a troca das pilhas e correção de algum dano ou mudança na configuração. O registro da temperatura foi feito usando o próprio sistema de gravação de dados do gravador, que gera um arquivo txt com informações de cada gravação, o arquivo possui dados de temperatura para cada gravação que foi arquivada, então decidimos usar essa temperatura mesmo que exista uma pequena alteração devido à estrutura do gravador, pois com ela podemos obter uma variação mais fina dos dados a cada hora do período de amostragem.

3.3. ANÁLISE DE DADOS

3.3.1 Seleção das gravações e identificação das espécies de anuros

Escolhemos um período de aproximadamente um ano para a análise das gravações, de setembro de 2019 a dezembro de 2020. Porém, devido à presença de dados corrompidos ou faltantes de alguns dias, ou até mesmo de um mês inteiro, acabamos por selecionar períodos diferentes para as lagoas amostradas a fim de padronizar período de um ano e três meses em todas elas. Durante esse período selecionado para as análises, fizemos a escolha de um dia de gravação por semana. Dentro de cada semana, o dia analisado foi determinado de forma aleatória (sorteado usando o programa R). Para cada um desses dias selecionados, foram

analisadas as gravações entre as 17:00 horas até 3:45 horas da madrugada do dia seguinte, totalizando 44 minutos de gravações por dia e 38 h para todo o período analisado.

Cada minuto gravado foi analisado manualmente por um mesmo pesquisador (Anderson Rosa.), com o programa Audacity (versão 2.4.2; <https://www.audacityteam.org/>). Áudios corrompidos ou com menos de 30 segundos de duração foram descartados das análises posteriores. De cada gravação analisada foram registrados: a hora do dia, a temperatura no momento da gravação (indicado pelo sensor de temperatura do próprio gravador), bem como calculamos o índice de intensidade de canto daquelas espécies que foram passíveis de identificação no áudio. Especificamente, o índice de intensidade de canto utilizado categoriza a abundância dos indivíduos vocalizando, e segue o sistema NAAMP (North American Amphibian Monitoring Program), com adaptações conforme especificado pelo grupo de trabalho em Ecologia de Anfíbios do Instituto Nacional de Ciência & Tecnologia em Ecologia, Evolução e Conservação da Biodiversidade. O índice tem valor 0 quando a espécie está ausente na gravação; valor 1 quando a espécie está presente vocalizando, porém sem apresentar sobreposição dos mesmos (cantos esparsos); valor 2 quando a espécie está presente vocalizando e apresenta sobreposição de cantos de alguns indivíduos (coro intermitente); e valor de 3 quando a espécie está presente vocalizando e os cantos são completamente sobrepostos, impossibilitando a individualização dos mesmos (coro contínuo).

3.3.2 Padrões fenológicos

Para descrever a fenologia reprodutiva de cada espécie, consideramos as semanas ao longo do período monitorado em que as mesmas tenham sido detectadas nas gravações. Assim, as espécies foram consideradas em atividade se pelo menos uma das 44 gravações do respectivo dia ela fora detectada vocalizando. O tipo de período reprodutivo de cada espécie foi então categorizado utilizando a classificação adaptada de Prado et al. (2005), onde as espécies foram consideradas como: 1) Reprodução explosiva: Machos e fêmeas chegam de forma síncronas no sítio de reprodução, onde a reprodução ocorre durante alguns dias ou semanas durante o ano. 2) Contínua: machos vocalizam ao longo de todo o ano. 3) Prolongada: Machos vocalizam por mais de 3 meses consecutivos com chegada de fêmeas do forma assíncrona. Adicionalmente, avaliamos também se as espécies apresentaram diferença nessa classificação entre as lagoas estudadas.

3.3.3 Composição da anurofauna

Avaliamos a variação na composição dos anuros entre as três lagoas estudadas. Para isso, utilizamos o método de ordenação baseado em modelo de cópula Gaussiana (POPOVIC et al., 2021). Essa abordagem utiliza um modelo multivariado com a implementação de variáveis latentes (i.e. análise de fator), levando em consideração a variação natural e a relação entre a média e a variância dos dados multivariados (WARTON; HUI, 2017; POPOVIC et al., 2021). Análises de ordenação que utilizam modelos são mais indicadas do que a utilização de métodos baseados em dissimilaridade (e.g. escalonamento multidimensional não métrico (KRUSKAL, 1964), uma vez que são capazes de modelar explicitamente a correlação entre as espécies (WARTON et al., 2012; HUI et al., 2015).

Para gerar as ordenações, agrupamos os dados tanto por dia, quanto pelo período amostrado. Esses dados corresponderam a um índice de atividade diário para cada espécie. Criamos esse índice utilizando o número de gravações por dia em que cada espécie foi detectada (i.e., pelo menos um indivíduo vocalizando). Assim, cada espécie recebeu um valor de abundância (diário) que variou de 0 (ausente em todas as gravações) a 44 (presente em todas as gravações do respectivo dia). Essa abordagem foi utilizada devido à dificuldade de contabilizar precisamente o número de indivíduos vocalizando em cada gravação, além de diminuir possíveis efeitos de correlação temporal. Os dados agrupados pelo período amostrado corresponderam à somatória de todos os índices de abundância diário por espécie em cada local. Assim, se uma espécie ocorreu nas 44 gravações diárias ao longo das 54 semanas analisadas, seu valor de abundância total correspondeu a 2376 (44x54).

Geramos ordenações irrestritas utilizando o pacote *ecoCopula* (POPOVIC et al., 2021), nos quais incluímos apenas duas variáveis latentes, utilizando a família de distribuição binomial negativa. Os dados dos modelos foram então plotados para interpretação dos resultados. Em seguida, geramos um segundo conjunto de modelos, incluindo também a localidade da lagoa (i.e. Orleans, Rancho Queimado e Urubici) como variável preditora. A ordenação gerada por esse segundo modelo indica então a disposição dos pontos (i.e. gravações agrupadas por dia ou local) após levar em consideração a variação das localidades (HUI et al., 2015). Dessa forma, se possíveis diferenças de composição estiverem atribuídas às localidades das lagoas, seria esperado que a disposição dos pontos mudasse em comparação com o primeiro modelo gerado (i.e. irrestrito). Essas mesmas análises foram repetidas utilizando-se também somente os dados de presença e ausência das espécies.

3.3.4 Variação da temperatura e sua relação com a atividade de vocalização

Também descrevemos a amplitude térmica da atividade de vocalização daquelas espécies que ocorreram nas três lagoas estudadas. Para isso, construímos boxplots considerando apenas as temperaturas das gravações em que pelo menos um indivíduo da espécie foi detectado vocalizando.

Utilizamos modelos aditivos generalizados (GAMs) para responder a nossa terceira pergunta. Os GAMs constituem uma abordagem não paramétrica, capaz de estimar tendência nos valores médios, estimar incertezas, e igualmente capaz de capturar padrões lineares e não-lineares entre as variáveis, usando conjuntos de regressões penalizadas para ajustar relações de suavização (Wood, 2017). Assim, construímos GAMs para avaliar a relação da variação da temperatura com a intensidade de vocalização das espécies de anuros registradas comumente nas três lagoas estudadas. Analisamos, separadamente para cada espécie, a presença de cantos esparsos (índice de intensidade de canto igual a 1) e de atividade de coro (índice de intensidade de canto igual a 2 ou 3), individualmente. Os valores 2 e 3 do índice foram considerados juntos devido à baixa presença da categoria 3 nas gravações analisadas.

A base de dados usada nos GAMs foi construída a partir do agrupamento dos dados por hora da gravação analisada. Por exemplo, considerando apenas os cantos esparsos (índice valor 1), atribuímos o valor dessa atividade como presente (1) se a espécie foi detectada nessa atividade em pelo menos uma das quatro gravações feitas entre as 17:00h e 17:45h. Assim, o número de presenças de determinada atividade de vocalização em um dia variou de 0 a 11. O valor de temperatura também foi agrupado por hora, no qual utilizamos a média dos valores observados nesse intervalo. Tais agrupamentos foram feitos para minimizar a correlação temporal entre as gravações analisadas.

A presença dos dois tipos de intensidade de vocalização (cantos esparsos e coro) foi estimada usando GAMs que incluíram tanto um suavizador global dos preditores (e.g. $s(\text{temperatura})$), quanto um suavizador considerando também possíveis variações independentes dos três locais amostrados (e.g. $s(\text{temperatura}, \text{by}=\text{Local})$; modelos tipo *GS* de PEDERSEN et al. (2019)). Além da temperatura, também incluímos nos modelos a hora, bem como o respectivo dia do ano da gravação (considerando primeiro de janeiro como 1 e 31 de dezembro como 365), todos como variáveis contínuas. Para lidar com a dependência entre as observações repetidas de uma mesma data, do mesmo ano e de um mesmo local, incluímos também esses três termos como fatores aleatórios em nossos modelos. Todos os termos de

suavização não aleatórios dos modelos incluíram uma regressão *spline* de placa fina como base (i.e. `bs="tp"`). Uma exceção foi o preditor dia do ano, no qual foi incluída uma *spline* cúbica cíclica (i.e. `bs="cc"`) a fim de se capturar qualquer padrão cíclico e evitar descontinuidades ao longo do ano. A distribuição utilizada foi a binomial (dados de presença e ausência) com a função de ligação *probit*, e os parâmetros de suavização foram estimados utilizando o método de probabilidade máxima restrita (i.e. `method="REML"`; WOOD, 2017). Aplicamos o método de penalidade dupla (i.e. `select=T`), o qual permite que os termos não relacionados com a variável resposta sejam efetivamente removidos dos GAMs, significando que termos que tiveram o grau de liberdade estimado aproximadamente para zero tiveram contribuição negligível no ajuste do modelo (MARRA & WOOD, 2011). Adicionalmente, como os valores de p estimados no GAM são aproximados, optamos por considerar efeito associativo apenas quando as variáveis apresentaram $p < 0,01$.

4. RESULTADOS

Durante o período analisado foram gravadas 30 espécies de anuros pertencentes a oito famílias: Hylidae (13 espécies), Leptodactylidae (8), Bufonidae (2), Odontophrynidae (2), Hemiphractidae (1), Centrolenidae (1), Microhylidae (1) e Ranidae (1) (Anexo 1). Dentre as localidades amostradas, a lagoa em Rancho Queimado foi a mais rica, com 20 espécies, sendo sete delas exclusivas, incluindo uma exótica, *Rana catesbeiana*. A lagoa em Urubici foi a segunda com maior riqueza, com 16 espécies, com cinco exclusivas. Já na lagoa em Orleans foram 15 espécies, com duas delas exclusivas (Fig. 2). Dentre as 30 espécies que foram detectadas nas gravações, sete delas foram registradas nas três localidades: *Boana bischoffi*, *B. leptolineata*, *D. minutus*, *D. nahdereri*, *Leptodactylus latrans*, *Rhinella icterica* e *Rhinella ornata* (Fig. 2).

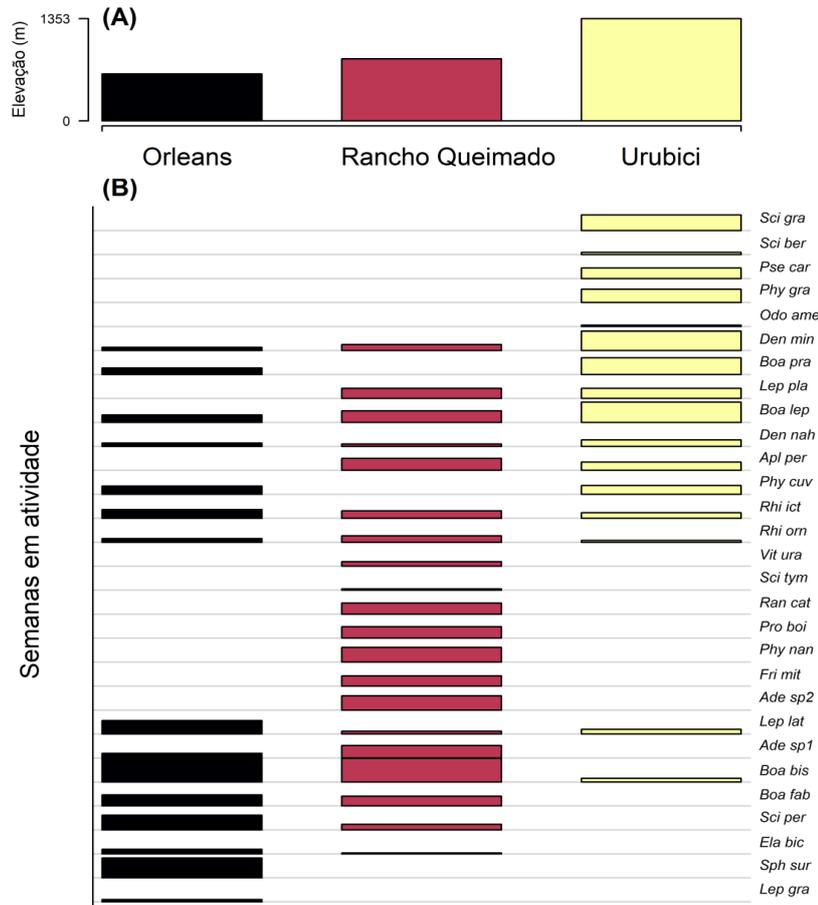


Figura 2. Espécies registradas nas três lagoas estudadas. No painel A está disposta a variação da elevação entre as áreas. O painel B indica o total de semanas em que cada espécie foi registrada por localidade, a altura da barra representa quantas semanas (1-54) a espécie esteve presente. As espécies foram renomeadas em códigos, e suas respectivas correspondências podem ser observadas no Anexo 1.

4.1. COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES

As análises de ordenação indicaram diferenciação na composição da anurofauna entre as áreas estudadas (Fig. 3). De maneira geral, quando incluídas apenas as variáveis latentes nos modelos, é possível observar uma separação entre as áreas, havendo baixa sobreposição de pontos, tanto utilizando dados de abundância (Fig. 3 a) quanto de presença e ausência (Fig. 3 c). Ao incluirmos a localidade como variável no modelo, observamos que tal diferenciação desaparece. Há uma reorganização dos pontos, levando-os a ficarem todos misturados,

independente do tipo de dado utilizado (Fig. 3 *b* e *d*). Tal resultado indica que o local é um fator importante para a diferenciação das comunidades.

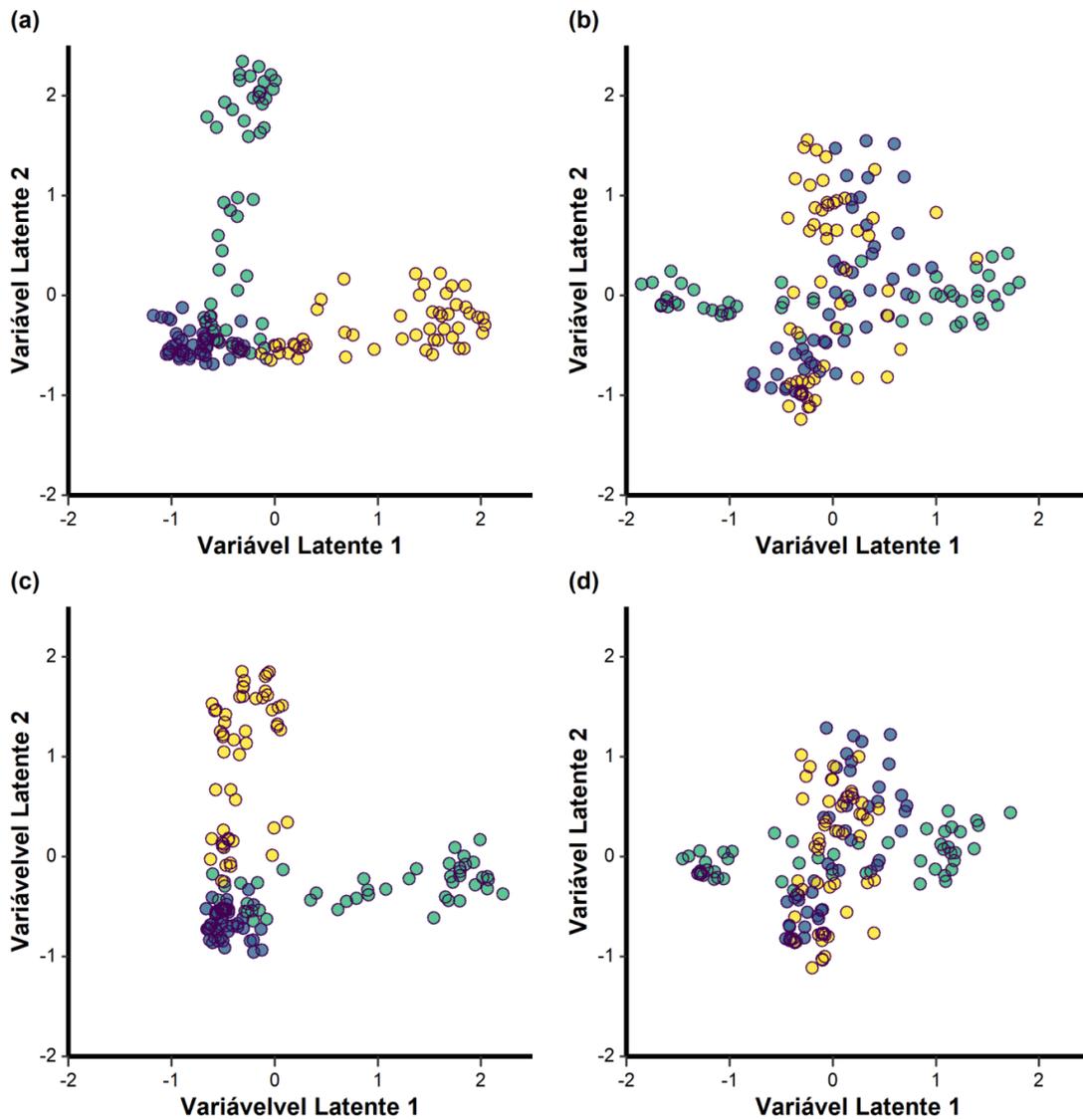


Figura 3. Ordenações irrestritas (*a* e *c*; somente variáveis latentes) e restritas (*b* e *d*; incluindo localidade como variável) estimadas através do modelo de Cópula Gaussiana para visualizar a variação na composição de anuros entre as áreas estudadas. Painéis *a* e *b* foram gerados utilizando o índice de abundância de atividade diário, enquanto que os painéis *c* e *d* foram gerados utilizando dados apenas de presença e ausência das espécies. Cada ponto indica um dia de gravação analisado, enquanto que as cores representam as respectivas localidades: Orleans (azul), Rancho Queimado (verde) e Urubici (amarelo).

4.2. FENOLOGIA

Dentre as espécies registradas mais vezes (número de semanas em atividade) por localidade ao longo do período de monitoramento analisado, destacamos na lagoa de Urubici *Boana leptolineata* com 81% das semanas analisadas (44 de 54 semanas) e *Dendropsophus minutus* em 77% das semanas (42 das 54). Na lagoa de Orleans, *Boana bischoffi* foi registrada em 96% das semanas e *Sphaenorhynchus surdus* com 70% das semanas. Na lagoa de Rancho Queimado novamente *B. bischoffi* foi a espécie dentre as mais frequentes, com 94% das semanas, seguida de *Physalaemus nanus* com 59% das semanas analisadas (Fig. 2, anexo 1).

A grande maioria das espécies teve período de reprodução prolongado, que representa ao menos três meses de atividade reprodutiva. Algumas espécies, como *B. bischoffi* (Orleans e Rancho Queimado), *S. surdus* (Orleans) e *D. minutus* (Urubici), tiveram padrão de atividade contínuo, em Urubici, algumas espécies tiveram o padrão de reprodução explosivo (e.g., *O. americanus*, *O. berthae*) que esteve presente em apenas três semanas de forma consecutiva, porém nos dias em que esteve em atividade teve índice de emissão de cantos NAAMP 2 em alguns momentos. Na tabela de espécies (ANEXO 1), temos a informação para cada uma das 30 espécies detectadas no estudo com seus padrões reprodutivos.

4.3. INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA ATIVIDADE DE VOCALIZAÇÃO

O boxplot das temperaturas das espécies registradas nos três pontos ao mesmo tempo, mostrou uma diferença de forma geral na medida em que ocorreu atividade de canto em função da temperatura para Urubici (Fig 4.) mostrando que a temperatura de vocalização mediana é menor em Urubici comparando com os outros dois pontos.

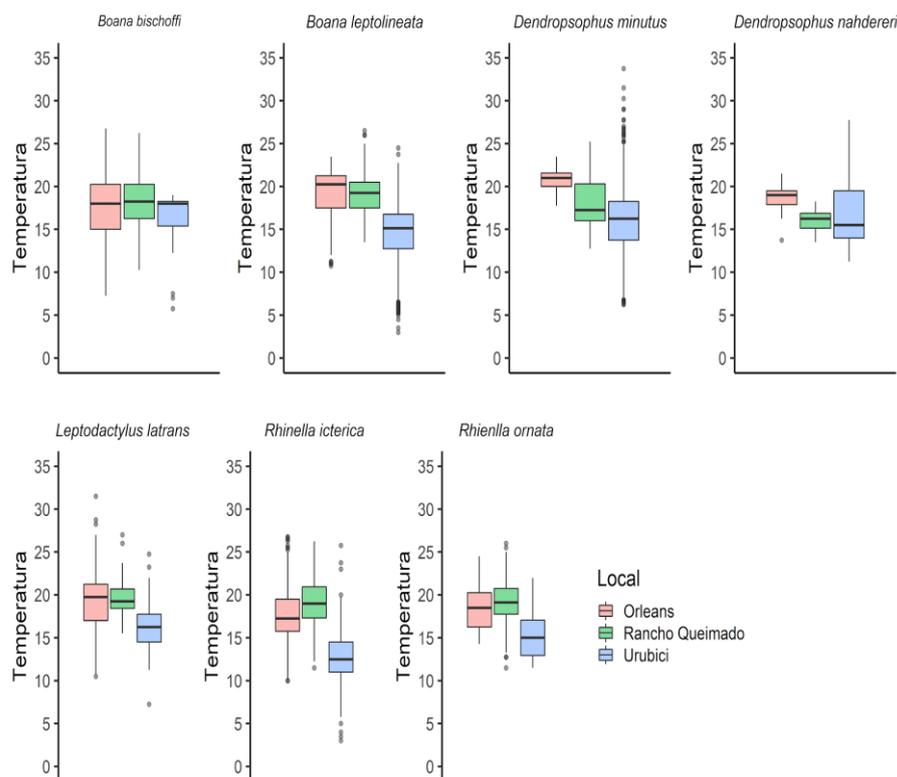


Figura 4. Variação da temperatura durante a atividade de vocalização das sete espécies de anuros que ocorreram nas três áreas estudadas. A linha horizontal dentro das caixas dos boxplots representa a mediana dos valores.

Quanto à influência da temperatura na atividade de canto das espécies que ocorrem nas três localidades amostradas (*B. bischoffi*, *B. leptolineata*, *D. nahdereri*, *D. minutus*, *L. latrans*, *R. icterica*, *R. ornata*) obtivemos, através dos modelos, resultados para a probabilidade de cantos esparsos e cantos em coro das espécies, usando como variáveis a temperatura, a hora do dia e o dia do ano.

A temperatura não teve relação com a probabilidade de emissão de cantos esparsos para nenhuma das espécies que ocorrem nas três lagoas, quando analisamos as três lagoas juntas (Orleans, Rancho Queimado e Urubici). Porém, quando analisamos as lagoas de forma separada, existe um padrão de relação da temperatura com a probabilidade de emissão de cantos esparsos para quatro espécies. *B. bischoffi* em Rancho Queimado (edf: 2,75; $p < 0.001$), *D. minutus* (edf: 3.58; $p < 0.001$) e *D. nahdereri* (edf: 2.07; $p < 0.001$) em Urubici apresentaram um padrão de maior probabilidade de produção de cantos esparsos com o aumento da temperatura, mas em um certo ponto a probabilidade passa a diminuir, até que em um

determinado ponto ela estabiliza, podemos observar graficamente nas (Figuras 5, 6, 7). *R. icterica* em Urubici também teve relação não linear com a temperatura, o padrão foi de estabilidade na probabilidade até os 15 graus, porém após esse ponto apresenta uma queda brusca na probabilidade de emissão de cantos esparsos, com uma estabilização próximo dos 25 graus (Figura 8).

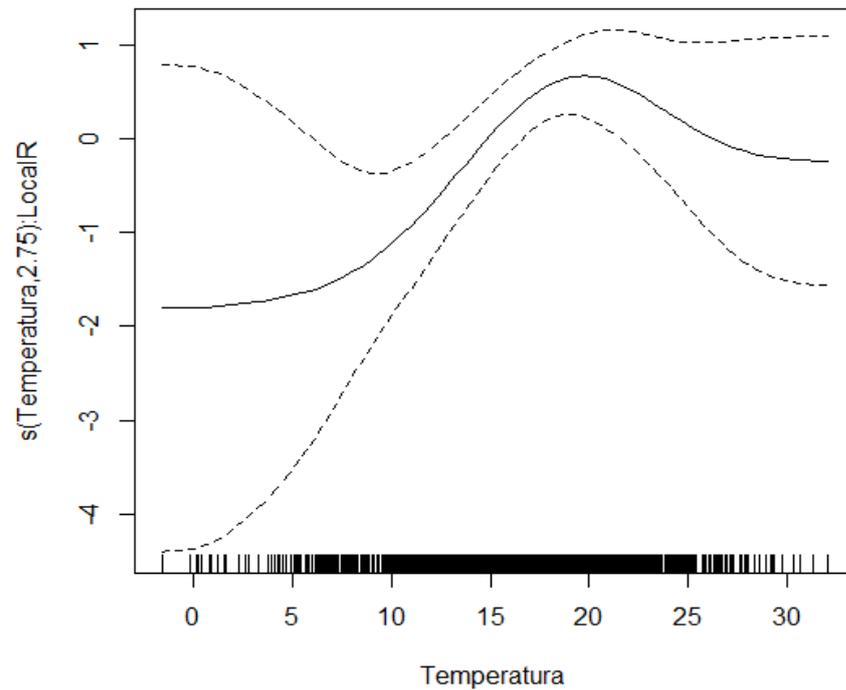


Figura 5: Probabilidade de emissão de cantos esparsos com relação não linear com a temperatura gerado pelo modelo para *B. bischoffi* na lagoa de Rancho Queimado.

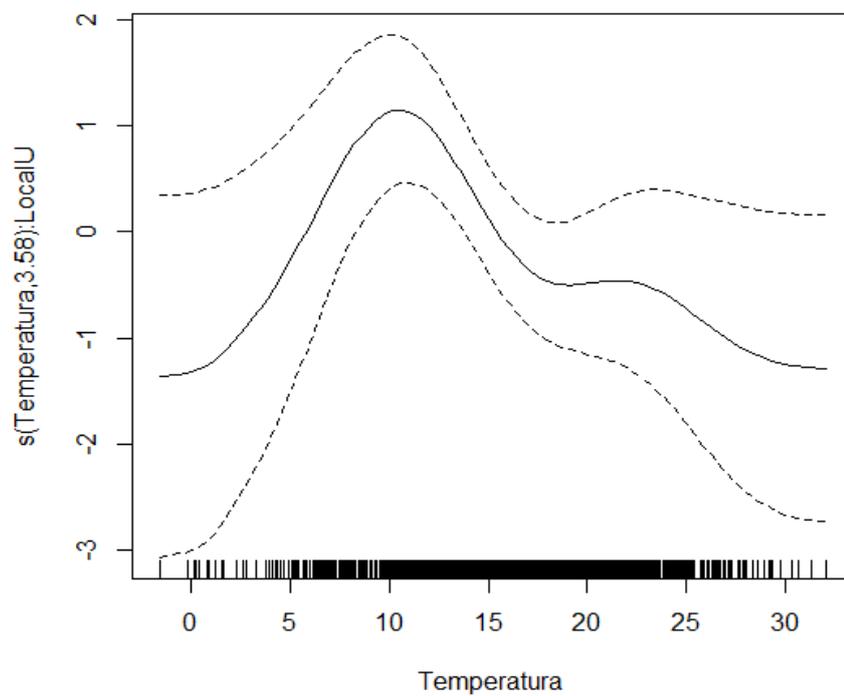


Figura 6: Probabilidade de emissão de cantos esparsos com relação não linear com a temperatura gerado pelo modelo para *D. minutus* na lagoa de Rancho Queimado.

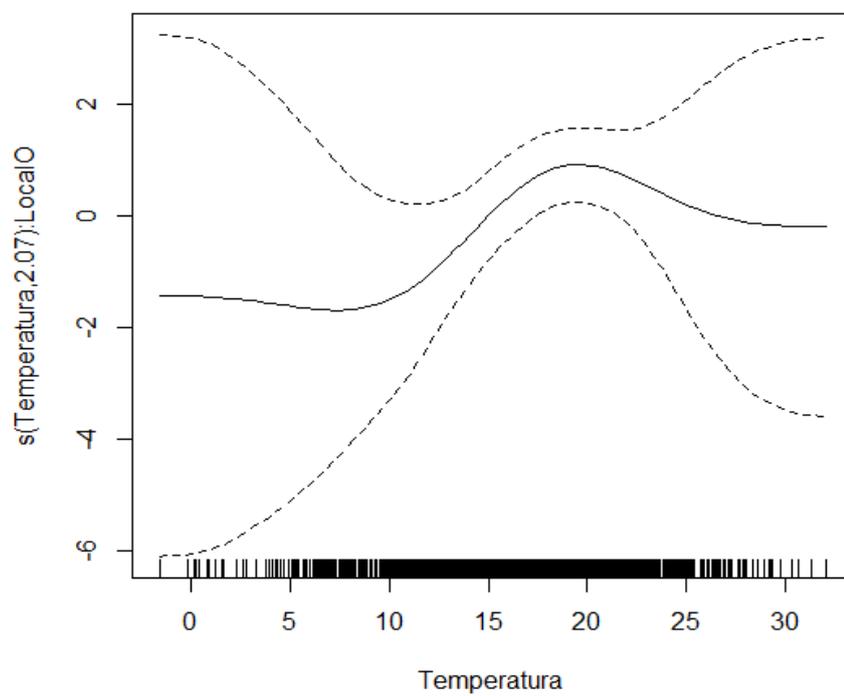


Figura 7: Probabilidade de emissão de cantos esparsos com relação não linear com a temperatura gerado pelo modelo para *D. nahdereri* na lagoa de Orleans.

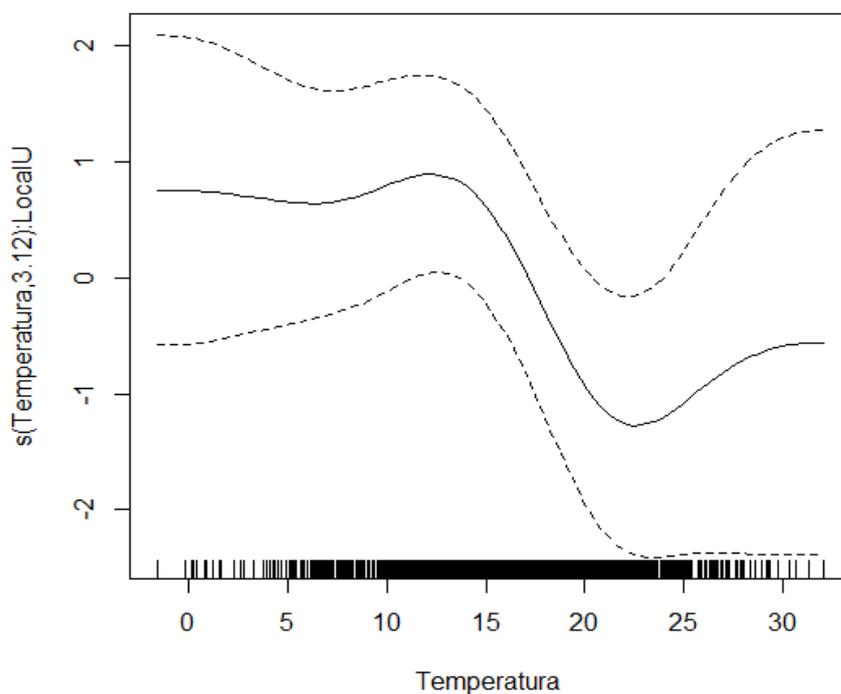


Figura 8: Probabilidade de emissão de cantos esparsos com relação não linear com a temperatura gerado pelo modelo para *R. icterica* na lagoa de Urubici.

Para a variável hora do dia, três espécies tiveram relação não linear com essa variável de forma geral (influenciando a espécie nas três lagoas), onde duas delas *B. bischoffi* (edf: 5.96; $p < 0.001$) e *B. leptolineata* apresentaram um padrão onde o avanço da hora, aumenta a probabilidade de cantos esparsos, tendo um pico de atividade entre 22h e 00h. Após esse horário existe uma redução na probabilidade de emissão de cantos esparsos (Figuras 9 e 10). *R. icterica* (edf: 7.21; $p < 0.001$) apresentou um padrão oscilante. A cada duas horas do período de amostragem ele aumentava a probabilidade de emissão de cantos e depois diminua, tendo uma nova subida e assim sucessivamente até o final do período de amostragem (Figura 11). Ainda em relação a variável hora do dia 3 espécies apresentaram relação não linear de forma específica em alguma das lagoas. *B. bischoffi* em Orleans (edf: 6.90; $p < 0.001$) e *D. minutus* em Urubici (edf: 7.34; $p < 0.001$) apresentaram um padrão muito similar de queda na atividade com o passar das horas, tendo um leve aumento nas horas finais (Figuras 12 e 13). E com um padrão de aumento de probabilidade de emissão de cantos com o avanço da hora do dia, apresentando pico próximo da sexta hora, e após essa sexta hora apresenta um declínio na

probabilidade de emissão de cantos esparsos, temos *B. leptolineata* (edf: 4.60; $p < 0.01$) e *D. minutus* (edf: 5.85; $p < 0.001$) em Orleans (Figuras 12 e 16).

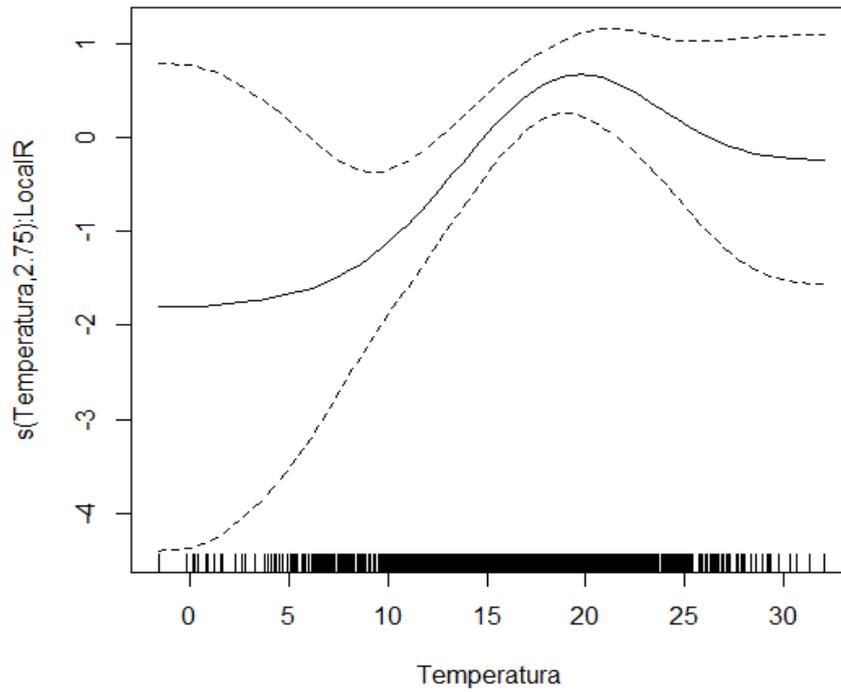


Figura 9: Probabilidade de emissão de cantos esparsos com relação não linear com a com a hora do dia gerado pelo modelo para *B. bischoffi*, para as três lagoas simultaneamente.

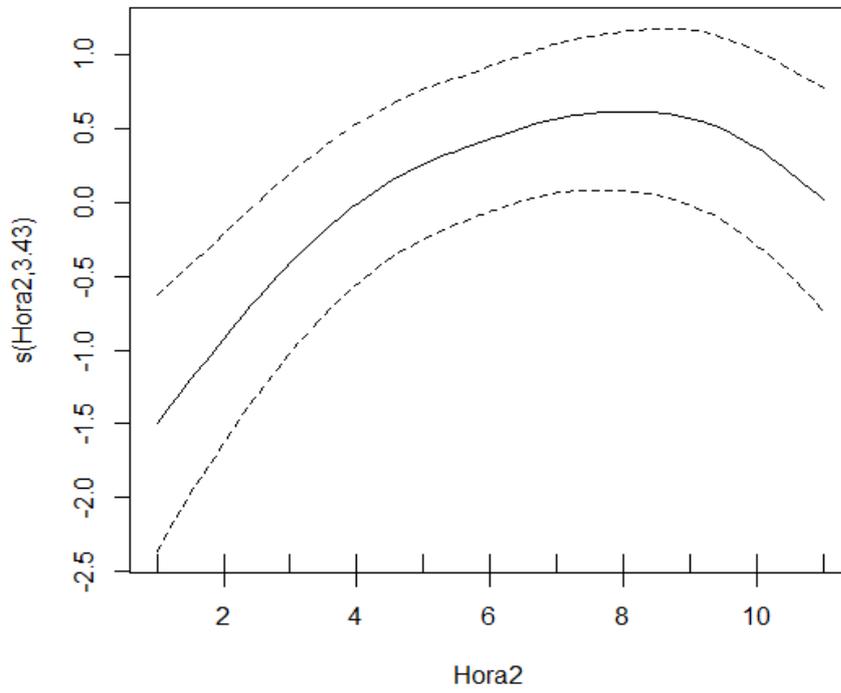


Figura 10: Probabilidade de emissão de cantos esparsos com relação não linear com a com a hora do dia gerado pelo modelo para *B. leptolineata*, para as três lagoas simultaneamente.

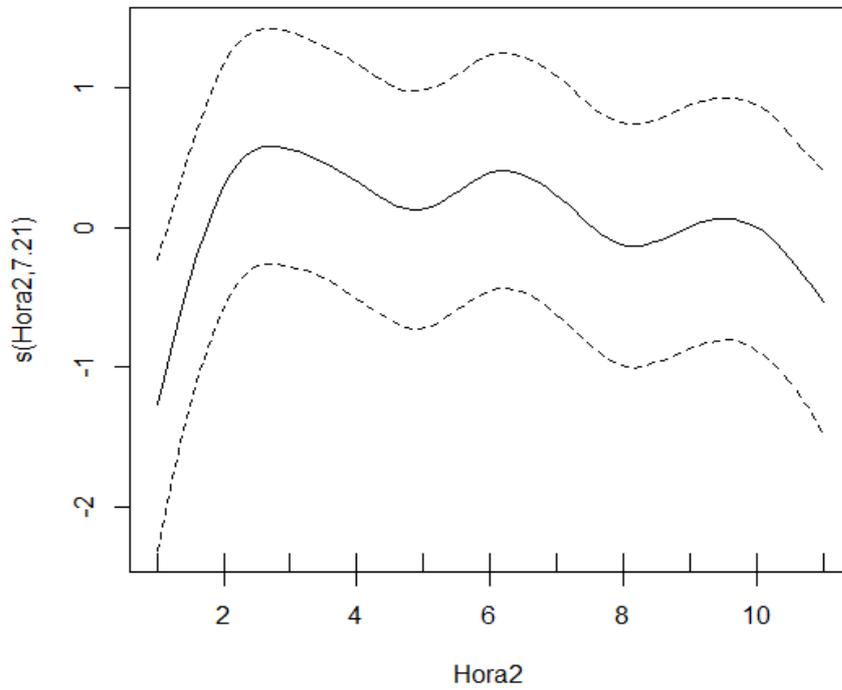


Figura 11: Probabilidade de emissão de cantos esparsos com relação não linear com a com a hora do dia gerado pelo modelo para *R. icterica*, para as três lagoas simultaneamente.

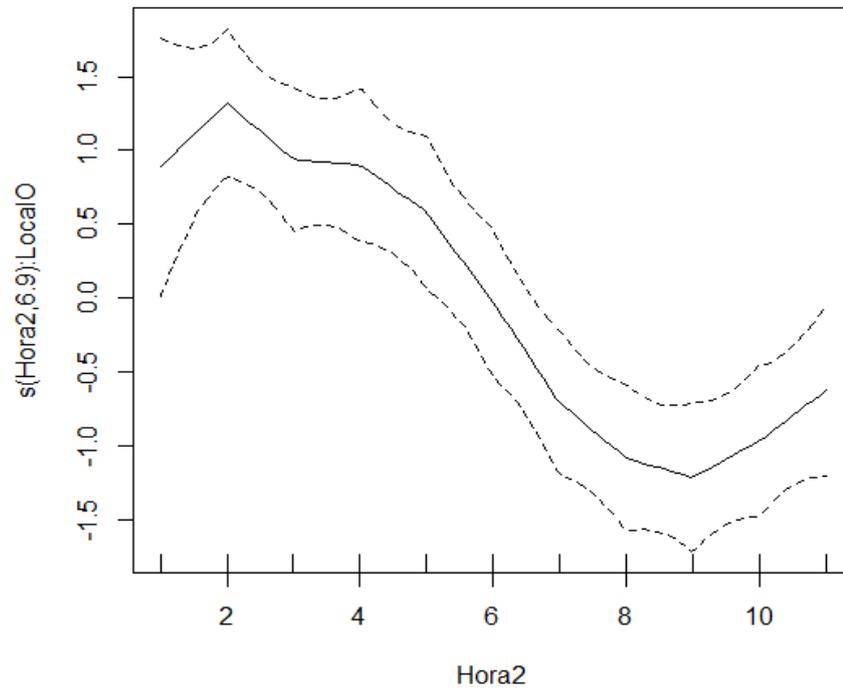


Figura 12: Probabilidade de emissão de cantos esparsos com relação não linear com a hora do dia gerado pelo modelo para *B. bischoffi* na lagoa de Orleans.

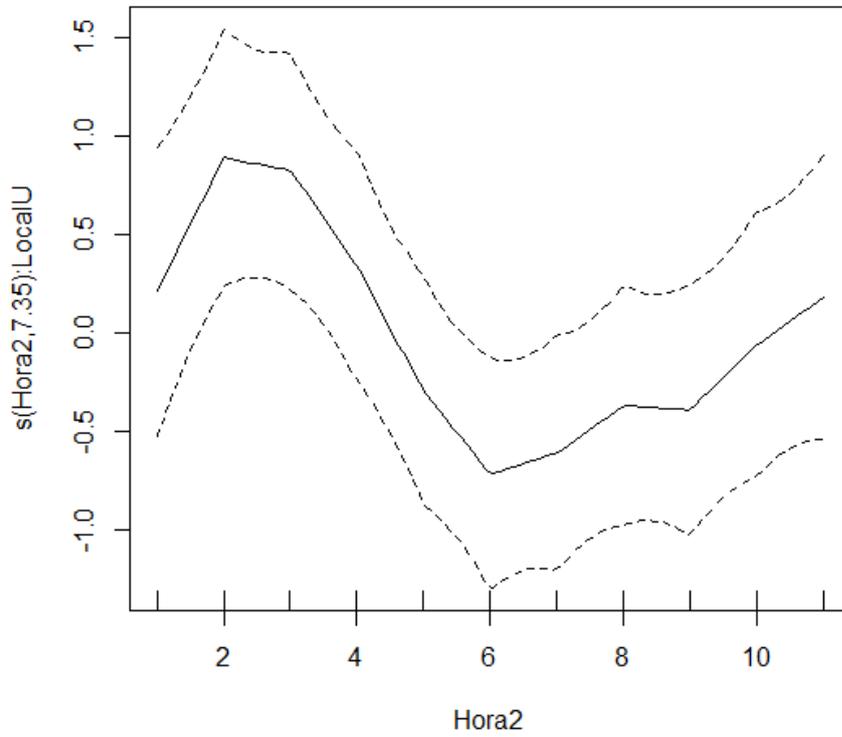


Figura 13: Probabilidade de emissão de cantos esparsos com relação não linear com a hora do dia gerado pelo modelo para *D. minutus* na lagoa de Urubici.

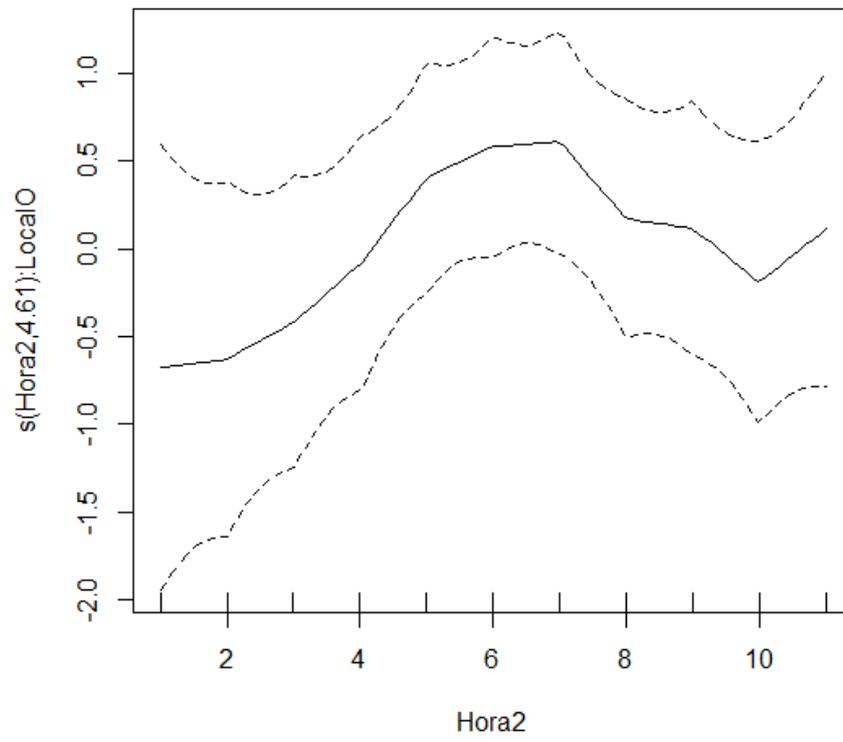


Figura 14: Probabilidade de emissão de cantos esparsos com relação não linear com a hora do dia gerado pelo modelo para *B. leptolineata* na lagoa de Orleans.

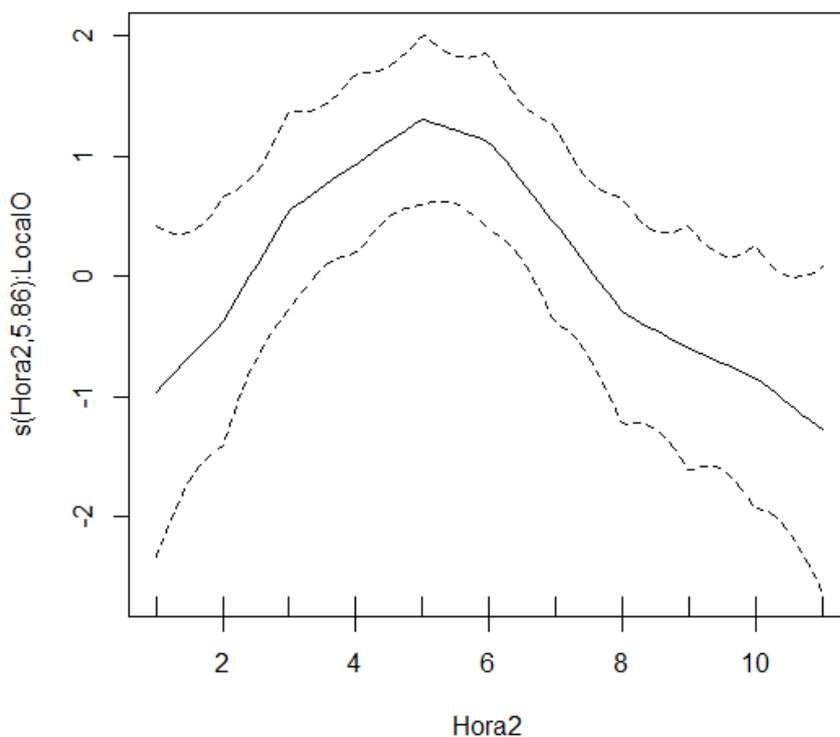


Figura 15: Probabilidade de emissão de cantos esparsos com relação não linear com a hora do dia gerado pelo modelo para *D. minutus* na lagoa de Orleans.

Ao olharmos para a variável dia do ano em relação à probabilidade de emissão de cantos esparsos em lagoas específicas, alguns padrões diferentes foram visualizados. O primeiro padrão foi o de aumento da probabilidade de cantos esparsos nos primeiros dias do ano, conforme os dias passam existe uma queda até perto do dia 150. Nesse período existe um aumento da probabilidade de emissão de cantos esparsos até perto do dia 300, após isso a probabilidade de emissão de cantos esparsos volta a cair. Esse padrão foi observado para *B. bischoffi*, *B. leptolineata*, *R. icterica* em Rancho Queimado e *R. ornata* em Orleans (Figuras 16, 17, 18, 19).

Um segundo padrão de probabilidade de emissão de cantos foi um padrão de oscilação, onde a probabilidade decai do primeiro dia até perto do centésimo, volta a subir até perto do dia de número 200 e decai novamente até perto do dia 300 voltando a subir após esse ponto. Apresentaram esse padrão *B. bischoffi* para a lagoa de Urubici e *R. icterica* para a lagoa de Orleans (Figuras 20, 21). O terceiro padrão foi visualizado em *R. icterica* na lagoa de Urubici, onde a probabilidade de emissão de cantos aumenta até próximo do dia 200,

atingindo um pico e depois passa a decair até estabilizar próximo do dia de número 300, quando estabiliza (Figura 22).

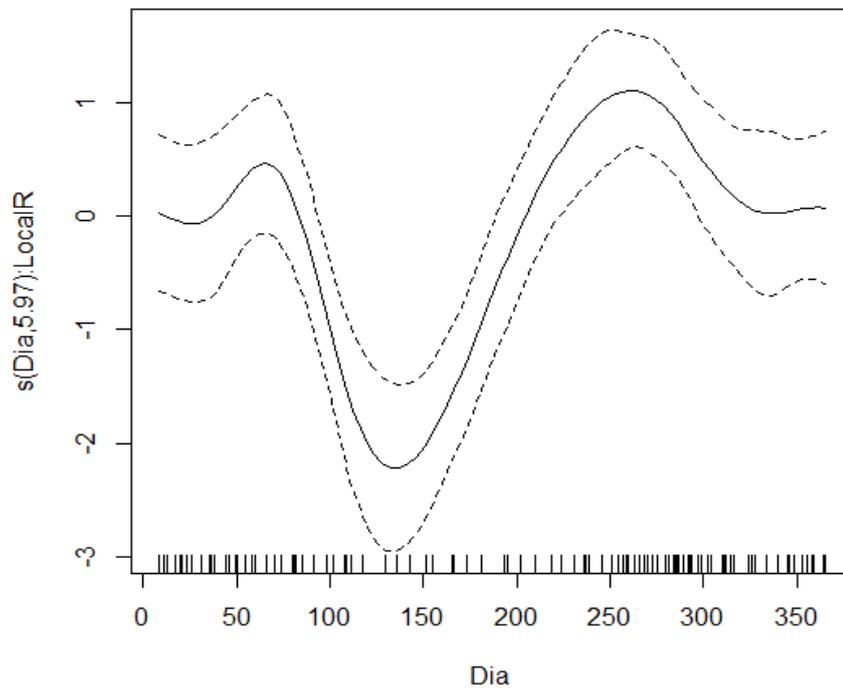


Figura 16: Probabilidade de emissão de cantos esparsos com relação não linear com o dia do ano gerado pelo modelo para *B. bischoffi* na lagoa Rancho Queimado.

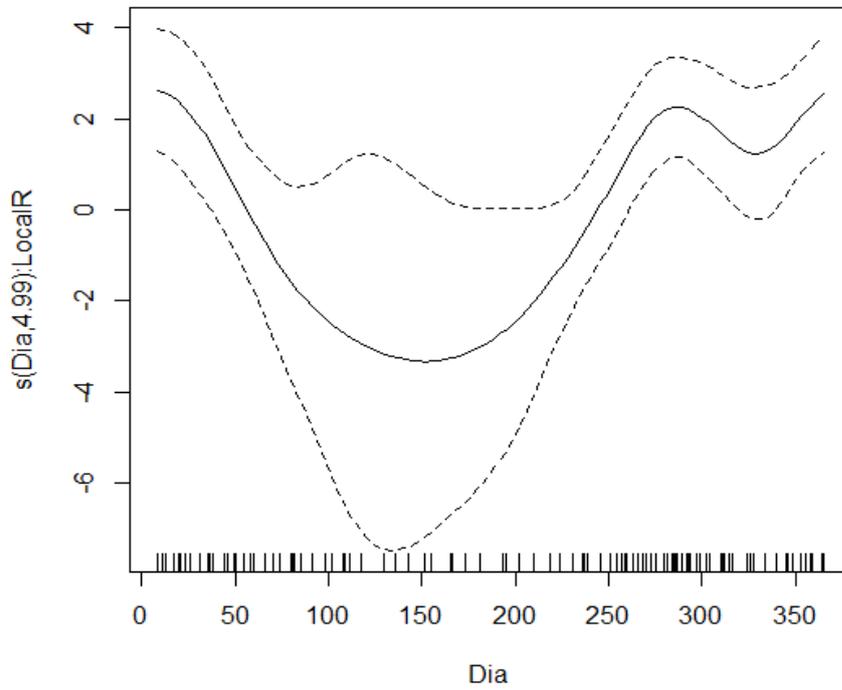


Figura 17: Probabilidade de emissão de cantos esparsos com relação não linear com o dia do ano gerado pelo modelo para *B. leptolineata* na lagoa de Rancho Queimado.

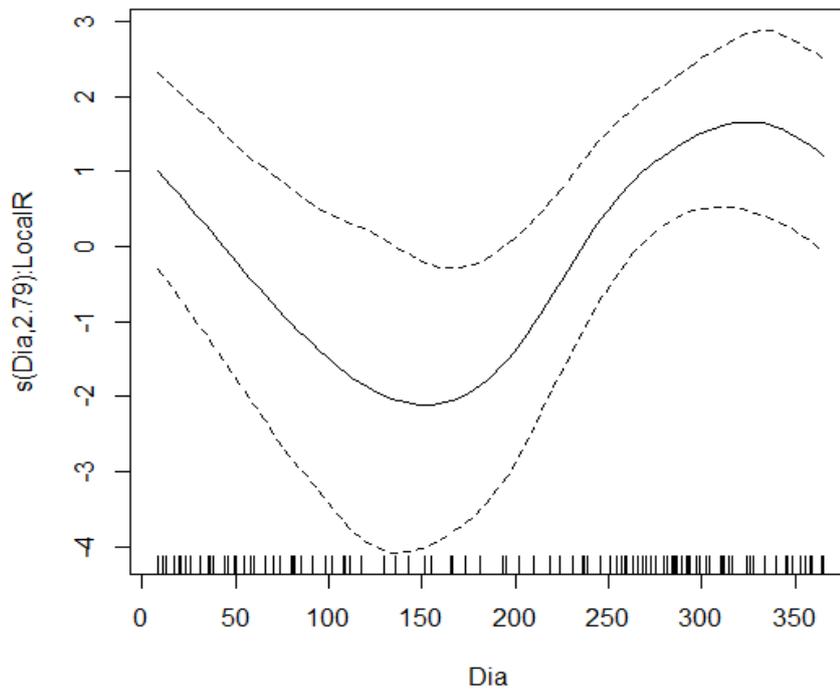


Figura 18: Probabilidade de emissão de cantos esparsos com relação não linear com o dia do ano gerado pelo modelo para *R. icterica* na lagoa de Rancho Queimado.

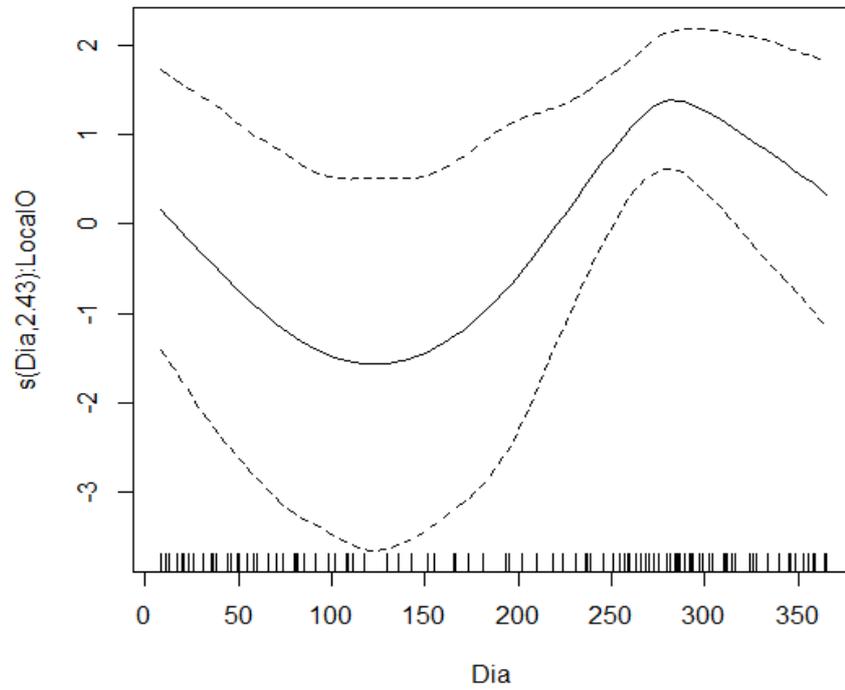


Figura 19: Probabilidade de emissão de cantos esparsos com relação não linear com o dia do ano gerado pelo modelo para *R. ornata* na lagoa de Orleans.

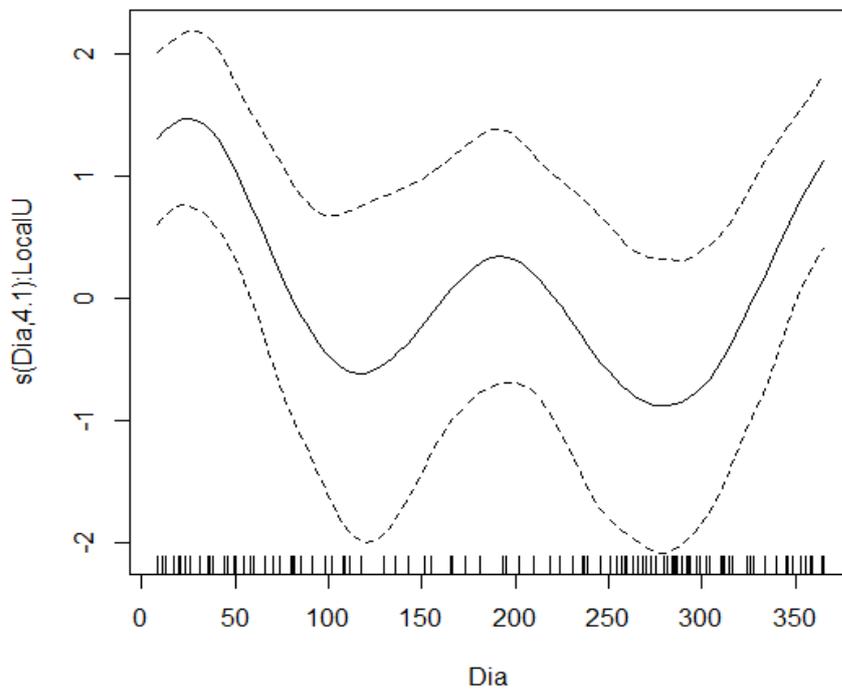


Figura 20: Probabilidade de emissão de cantos esparsos com relação não linear com o dia do ano gerado pelo modelo para *B. bischoffi* na lagoa de Urubici gerado pelo modelo.

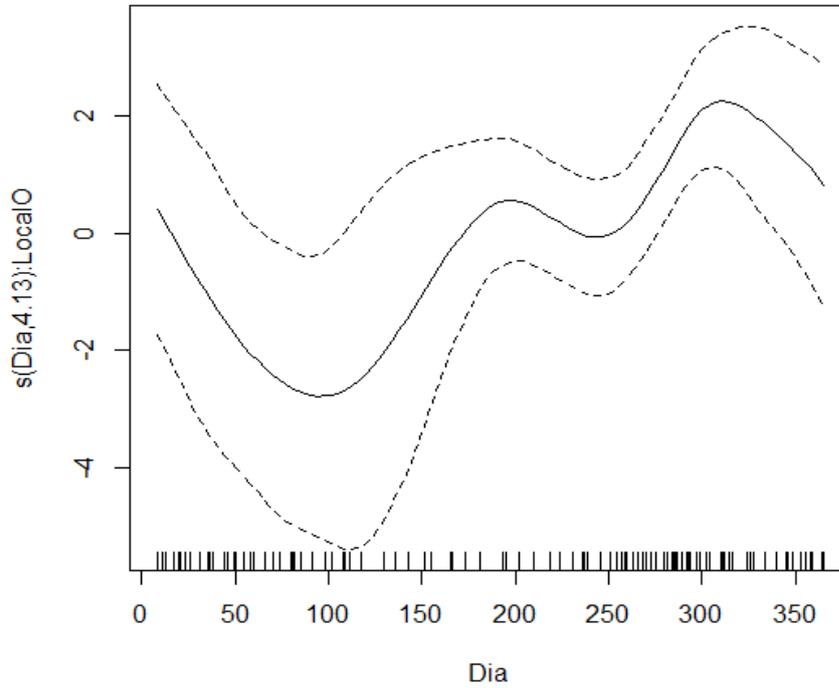


Figura 21: Probabilidade de emissão de cantos esparsos com relação não linear com o dia do ano gerado pelo modelo para *R. icterica* na lagoa de Orleans.

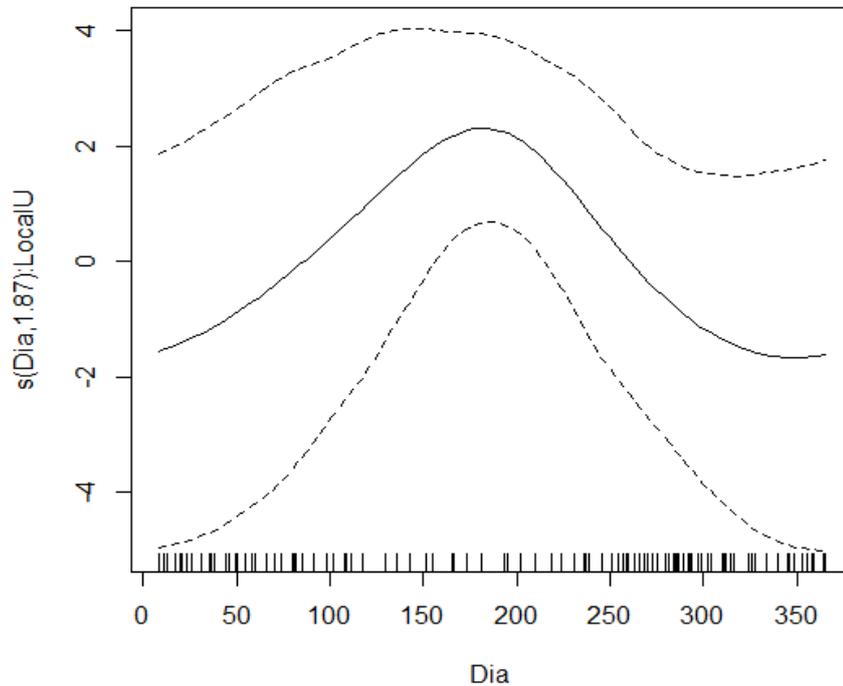


Figura 22: Probabilidade de emissão de cantos esparsos com relação não linear com o dia do ano gerado pelo modelo para *R. icterica* na lagoa Urubici.

Para cantos em coro a temperatura teve influência de forma geral nas três lagoas para duas espécies, *B. leptolineata* (edf: 9.31; $p < 0.001$) apresentou um padrão onde quanto maior a temperatura maior será a probabilidade de emissão de cantos em coro (Figura 23), *D. minutus* (edf: 2; $p < 0.001$) apresentou padrão de relação não linear com a temperatura onde a probabilidade de emissão de cantos em coro aumenta até perto dos 20 graus e depois decai até perto dos 30 graus (Figura 24). Em relação a hora do dia *B. bischoffi* (edf: 4.32; $p < 0.001$) apresentou um padrão onde aumenta a probabilidade de emissão de cantos em coro até a nona hora do dia e depois disso passa a diminuir (Figura 25). O dia do ano não teve relação com a probabilidade de emissão de cantos em coro.

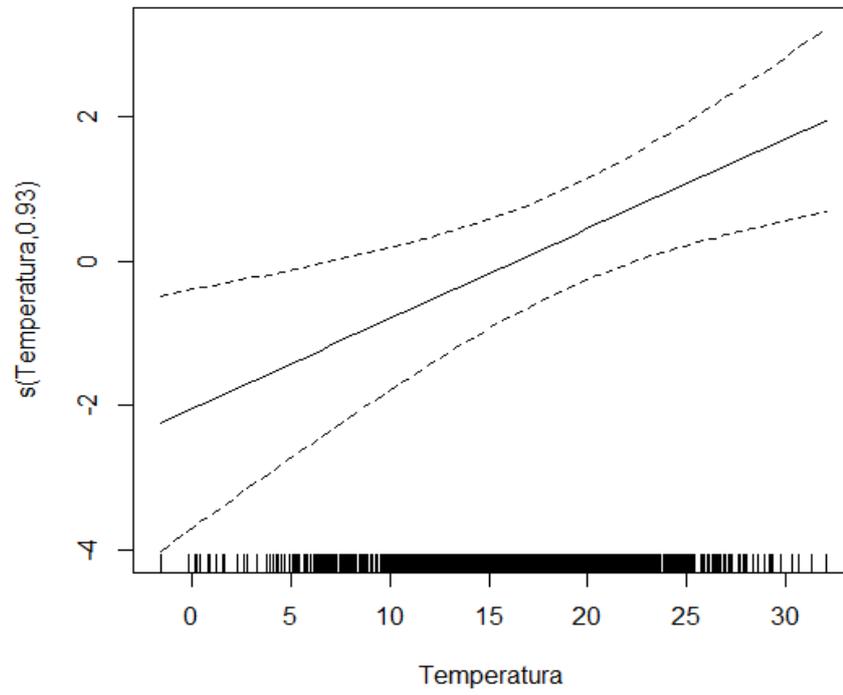


Figura 23: Probabilidade de emissão de cantos em coro com relação não linear com a temperatura gerado pelo modelo para *B. leptolineata* para as três lagoas simultaneamente.

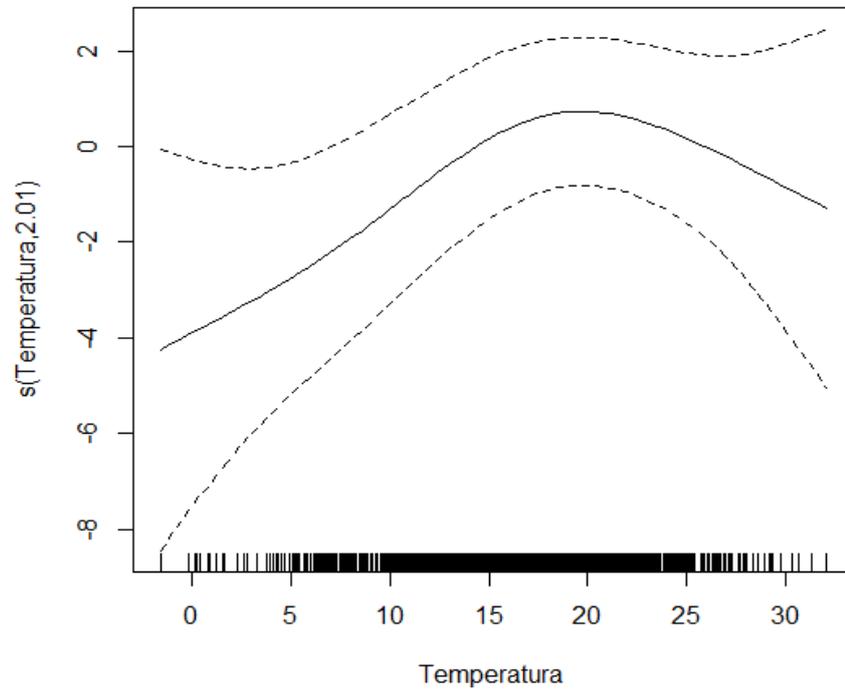


Figura 24: Probabilidade de emissão de cantos em coro com relação não linear com a temperatura gerado pelo modelo para *D. minutus* nas três lagoas simultaneamente.

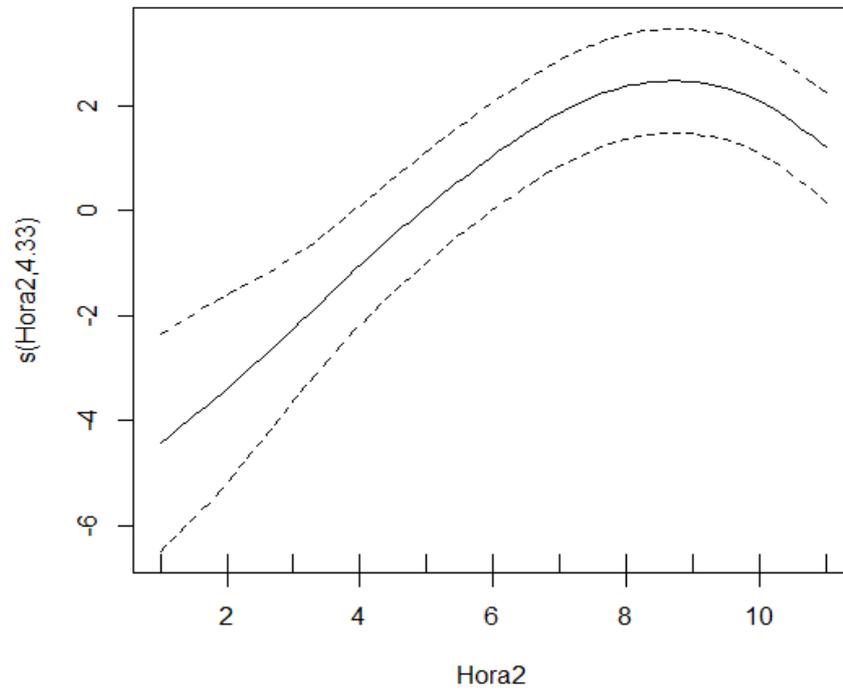


Figura 25: Probabilidades de cantos em coro com relação ao hora do dia para *B. bischoffi* (Orleans, Rancho Queimado, Urubici) gerado pelo modelo.

5. DISCUSSÃO

5.1. ESPÉCIES ENCONTRADAS E FENOLOGIA

As espécies encontradas neste estudo para Orleans e Urubici já tinham sido registradas nas regiões em estudos anteriores (CARVALHO-ROCHA et al., 2021; Ceron et al., 2017), porém o número de espécies encontradas nas lagoas (Orleans e Urubici) apresentou um aumento na riqueza de espécies antes amostradas (CARVALHO-ROCHA et al., 2021). Isso nos mostra que a sazonalidade pode estar influenciando, ou até mesmo a forma de amostragem. Porém espécies de anuros que foram anteriormente amostradas, e não detectadas nas gravações, podem ser atribuídas aos fatores como a escolha do local de gravação priorizando ambientes aquáticos, ao horário selecionado das gravações priorizando o período noturno, onde a maioria dos anuros entra em atividade de vocalização (BERTOLUCI; RODRIGUES, 2002). Os resultados de riqueza de espécies nos mostra uma predominância de espécies da família Hylidae, o que é comum na maioria dos estudos realizados em lagoas. Além disso, vimos a predominância de algumas espécies nas lagoas (e.g. *B. bischoffi*, *D. minutus*), o que indica a probabilidade de estar ocorrendo um domínio de sítio de vocalização por parte de algumas espécies (DUARTE et al., 2019), Este é um fator biótico que pode influenciar o padrão de atividade diária de vocalização das espécies (DUARTE et al., 2019).

Em relação aos padrões reprodutivos encontrados neste trabalho, a maior parte das espécies apresentou o padrão prolongado Esse resultado também é encontrado por Prado et al.(2005), para região do cerrado, e condiz com padrões estudados para região subtropical, onde a atividade reprodutiva, para maioria das espécies, se concentra na primavera e verão (BERTOLUCI; RODRIGUES, 2002), encaixando-se na classificação usada neste trabalho. Poucas espécies apresentaram padrão reprodutivo explosivo (e.g., *O. americanus*), e contínuo (e.g., *D. minutus*). Algumas espécies que apresentaram um padrão reprodutivo em determinada localidade (e.g. *B. bischoffi* em Orleans e Rancho Queimado) apresentaram o oposto noutra localidade (e.g., *B. bischoffi* em Urubici). Isso pode ocorrer devido à presença de uma espécie dominante, ou estrutura de vegetação diferente que não favoreceram o padrão apresentado na outra localidade (OSPINA et al., 2013).

5.2. DIFERENÇA NA COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES

Quando avaliamos a composição de espécies entre as lagoas observamos que o local foi o fator determinante para as diferenças da composição de espécies, conforme indicado nas Figuras 4b e 4d. Essa diferença pode refletir principalmente na fitofisionomia do entorno das lagoas ao invés das variações de temperatura e da distância geográfica entre elas. Algumas espécies como *Pseudes cardosoi* e *Physalaemus gracilis* têm sido registradas em lagoas dos campos de altitude e floresta de araucárias típicas da região serrana do Rio Grande do Sul (Kwet et al. 2010) e nestes estudo foram registradas somente na lagoa de Urubici, onde predomina estas fitofisionomias. Por outro lado, espécies como *Sphaenorhynchus surdus* e *Leptodactylus gracilis* registrados exclusivamente na lagoa de Orleans têm suas ocorrências principalmente associadas às lagoas de floresta ombrófila densa das terras baixas da região sul (Haddad et al. 2013).

5.3. INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA ATIVIDADE DE VOCALIZAÇÃO

A maioria das espécies que ocorreram nas três lagoas tem ampla distribuição pelas diferentes fitofisionomias do estado de Santa Catarina e por isso podem ser consideradas como espécies comuns e generalistas de habitat (ANDERSON et al., 2018). Estudos mostram que espécies generalistas tendem a se adaptar a uma maior quantidade de ambientes e micro climas diferentes (ANDERSON et al., 2018). Quando olhamos para a figura 3 que apresenta os boxplots de temperatura nos momentos que as espécies emitiram vocalização vemos que elas têm uma amplitude térmica bastante ampla, mostrando que estão adaptadas a esses ambientes, podemos ver que Urubici possui temperatura mediana menor que as outras localidades, e isso é esperado, pois Urubici tem uma variação térmica maior que as outras localidades. Porém não podemos descartar outros fatores além da temperatura que podem estar influenciando na atividade de vocalização das espécies presentes simultaneamente nas três lagoas, como variações microclimáticas em cada lagoa (LLUSIA et al., 2013), bem como a competição intra-específica pelo espaço acústico, podem também afetar de forma efetiva a atividade de canto do indivíduo (DUARTE et al., 2019). A amplitude térmica das espécies ficou, no geral, entre 10 a 25 C, e essa capacidade de se adaptar a grandes ? amplitudes térmicas foi observado nos estudos de LLUSIA et al. (2013) e ANDERSON et al. (2018).

De modo geral, espécies de anuros de ambientes subtropicais tem a temperatura como variável principal de estímulo para início da atividade de vocalização (BERTOLUCI; RODRIGUES, 2002). Além disso, espécies de hábitos noturnos sofrem influência do crepúsculo (SUGAI et al., 2020). No presente estudo, ao avaliarmos a influência da temperatura sobre a atividade das espécies observamos que nenhuma delas apresentou uma relação significativa da temperatura com seu padrão de atividade de vocalização, o que difere do padrão observado em outros estudos, como por exemplo, de BERTOLUCI & RODRIGUES (2002). No entanto, o horário do dia foi o fator que apresentou uma probabilidade significativa sobre o início da atividade de canto para cinco das sete espécies analisadas, estando de acordo com o que foi sugerido por Cook et al. (2011). Uma das espécies que não seguiu este padrão mostrado por Cook et al. (2020) foi *D. nahdereri*, a qual apresentou probabilidade maior de emissão de cantos esparsos conforme o tempo passa, tendo um pico perto da meia noite onde começa a diminuir. A época do ano também não foi significativa quando analisamos as três localidades em conjunto, isso pode estar relacionado com a forma como os dados foram selecionados. Porém quando analisamos as localidades separadamente encontramos que a temperatura influenciou no início da atividade de canto para algumas espécies, como *B. bischoffi* em Rancho Queimado e *D. minutus* e *R. icterica* em Urubici, para essas espécies seguindo o padrão normalmente encontrado para espécies em áreas subtropicais (BERTOLUCI; RODRIGUES, 2002), onde espécies em áreas subtropicais iniciam a atividade de canto influenciadas pela temperatura. Já para o período do ano, com exceção de *L. latrans*, as espécies sofreram influência do período do ano em alguns dos pontos específicos.

Para cantos em coro além da temperatura, existem outras variáveis que afetam esse comportamento, a quantidade de indivíduos, a sobreposição de nicho, e presença de predadores, quando vemos nosso resultado para a probabilidade de cantos em coro *B. bischoffi* e *B. leptolineata* tiveram relação com a temperatura de modo geral (LLUSIA et al., 2013), o que difere do encontrado para emissão de cantos onde nenhuma apresentou um padrão geral, isso pode estar relacionado com a biologia da espécie. O padrão de horário, continua a ser seguido para probabilidade de cantos em coro, pois com a probabilidade maior de emissão de canto de indivíduos com o passar do tempo, maior a probabilidade de um grupo iniciar um coro (Cook et al., 2011; Bonnefond et al., 2020). Em relação à influência da temperatura em comunidades de anuros nossos resultados vão de encontro a estudos que mostram que a temperatura não é o único fator que influencia a atividade de canto em

ambientes subtropicais (SAENZ et al., 2006), no nosso caso para as espécies estudadas o horário teve grande influência na atividade acústica.

Com isso vimos que o monitoramento acústico passivo se mostrou eficiente na coleta das informações necessárias para a avaliação do padrão fenológico ao longo de um ano nos pontos de amostragem, assim como em outros estudos realizados, foi uma ferramenta que complementou estudos realizados nos locais de amostragem, em Urubici e Orleans as lagoas já haviam sido amostradas anteriormente usando outros métodos de pesquisa, isso é esperado justamente pela grande quantidade de dados obtidos e por todas as vantagens já listadas para o método, outros métodos como procura ativa acabam por ter um viés de amostragem como a escolha dos meses mais quentes para realizar a amostragem, dessa forma podem não captar todas as espécies presentes, principalmente aquelas que não têm uma atividade regular (WILLACY et al., 2015) mesmo que passando por todas as estações métodos podem não captar a dinâmica completa da comunidade.

Mesmo assim, para a compreensão e esclarecimento das lacunas existentes com esse trabalho devemos manter o monitoramento das áreas, para acompanharmos a flutuação da comunidade para que em longo prazo possamos responder com melhor clareza as questões sazonais, e se possível aumentar as áreas de monitoramento com a instalação de mais gravadores, desse modo podemos avaliar influências nas comunidades de forma local e espacial. Esse método, por si só, já nos dá informações importantes sobre ecologia e outras informações sobre ecologia das espécies, com isso podemos dizer que devemos aliar o método usado neste trabalho com outros métodos já existente, devemos também cuidar com os processos de padronização do método para que possamos ter dados mais sólidos (SUGAI et al., 2019), pois uma das dificuldades encontradas nesse estudo foi justamente a dificuldade de padronizar e avaliar os dados coletados.

6. CONCLUSÃO

A estrutura das comunidades de anuros medidas pela riqueza e composição de espécies diferiu entre as localidades estudadas. Esta diferença pode ser mais associada às condições locais, como a fitofisionomia de entorno das lagoas do que as diferenças de temperatura e distância geográfica entre as lagoas. O padrão fenológico visto das comunidades nas três lagoas gera dados importantes de forma que podemos usar esse padrão para futuramente compararmos com outros estudos inclusive de mudanças climáticas. A variação da temperatura não influenciou de forma geral a intensidade de vocalização das comunidades de anuros monitoradas e sim apenas de forma específica para algumas espécies em determinada lagoa, porém a hora da noite foi o fator que influenciou o início da emissão de cantos de forma geral para as espécies que ocorrem nos três pontos específicos. E, finalmente, o monitoramento acústico passivo usado neste estudo se mostrou uma ferramenta fundamental para descrever e entender a estrutura temporal e espacial das comunidades de anuros em lagoas no Sul do Brasil, indicando ser uma ferramenta importante para aprimorarmos e dirigimos medidas específicas para a conservação das espécies em uma determinada localidade.

7. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA-GOMES, M.; SIQUEIRA, C. C.; BORGES-JÔNIO, V. N. T.; VRCIBRADIC, D.; FUSINATTO, Luciana Ardenghi; ROCHA, Carlos Frederico Duarte. Herpetofauna of the Reserva Ecológica de Guapiaçu (REGUA) and its surrounding areas, in the state of Rio de Janeiro, Brazil. *Biota Neotropica*, [S.L.], v. 14, n. 3, p. 1-15, set. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0603007813>
- ALVARES, C. A.; et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, [S.L.], v. 22, n. 6, p. 711-728, 1 dez. 2013.
- ANDERSON, R. C. O.; BOVO, R. P.; ANDRADE, D. V. Seasonal variation in the thermal biology of a terrestrial toad, *Rhinella icterica* (Bufonidae), from the Brazilian Atlantic Forest. *Journal Of Thermal Biology*, [S.L.], v. 74, p. 77-83, maio 2018. Elsevier BV.
- BERTOLUCI, J.; RODRIGUES, M. T. Seasonal patterns of breeding activity of Atlantic Rainforest anurans at Boracéia, Southeastern Brazil. *Amphibia-Reptilia*, [S.L.], v. 23, n. 2, p. 161-167, 2002. Brill. <http://dx.doi.org/10.1163/156853802760061804>.
- BONNEFOND, A.; COURTOIS, E. A.; SUEUR, J.; SUGAI, L. S. M.; LLUSIA, D.. Climatic breadth of calling behaviour in two widespread Neotropical frogs: insights from humidity extremes. *Global Change Biology*, [S.L.], v. 26, n. 10, p. 5431-5446, 16 ago. 2020. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/gcb.15266>.
- BRUM, Amanda J.C.; LOEBENS, Luiza; PRADO, Cynthia P. A.; CECHIN, Sonia Z.. Reproductive cycle, sexual maturity and longevity of *Odontophrynus americanus* (Anura: odontophrynidae) in south brazil. *Acta Zoologica*, [S.L.], v. 103, n. 1, p. 99-111, 14 out. 2020. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/azo.12359>.
- CAMPOS-CERQUEIRA, Marconi; AIDE, T. Mitchell. Changes in the acoustic structure and composition along a tropical elevational gradient. *Journal Of Ecoacoustics*, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 1-1, 6 dez. 2017. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.22261/jea.pnc07i>.
- CANELAS, M. A. S.; BERTOLUCI, J.. Anurans of the Serra do Caraça, southeastern Brazil: species composition and phenological patterns of calling activity. *Iheringia. Série Zoologia*, [S.L.], v. 97, n. 1, p. 21-26, mar. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0073-47212007000100004>.
- CARVALHO-ROCHA, V.; PERES, C. A.; NECKEL-OLIVEIRA, S. Habitat amount and ambient temperature dictate patterns of anuran diversity along a subtropical elevational gradient. *Diversity And Distributions*, [S.L.], v. 27, n. 2, p. 344-359, 3 nov. 2020. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/ddi.13187>.
- CERON, K., LUCAS, E.M. & ZOCHE, J.J. 2017. Anurans of Parque Estadual da Serra Furada, Santa Catarina, Southern Brazil. *Herpetol. Notes* 10:287-296.
- COOK RP, Tupper TA, Paton PW, Timm BC. 2011. Effects of temperature and temporal factors on anuran detection probabilities at Cape Cod National Seashore, Massachusetts, USA: implications for long-term monitoring. *Herpetological Conservation and Biology* 6:25-39
- DEUTSCH, C. A.; TEWKSBURY, J. J.; HUEY, R. B.; SHELDON, K. S.; GHALAMBOR, C. K.; HAAK, D. C.; MARTIN, P. R.. Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across latitude. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences*, [S.L.], v. 105, n. 18, p. 6668-6672, 6 maio 2008. Proceedings of the National Academy of Sciences. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0709472105>.
- DUARTE, M. H.L.; CALIARI, E. P.; VIANA, Y. P.; NASCIMENTO, L. B. A natural orchestra: how are anuran choruses formed in artificial ponds in southeast brazil?. *Amphibia-Reptilia*, [S.L.], v. 40, n. 3, p. 373-382, 2019. Brill. <http://dx.doi.org/10.1163/15685381-20191079>.
- Duellman, W.E., Trueb, L. (1986): *Biology of Amphibians*. Mc Graw - Hill Book Company, 1221 Avenue of the Americas, New York, New York
- FICETOLA, G. F.; MAIORANO, L.. Contrasting effects of temperature and precipitation change on amphibian phenology, abundance and performance. *Oecologia*, [S.L.], v. 181, n. 3, p. 683-693, 23 mar. 2016. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00442-016-3610-9>.
- HADDAD, C. F. B.; PRADO, C. P. A. Reproductive Modes in Frogs and Their Unexpected Diversity in the Atlantic Forest of Brazil. *Bioscience*, [S.L.], v. 55, n. 3, p. 207, 2005. Oxford University Press (OUP). [http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568\(2005\)055\[0207:rmifat\]2.0.co;2](http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568(2005)055[0207:rmifat]2.0.co;2).
- HUEY, R. B. et al. Why tropical forest lizards are vulnerable to climate warming. *Proceedings Of The Royal Society B: Biological Sciences*, [S.L.], v. 276, n. 1664, p. 1939-1948, 4 mar. 2009. The Royal Society. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2008.1957>

- HUI, F. K. C.; TASKINEN, S.; PLEDGER, S.; FOSTER, S. D.; WARTON, D. I. Model-based approaches to unconstrained ordination. **Methods In Ecology And Evolution**, [S.L.], v. 6, n. 4, p. 399-411, 18 ago. 2014. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/2041-210x.12236>.
- KEARNEY, M.; SHINE, R.; PORTER, W. P. The potential for behavioral thermoregulation to buffer “cold-blooded” animals against climate warming. **Proceedings Of The National Academy Of Sciences**, [S.L.], v. 106, n. 10, p. 3835-3840, 10 mar. 2009. Proceedings of the National Academy of Sciences. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0808913106>
- KLAUS, Samantha P.; LOUGHEED, Stephen C.. Changes in breeding phenology of eastern Ontario frogs over four decades. **Ecology And Evolution**, [S.L.], v. 3, n. 4, p. 835-845, 26 fev. 2013. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/ece3.501>.
- KRAUSE, B.; FARINA, A. Using ecoacoustic methods to survey the impacts of climate change on biodiversity. **Biological Conservation**, [S.L.], v. 195, p. 245-254, mar. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2016.01.013>.
- KWET, A.; LINGNAU, R.; DI-BERNARDO, M. Anfíbios da Serra Gaúcha. 2º. ed. Porto Alegre: Edipucrs, 2010. 148 p.
- LLUSIA, D.; MÁRQUEZ, R.; BELTRÁN, J. F.; MOREIRA, C.; AMARAL, J. P. do. Environmental and social determinants of anuran lekking behavior: intraspecific variation in populations at thermal extremes. **Behavioral Ecology And Sociobiology**, [S.L.], v. 67, n. 3, p. 493-511, 13 jan. 2013. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00265-012-1469-2>.
- OSEEN, K. L.; WASSERSUG, R. J. Environmental factors influencing calling in sympatric anurans. **Oecologia**, [S.L.], v. 133, n. 4, p. 616-625, dez. 2002. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00442-002-1067-5>.
- OSPINA, O.; VILLANUEVA-RIVERA, L.; CORRADA BRAVO, C.; AIDE, T. M. Variable response of anuran calling activity to daily precipitation and temperature: Implications for climate change. **Ecosphere**, vol. 4, p. art47, 4 Apr. 2013. <https://doi.org/10.1890/ES12-00258.1>.
- OVASKAINEN, O.; CAMARGO, U. M. de; SOMERVUO, P.. Animal Sound Identifier (ASI): software for automated identification of vocal animals. **Ecology Letters**, [S.L.], v. 21, n. 8, p. 1244-1254, 25 jun. 2018. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/ele.13092>.
- PEDERSEN, E. J.; MILLER, D. L.; SIMPSON, G. L.; ROSS, N.. Hierarchical generalized additive models in ecology: an introduction with mgcv. **PeerJ**, [S.L.], v. 7, p. 1-42, 27 maio 2019. PeerJ. <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.6876>.
- PHENOLOGY: the importance of rain, temperature, and season. **Herpetological Monographs**, [S.L.], v. 20, n. 1, p. 64, 2006. Herpetologists League. [http://dx.doi.org/10.1655/0733-1347\(2007\)20\[64:acoacp\]2.0.co;2](http://dx.doi.org/10.1655/0733-1347(2007)20[64:acoacp]2.0.co;2).
- POPOVIC, G.C.; HUI, F. K. C.; W., David I. Fast model-based ordination with copulas. **Methods In Ecology And Evolution**, [S.L.], v. 13, n. 1, p. 194-202, 18 nov. 2021. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/2041-210x.13733>.
- PRADO, C.; UETANABARO, M.; HADDAD, C. Breeding activity patterns, reproductive modes, and habitat use by anurans (Amphibia) in a seasonal environment in the Pantanal, Brazil. **Amphibia-Reptilia**, [S.L.], v. 26, n. 2, p. 211-221, 2005.
- PRODON, R.; GENIEZ, P.; CHEYLAN, M.; DEVERS, F.; CHUINE, I.; BESNARD, A.. A reversal of the shift towards earlier spring phenology in several Mediterranean reptiles and amphibians during the 1998-2013 warming slowdown. **Global Change Biology**, [S.L.], v. 23, n. 12, p. 5481-5491, 1 set. 2017. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/gcb.13812>.
- R. Mittermeier, W. Turner, F. Larsen, T. Brooks, C. Gascon Global biodiversity conservation: the critical role of hotspots
- SAENZ, D.; FITZGERALD, L. A.; BAUM, K. A.; CONNER, R. N. ABIOTIC CORRELATES OF ANURAN CALLING
- SCHALK, Christopher M.; SAENZ, Daniel. Environmental drivers of anuran calling phenology in a seasonal Neotropical ecosystem.
- SUGAI, L. S. M.; S., T. S. F.; RIBEIRO, José Wagner; LLUSIA, D.. Terrestrial Passive Acoustic Monitoring: review and perspectives. **Bioscience**, [S.L.], v. 69, n. 1, p. 15-25, 29 nov. 2018. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/biosci/biy147>.
- SUGAI, L. S. M.; SILVA, T. S. F.; LLUSIA, D.; SIQUEIRA, T.. Drivers of assemblage-wide calling activity in tropical anurans and the role of temporal resolution. **Journal Of Animal Ecology**, [S.L.], v. 90, n. 3, p. 673-684, 20 dez. 2020. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/1365-2656.13399>.
- SUGAI, Larissa Sayuri Moreira; DESJONQUÈRES, Camille; SILVA, Thiago Sanna Freire; LLUSIA, Diego. A roadmap for survey designs in terrestrial acoustic monitoring. **Remote Sensing In Ecology And Conservation**, [S.L.], v. 6, n. 3, p. 220-235, 13 nov. 2019. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/rse2.131>.
- TABARELLI, M.; A., A. V.; R., M. C.; METZGER, J. P.; PERES, Carlos A. Prospects for biodiversity conservation in the Atlantic Forest: lessons from aging human-modified landscapes. **Biological Conservation**, [S.L.], v. 143, n. 10, p. 2328-2340, out. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2010.02.005>.
- WARTON, D. I.; HUI, F. K. C. The central role of mean-variance relationships in the analysis of multivariate abundance data: a response to roberts (2017). **Methods In Ecology And Evolution**, [S.L.], v. 8, n. 11, p. 1408-1414, 26 jul. 2017. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/2041-210x.12843>.

- WARTON, D. I.; WRIGHT, S. T.; WANG, Y. Distance-based multivariate analyses confound location and dispersion effects. **Methods In Ecology And Evolution**, [S.L.], v. 3, n. 1, p. 89-101, 6 jun. 2011. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.2041-210x.2011.00127.x>.
- WELLS, K. D. The social behaviour of anuran amphibians. **Animal Behaviour**, [S.L.], v. 25, p. 666-693, ago. 1977. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0003-3472\(77\)90118-x](http://dx.doi.org/10.1016/0003-3472(77)90118-x).
- WHYTOCK, Robin C.; CHRISTIE, James. Solo: an open source, customizable and inexpensive audio recorder for bioacoustic research. **Methods In Ecology And Evolution**, [S.L.], v. 8, n. 3, p. 308-312, 7 nov. 2016. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/2041-210x.12678>.
- WILLACY, R. J.; MAHONY, M.; NEWELL, D. A. If a frog calls in the forest: bioacoustic monitoring reveals the breeding phenology of the endangered richmond range mountain frog (*philoria richmondensis*). **Austral Ecology**, [S.L.], v. 40, n. 6, p. 625-633, 11 fev. 2015. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/aec.12228>.
- WOOD, C. M. et .al. Survey coverage, recording duration and community composition affect observed species richness in passive acoustic surveys. **Methods In Ecology And Evolution**, [S.L.], v. 12, n. 5, p. 885-896, 2 mar. 2021.
- WOOD, S. N. **Generalized Additive Models: an introduction with r**. 2. ed. New York: Chapman And Hall/Crc, 2017. 496.
- Z. Frank, H. Christian (Eds.), *Biodiversity Hotspots. Distributional and Protection of Conservation Priority Areas*, Springer, London and New York (2011), pp. 3-22

8. Anexos

Anexo 1: Tabela das espécies com seus códigos de referência e sua frequência de ocorrência (número de semanas) por localidade monitoradas na porção da Serra Geral do Estado de Santa Catarina.

Família	Espécie	Código sp	Orleans	Urubici	Rancho Queimado
Hylidae(13)	<i>Aplastodiscus perviridis</i>	Apl_per		18	26
	<i>Boana bischoffi</i>	Boa_bis	52	8	51
	<i>Boana faber</i>	Boa_fab	24		21
	<i>Boana leptolineata</i>	Boa_lep	16	44	25
	<i>Boana prasina</i>	Boa_pra	14	36	
	<i>Dendropsophus minutus</i>	Den_min	7	42	13
	<i>Dendropsophus nahdereri</i>	Den_nah	7	14	5
	<i>Ololygon berthae</i>	Olo_ber		5	
	<i>Pseudis cardosoi</i>	Pse_car		23	
	<i>Scinax granulatus</i>	Sci_gra		34	
	<i>Scinax perereca</i>	Sci_per	32		12
	<i>Scinax tymbamirim</i>	Sci_tym			3
	<i>Sphaenorhincus surdus</i>	Sph_sur	43		
Leptodactylidae(8)	<i>Adenomera sp1</i>	Ade_sp1	10		27
	<i>Adenomera sp2</i>	Ade_sp2			31
	<i>Leptodactylus gracilis</i>	Lep_gra	5		
	<i>Leptodactylus plaumanni</i>	Lep_pla		22	22
	<i>Leptodactylus latrans</i>	Lep_lat	29	10	6
	<i>Physalaemus cuvieri</i>	Phy_cuv	18	19	
	<i>Physalaemus gracilis</i>	Phy_gra		29	
<i>Physalaemus nanus</i>	Phy_nan			32	
Bufonidae(2)	<i>Rhinella ornata</i>	Phy_orn	8	4	14
	<i>Rhinella icterica</i>	Rhi_ict	19	12	16
Odontophrynidae(2)	<i>Odontophrynus americanus</i>	Odo_ame		3	
	<i>Proceratrophys boiei</i>	Pro_boi			25
Centrolenidae(1)	<i>Vitreorana uranoscopa</i>	Vit_ura			10

Hemiphractidae(1)	<i>Fritiziana mitus</i>	Fri_mit		22
Microhylidae(1)	<i>Elacstocleis bicolor</i>	Ela_bic	10	2
Ranidae(1)	<i>Rana catesbianus</i>	Ran_cat		24

Anexo 2: Tabela das espécies com os padrões reprodutivos para as espécies detectadas nas três lagoas amostradas: E=Explosivo, C=Contínuo, P=Prolongado.

Família	Espécie	Código sp	Orleans	Urubici	Rancho Queimado
Hylidae(13)	<i>Aplastodiscus perviridis</i>	Apl_per		P	P
	<i>Boana bischoffi</i>	Boa_bis	C	E	C
	<i>Boana faber</i>	Boa_fab	P		P
	<i>Boana leptolineata</i>	Boa_lep	P	P	P
	<i>Boana prasina</i>	Boa_pra	E	P	
	<i>Dendropsophus minutus</i>	Den_min	E	P	E
	<i>Dendropsophus nahdereri</i>	Den_nah	E	E	E
	<i>Ololygon berthae</i>	Olo_ber		E	
	<i>Pseudis cardosoi</i>	Pse_car		P	
	<i>Scinax granulatus</i>	Sci_gra		P	
	<i>Scinax perereca</i>	Sci_per	P		E
	<i>Scinax tymbamirim</i>	Sci_tym			E
	<i>Sphaenorhincus surdus</i>	Sph_sur	P		
Leptodactylidae(8)	<i>Adenomera sp1</i>	Ade_sp1	E		P
	<i>Adenomera sp2</i>	Ade_sp2			P
	<i>Leptodactylus gracilis</i>	Lep_gra	E		
	<i>Leptodactylus plaumanni</i>	Lep_pla		P	P
	<i>Leptodactylus latrans</i>	Lep_lat	P	E	E
	<i>Physalaemus cuvieri</i>	Phy_cuv	P	P	
	<i>Physalaemus gracilis</i>	Phy_gra		P	
<i>Physalaemus nanus</i>	Phy_nan			P	
Bufonidae(2)	<i>Rhinella ornata</i>	Phy_orn	E	E	E
	<i>Rhinella icterica</i>	Rhi_ict	P	E	P
Odontophrynidae(2)	<i>Odontophrynus americanus</i>	Odo_ame		E	
	<i>Proceratrophys boiei</i>	Pro_boi			P

Centrolenidae(1)	<i>Vitreorana uranoscopa</i>	Vit_ura		E
Hemiphractidae(1)	<i>Fritiziana mitus</i>	Fri_mit		P
Microhylidae(1)	<i>Elacstocleis bicolor</i>	Ela_bic	E	E
Ranidae(1)	<i>Rana catesbianus</i>	Ran_cat		P