

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

**ÍNDICES DE ADEQUABILIDADE DE HABITAT COMO  
SUBSÍDIO AO GERENCIAMENTO DOS RECURSOS  
HÍDRICOS DO BANHADO DO TAIM**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Renata Azevedo Xavier**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2015**



**ÍNDICES DE ADEQUABILIDADE DE HABITAT COMO  
SUBSÍDIO AO GERENCIAMENTO DOS RECURSOS  
HÍDRICOS DO BANHADO DO TAIM**

**Renata Azevedo Xavier**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Área de Concentração em Recursos Hídricos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Ambiental.**

**Orientadora: Dr<sup>a</sup>. Rutinéia Tassi**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2015**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Xavier, Renata Azevedo

Índices de adequabilidade de habitat como subsídio ao gerenciamento dos recursos hídricos do banhado do Taim / Renata Azevedo Xavier.-2015.

131 p.; 30cm

Orientadora: Rutinéia Tassi

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, RS, 2015

1. Modelagem de Nicho Ecológico 2. Ecohidrologia 3. Áreas Úmidas 4. Gerenciamento Sustentável de Recursos Naturais I. Tassi, Rutinéia II. Título.

---

© 2015

Todos os direitos autorais reservados a Renata Azevedo Xavier. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: re\_axavier@hotmail.com

---

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental**

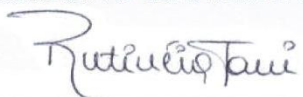
A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**ÍNDICES DE ADEQUABILIDADE DE HABITAT COMO SUBSÍDIO AO  
GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO BANHADO TAIM**

elaborada por  
**Renata Azevedo Xavier**

como requisito parcial para a obtenção do grau de  
**Mestre em Engenharia Ambiental**

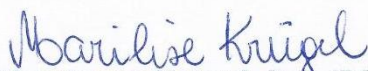
**COMISSÃO EXAMINADORA**



**Rutinéia Tassi, Dr<sup>a</sup>.  
(Presidente/Orientador)**



**David da Motta Marques, Dr. (IPH - UFRGS)**



**Marilise Mendonça Krügel, Dr<sup>a</sup>. (DESA - UFSM)**

Santa Maria, 12 de janeiro de 2015.



Aos meus pais, biólogos de coração.





## AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Rutinéia Tassi pela oportunidade de conhecer e poder realizar uma pesquisa na ESEC Taim, e pelo desafio de trabalhar com modelagem.

À CAPES, pela concessão de bolsa de estudo.

A todos os funcionários da ESEC Taim e ICMBio pelo total apoio a pesquisa e ao importar-se conosco quando estávamos a campo.

Às colegas Vanessa Camargo e Nájila Rocha pela companhia e por participarem comigo nas expedições ao Banhado do Taim. Companheiras para viajar mais de 8 horas de ônibus, caminhar na chuva, no sol, lanchar na beira da estrada, levar picadas de mosquitos (muitas picadas, aliás). Vocês foram fundamentais...Valeu gurias!

À todos os colegas da 1ª turma de mestrado em Engenharia Ambiental da UFSM, grupo mais que multidisciplinar, em especial aos colegas Rafael Cardoso, Daniela Rodrigues, Diego Balestrin, Elis Deon, Graciela Disconzi e à guerreira Alice Falleiro, amigos de caminhada.

A todos os colegas do DESA, dos grupos de pesquisa GERHI, GHIDROS e Ecotecnologias pelas trocas de ideias e experiências, auxílio e parcerias.

A todos os amigos que proporcionaram momentos de descontração e ajudaram a segurar a barra nos momentos difíceis.

Ao meu noivo, colega de trabalho, colega de mestrado, amigo, companheiro... Olímpio Rafael Cardoso por compartilhar todos estes momentos comigo, pelo incentivo, carinho e compreensão.

À minha família, em especial aos meus pais e ao meu irmão pelo total apoio e carinho, e pela compreensão de vocês pelos momentos de ausência.

A Deus pela força e coragem, reconforto e esperança.

**Muito obrigado!**



“Quando o ser humano entender que faz parte do mundo, muitas transformações ocorrerão, ele não jogará mais lixo nos lagos, rios e mares porque saberá que são estas mesmas águas que correm em seu corpo.”

(T. P. Zylberberg)



## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental  
Universidade Federal de Santa Maria

### ÍNDICES DE ADEQUABILIDADE DE HABITAT COMO SUBSÍDIO AO GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO BANHADO DO TAIM

Autora: Renata Azevedo Xavier

Orientador: Rutinéia Tassi

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 12 de janeiro de 2015.

O Banhado do Taim, situado na Estação Ecológica (ESEC) do Taim, constitui importante área úmida do sul do Brasil, sendo fundamental na manutenção da estabilidade ecológica da região. A principal atividade econômica no entorno da ESEC é a prática de plantio de arroz irrigado através de inundação, processo que demanda grandes quantias de água, que são captadas das lagoas da região nos meses de verão, ocasionando a redução dos níveis das lagoas e do banhado, o que pode ser prejudicial para espécies dependentes deste ambiente de área úmida. Uma das formas de investigar como as espécies são impactadas por essa atividade é por meio da integração entre informações sobre as condições ambientais necessárias para a sobrevivência das espécies e sua interdependência, através do método de índices de adequabilidade do habitat (IAHs). Esse método é considerado uma forma de modelagem de nicho ecológico, e que pode colaborar no aperfeiçoamento ou desenvolvimento das estratégias de gerenciamento dos recursos hídricos e conservação da biodiversidade, tendo sido amplamente empregado em regiões de áreas úmidas. Assim, utilizando esta metodologia, este trabalho foi desenvolvido com o intuito de acrescentar informações à pesquisa elaborada por Tassi para o Banhado do Taim em 2008, através do desenvolvimento e validação de IAHs, que relacionam aspectos hidrológicos e de habitats, voltados para propostas de gerenciamento dos recursos hídricos do local. Para tanto, foram desenvolvidos cinco novos IAHs para as espécies indicadoras selecionadas: junco (*Scirpus californicus*), as aves maçarico-preto (*Plegadis chihi*) e cabeça-seca (*Mycteria americana*), e os répteis jacaré-do-papo-amarelo (*Caiman latirostris*) e a tartaruga-tigre-d'água (*Trachemys dorbigni*). As espécies designadas como indicadoras do banhado foram as que puderam ser observadas em campo, e se dispunham de informações hidrológicas. A construção dos IAHs das espécies se deu através da informação de altura de lâmina de água necessária para garantir a conservação das espécies e área necessária a ser mantida livre de inundação em período reprodutivo, a partir da premissa de que se condições ideais fossem mantidas, estas assegurariam seus processos químicos, disponibilidade de alimento e sucesso reprodutivo. Através de um modelo de espacialização da qualidade ambiental, desenvolvido especialmente para o Banhado do Taim, houve uma reprodução das informações dos IAHs por meio de mapas temáticos com escala de cores, que refletem a adequabilidade ambiental para a espécie frente a diferentes cenários. Por meio da análise dos IAHs e das curvas de permanência, foram obtidos as cotas de nível de água mínimo e máximo ideais para as espécies indicadoras do Banhado do Taim, correspondentes a 1,75 m e a 3,10 m, respectivamente. Níveis de água nesta faixa de valores garantiriam um ambiente propício para assegurar a reprodução das espécies e um ambiente favorável para as espécies migratórias de estação quente. Isso, por outro lado, limitaria a retirada de água para irrigação em condições de menor disponibilidade hídrica, mas o uso deste recurso poderia ser aumentado em situações que ultrapassassem o limite da cota de nível máximo estabelecida para o Banhado do Taim.

**Palavras-chave:** Modelagem de Nicho Ecológico. Ecohidrologia. Áreas Úmidas. Gerenciamento Sustentável de Recursos Naturais.



## ABSTRACT

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental  
Universidade Federal de Santa Maria

### HABITAT SUITABILITY INDEXES AS THE BENEFIT OF WATER RESOURCES MANAGEMENT OF THE TAIM WETLAND

Author: Renata Azevedo Xavier

Advisor: Rutinéia Tassi

Santa Maria, January 12<sup>th</sup>, 2015.

The Taim Wetland, situated in the Ecological Station (ESEC) Taim, an important wetland in southern Brazil, is fundamental to maintain the ecological stability of the region. The main economic activity in the surroundings of ESEC is the practice of irrigated rice planting through flooding, a process that requires large amounts of water, which are captured in the region of the lakes in the summer months and causing a decrease of ponds levels and Wetland, which may be harmful to this species dependent wetland environment. One way to investigate how species are impacted by this activity is through the integration of information on required environmental conditions for the survival of the species and their interdependence through habitat suitability indices method (HSI). This method is considered a form of ecological niche modeling, which can assist in improvement or development of management strategies of water resources and conservation of biodiversity, being widely used in areas of wetlands. Thus, using this methodology, this study was conducted in order to add information to the survey prepared by Tassi for Wetland Taim in 2008, through the development and validation of HSI, which relate hydrological and habitat aspects, aimed at management proposals of water resources of the local. To do so, were developed five new HSIs for selected indicator species: totora (*Scirpus californicus*), the white-faced Ibis (*Plegadis chihi*) and wood stork (*Mycteria americana*), and reptiles broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*) and the D'orbigny's slider (*Trachemys dorbigni*). The species designated as indicators of the Wetland were those that could be observed in the field, and were willing to hydrological information. The construction of the HSIs species was made through the water slide height information needed to ensure the conservation of species and area required to be maintained flood free in reproductive period, from the premise that if ideal conditions would be maintained, these assure its chemical processes, food availability and reproductive success. Through a spatial model of environmental quality, specially developed for the Wetland Taim, there was a reproduction of the information of HSIs through thematic maps with color scale, which reflect the environmental suitability to species facing different scenarios. Through the analysis of the HSIs and retention curves were obtained the minimum water level of dimensions and maximum ideal for indicator species for Wetland Taim, corresponding to 1.75 m and 3.10 m, respectively. Water levels in this range of values create an environment to ensure the reproduction of the species and a favorable environment for migratory species of warm season. This, on the other hand, restrict the withdrawal of irrigation water under conditions of lower water availability, but use of this feature could be increased in situations that exceed the maximum limit established for Wetland dimension of the MAH.

**Keywords:** Ecological Niche Modeling. Ecohydrology. Wetlands. Sustainable Management of Natural Resources.





## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Adequabilidade de habitat para aves pernaltas dos Everglades, em função da profundidade média de água semanal para os meses de novembro a abril. Figura 1a - Índice de adequabilidade. Figura 1b - Mapa de adequabilidade de habitat gerado a partir do IAH. Adaptado de Tarboton *et al.*, 2004. ....46
- Figura 2 – Esquema que representa a relação entre a variável ambiental profundidade de água e o IAH de uma espécie hipotética de peixe. Adaptado de Luz (2002). ....46
- Figura 3 – Localização da Estação Ecológica do Taim, sul da planície costeira do Rio Grande do Sul. ....52
- Figura 4 – Sazonalidade da série de precipitação e evaporação para a região da ESEC Taim. Fonte: Tassi, 2008. ....54
- Figura 5 – Fluxograma que apresenta o resumo dos processos utilizados na metodologia da pesquisa. ....59
- Figura 6 – Representação do trecho de 16 km da rodovia BR-471 que corta a ESEC Taim, por onde houve o deslocamento a pé e a observação do ambiente de banhado. ....61
- Figura 7 – Exemplificação do processo de deslocamento pela rodovia BR-471 e observação das espécies no interior do Banhado do Taim. ....62
- Figura 8 – Representação do modelo para avaliação da qualidade ambiental. Figura 8a - Modelo hidrodinâmico. Figura 8b - Modelo Numérico do Terreno (MNT). Figura 8c - Cota de níveis da água. Figura 8d - Altura de lâmina de água. Figura 8e - Produto do processo de modelagem, imagem de adequabilidade ambiental. Fonte: Adaptado de Tassi, 2008. ....65
- Figura 9 – Exemplares de *Scirpus californicus*. Fonte: UNICAMP (2014). ....74
- Figura 10 – Exemplar de *Plegadis chihi*, indivíduo adulto. Fonte: Souza (2011). ....75
- Figura 11 – Exemplar de *Mycteria americana* registrado em saída de campo na ESEC Taim, em 20 de fevereiro de 2014. ....77
- Figura 12 – Exemplar de *Caiman latirostris* registrado em saída de campo na ESEC Taim, em 17 de fevereiro de 2014. ....78
- Figura 13 – Exemplar de *Trachemys dorbigni* encontrada em saída de campo na ESEC Taim, às margens da rodovia BR-471, em 20 de fevereiro de 2014. ....79
- Figura 14 – Mapeamento dos habitats. Figura 14a - *Scirpus californicus*. Figura 14b - *Plegadis chihi*. Figura 14c - *Mycteria americana*. Figura 14d - *Caiman latirostris*. ....82
- Figura 15 – Mapa de possíveis áreas de ocorrência de ninhos de *Trachemys dorbigni* na região do Banhado do Taim. ....83

Figura 16 – Primeira tentativa de desenvolvimento do Índice de Adequabilidade de Habitat para a espécie <i>Scirpus californicus</i> para o Banhado do Taim.....	85
Figura 17 – Índice de adequabilidade de habitat desenvolvido para a espécie <i>Plegadis chihi</i> para o Banhado do Taim. ....	86
Figura 18 – Índice de adequabilidade de habitat desenvolvido para a espécie <i>Mycteria americana</i> para o Banhado do Taim. ....	87
Figura 19 – Índice de Adequabilidade de Habitat desenvolvido para a espécie <i>Caiman latirostris</i> , para o Banhado do Taim.....	89
Figura 20 – Índice de Adequabilidade de Habitat desenvolvido para a espécie <i>Trachemys dorbigni</i> para o Banhado do Taim. ....	90
Figura 21 – Imagens geradas através do processo de modelagem de qualidade ambiental para <i>S. californicus</i> . Figura 21a - Período com níveis de água compreendidos na média da série de dados. Figura 21b - Média da adequabilidade do BT.....	92
Figura 22 – Imagens geradas através do processo de modelagem de qualidade ambiental para <i>P. chihi</i> . Figura 22a – Período de cheia. Figura 22b – Período de seca. Figura 22c - Período com níveis de água compreendidos na média da série de dados. Figura 22d - Média da adequabilidade do BT.....	94
Figura 23 – Imagens geradas através do processo de modelagem de qualidade ambiental para <i>M. americana</i> . Figura 23a – Período de cheia. Figura 23b – Período de seca. Figura 23c - Período com níveis de água compreendidos na média da série de dados. Figura 23d - Média da adequabilidade do BT.....	96
Figura 24 – Imagens geradas através do processo de modelagem de qualidade ambiental para <i>C. latirostris</i> . Figura 24a – Período de cheia. Figura 24b – Período de seca. Figura 24c - Período com níveis de água compreendidos na média da série de dados. Figura 24d - Média da adequabilidade do BT.....	98
Figura 25 – Imagens geradas através do processo de modelagem de qualidade ambiental para <i>P. chihi</i> . Figura 25a – Período de cheia. Figura 25b – Período de seca. Figura 25c - Período com níveis de água compreendidos na média da série de dados. Figura 25d - Média da adequabilidade do BT.....	100
Figura 26 – Percentual de área no entorno dos corpos hídricos adequadas para garantir a integridade dos ninhos de <i>T. dorbigni</i> na região do Banhado do Taim em período com níveis de água compreendidos na média da série de dados, período de inundações, períodos de estiagem e a média do período reprodutivo, correspondente a outubro e fevereiro da série histórica.....	101
Figura 27 – Reestruturação do Índice de Adequabilidade de Habitat para a espécie <i>Scirpus californicus</i> para o Banhado do Taim. ....	103

Figura 28 – Imagens geradas através do processo de modelagem de qualidade ambiental para <i>S. californicus</i> . Figura 28a – Período de cheia. Figura 28b – Período de seca. Figura 28c - Período com níveis de água compreendidos na média da série de dados. Figura 28d - Média da adequabilidade do BT. ....	105
Figura 29 – Curvas de permanência desenvolvidas para os indicadores com IAH elaborado em função da altura de lâmina da água. Figura 29a – <i>S. californicus</i> ; Figura 29b – <i>P. chihj</i> ; Figura 29c – <i>M. americana</i> ; Figura 29d – <i>C. latirostris</i> . ....	107
Figura 30 – Índices de Adequabilidade de Habitat desenvolvidos para as espécies indicadoras <i>Z. bonariensis</i> , <i>S. giganteus</i> , <i>C. melancoryphus</i> <i>H. hydrochaeris</i> , em função da altura de lâmina de água, para a região de banhado do Banhado do Taim. Adaptado de Tassi (2008). ....	109
Figura 31 – Limites de cota de nível da água mínima e máxima para cada espécie indicadora utilizada na elaboração de IAHs em função da altura de lâmina de água para o Banhado do Taim. ....	109
Figura 32 – Limites de cotas mínima e máxima estabelecidas para as espécies indicadoras, conjuntamente com a variabilidade sazonal do hidroperíodo do Banhado do Taim. M - Média; DP - Desvio Padrão....	110
Figura 33 – Série de cota de nível da água do Banhado do Taim – período janeiro de 1960 a janeiro de 2003. ....	112



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação das variáveis de habitat, recursos e tipo de cobertura necessários, para elaborar um valor IAH para a espécie de tartaruga <i>Trachemys scripta</i> .....	47
Tabela 2 – Variáveis utilizadas na elaboração dos IAHs.....	63
Tabela 3 – Listagem das principais espécies de aves associadas ao ambiente de área úmida observadas em saídas a campo no Banhado do Taim.....	72
Tabela 4 – Base de informações para mapeamento da área de habitat das espécies indicadoras do Banhado do Taim.....	81
Tabela 5 – Informações ecohidrológicas utilizadas no processo de elaboração dos IAHs.....	84
Tabela 6 – Período selecionado para cada indicador para efetuar a avaliação da qualidade ambiental. ....	91
Tabela 7 – Especificação dos critérios utilizados na elaboração das curvas de permanência.....	106



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Processos e materiais utilizados na definição das espécies indicadoras do Banhado do Taim.....	60
Quadro 2 – Imagens selecionados para efetuar o processo de validação dos IAHS. ....	66
Quadro 3 – Determinação dos valores de cota de nível da água mínima e máxima para os bioindicadores. ....	68





## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>25</b>
<b>2 JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>29</b>
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	<b>33</b>
<b>4 ÁREAS ÚMIDAS, CONCEITOS E SERVIÇOS AMBIENTAIS</b> .....	<b>33</b>
4.1 Hidrologia de Áreas Úmidas .....	36
4.2 Biodiversidade de Áreas Úmidas .....	38
<b>5 MODELAGEM DE NICHOS ECOLÓGICO</b> .....	<b>41</b>
<b>6 ÍNDICE DE ADEQUABILIDADE DO HABITAT (IAH)</b> .....	<b>45</b>
<b>7 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	<b>51</b>
7.1 Localização da ESEC Taim .....	51
7.2 Geologia da ESEC Taim .....	53
7.3 Hidrologia da ESEC Taim .....	53
7.4 Biodiversidade da ESEC Taim .....	56
<b>8 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>59</b>
8.1 Determinação dos bioindicadores.....	59
8.2 Saídas a campo e mapeamento de habitat .....	60
8.3 Elaboração dos IAHS .....	63
8.4 Validação dos IAHS.....	66
8.5 Reestruturação dos IAH e revalidação.....	67
8.6 Elaboração das curvas de permanência.....	67
8.7 Proposta de cotas de nível da água mínima e máxima para o Banhado do Taim em função dos indicadores .....	69
<b>9 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>71</b>
<b>9.1 Determinação dos bioindicadores</b> .....	<b>71</b>
9.1.1 <i>Scirpus californicus</i> (Juss, 1789) .....	73
9.1.2 <i>Plegadis chihi</i> (Vieillot, 1817) .....	75
9.1.3 <i>Mycteria americana</i> (Linnaeus, 1758).....	76
9.1.4 <i>Caiman latirostris</i> (Daudin, 1802).....	77
9.1.5 <i>Trachemys dorbigni</i> (Duméril e Bibron, 1835) .....	79
<b>9.2 Mapeamento de habitat</b> .....	<b>80</b>

<b>9.3</b>	<b>Elaboração dos IAHS</b> .....	<b>83</b>
9.3.1	Índice de Adequabilidade de Habitat para <i>Scirpus californicus</i> .....	85
9.3.2	Índice de Adequabilidade de Habitat para <i>Plegadis chihi</i> .....	86
9.3.3	Índice de Adequabilidade de Habitat para <i>Mycteria americana</i> .....	87
9.3.4	Índice de Adequabilidade de Habitat para <i>Caiman latirostris</i> .....	88
9.3.5	Índice de Adequabilidade de Habitat para <i>Trachemys dorbigni</i> .....	90
<b>9.4</b>	<b>Validação dos IAHS</b> .....	<b>91</b>
9.4.1	Validação do IAH para <i>Scirpus californicus</i> .....	92
9.4.2	Validação do IAH para <i>Plegadis chihi</i> .....	93
9.4.3	Validação do IAH para <i>Mycteria americana</i> .....	95
9.4.4	Validação do IAH para <i>Caiman latirostris</i> .....	97
9.4.5	Validação do IAH para <i>Trachemys dorbigni</i> .....	99
9.4.6	Análise integral do processo de validação dos IAHS.....	101
<b>9.5</b>	<b>Reestruturação dos IAHS e revalidação</b> .....	<b>102</b>
9.5.1	Reestruturação do IAHS para <i>Scirpus californicus</i> .....	103
9.5.2	Revalidação do IAHS para <i>Scirpus californicus</i> .....	104
<b>9.6</b>	<b>Curvas de permanência</b> .....	<b>106</b>
<b>9.7</b>	<b>Proposta de cotas de nível da água mínima e máxima para o Banhado do Taim em função dos bioindicadores</b> .....	<b>108</b>
<b>10</b>	<b>CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>115</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>117</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A disponibilidade hídrica e a sua qualidade são de fundamental importância para a sobrevivência dos seres vivos, bem como para o funcionamento adequado dos ecossistemas. Entretanto, a integridade dos recursos hídricos mundiais está sob crescente ameaça, em função do aumento da população humana, expansão de atividades industriais e agrícolas, em um cenário onde mudanças climáticas poderão provocar grandes alterações no ciclo hidrológico (ANA, 2011).

A interferência humana nos ecossistemas de água doce tem modificado características físicas e biológicas naturais dos ambientes, alterando a sua produtividade e capacidade de resiliência (NILSSON *et al.*, 2007). Neste sentido, a ecohidrologia busca integrar os conhecimentos da hidrologia e da ecologia, criando uma abordagem mais ampla para a compreensão da dinâmica dos recursos hídricos, facilitando o planejamento e ações de programas de gestão (ANA, 2011).

Conforme Marengo e Silva (2006), há grandes limitações no conhecimento científico no que diz respeito ao estabelecimento de relações funcionais entre hidrologia, solo, clima e biodiversidade nos principais ecossistemas do Brasil. A integração destas informações é essencial para realizar a modelagem da distribuição espacial das comunidades ecológicas, determinar a estrutura física do ambiente e sua biota, quantificar os recursos naturais e fornecer suporte para projeções de cenários futuros. O autor afirma também que no Brasil, as relações entre biodiversidade e regime hídrico ainda são pouco conhecidas em ecossistemas sazonalmente alagados, como as áreas úmidas.

Há distintos conceitos para áreas úmidas, sendo assim, esta categoria acaba por englobar diferentes ecossistemas, porém com a característica comum de serem áreas permanentemente ou temporariamente inundáveis (SAITO, 2006), regulados principalmente pelo ciclo anual de inundações e secas. A distribuição e diversidade das espécies nestes ambientes variam conforme os diferentes habitats dispostos ao longo do gradiente de inundação em razão do hidroperíodo<sup>1</sup>, que oscila conforme a intensidade, sazonalidade e permanência das inundações (MITSCH; GOSELINK, 1993).

Ambientes de áreas úmidas foram considerados durante muito tempo como áreas improdutivas economicamente, sendo incentivada a realização de drenagem ou o aterro destas regiões (BURGER, 2000) e, como consequência, mais da metade das áreas úmidas mundiais foram perdidas. Como as flutuações do nível de água e os padrões de fluxo desempenham um papel definitivo na criação e na manutenção dos diferentes habitats, qualquer atividade que altere o hidroperíodo ao qual a área alagada está submetida, pode ocasionar mudanças também ao ecossistema (MOTTA-MARQUES; IRGANG; GIOVANNINI, 1997; ZEDLER; KERCHER, 2005).

Uma das formas de garantir as flutuações dos níveis da água e mitigar ações que provoquem alterações ao hidroperíodo é através de processos de gerenciamento dos recursos hídricos de áreas úmidas. O gerenciamento de um recurso ambiental natural, econômico ou sociocultural consiste na articulação do conjunto de ações dos diferentes agentes, objetivando compatibilizar o uso, o controle e a proteção deste recurso ambiental, disciplinando as respectivas ações antrópicas, de acordo com a política estabelecida para o mesmo, de modo a se atingir o desenvolvimento sustentável (SILVA; PRUSKI, 2000).

Como o processo de gestão de áreas úmidas envolve diversos atores de diferentes esferas, muitos são os interesses, comumente divergentes, que os movem (NETO; PINTO; CAMPOS, 2011). Além disso, em muitos casos as políticas e práticas de gerenciamento não levam em conta as interconexões e interdependências entre água e ecossistema. A importância dos recursos hídricos e das áreas úmidas precisa ser reconhecida e integrada nas tomadas de decisões, a fim de atender a futuras necessidades sociais, econômicas e ambientais.

Uma das formas de integrar estes conhecimentos se dá através dos índices de adequabilidade de habitat (IAH), que buscam englobar informações sobre a distribuição real ou potencial de uma população no ambiente por meio de dados de ocorrência, juntamente com as condições e os recursos específicos necessários a sua sobrevivência. Estes índices auxiliam nos processos de manejo dos ecossistemas e mitigação de impactos ambientais, ao fornecer informações sobre a qualidade do habitat de determinada espécie, ou grupo de espécies, colaborando para o aperfeiçoamento das estratégias de gerenciamento dos recursos hídricos e conservação da biodiversidade.

A Estação Ecológica do Taim (ESEC Taim), área definida para o presente estudo, é reconhecida mundialmente como uma das mais importantes áreas de

conservação, preservando banhados (especialmente o Banhado do Taim), lagoas, campos, dunas e matas, que abrigam uma grande diversidade de espécies de vegetais e animais (MMA, 2013). A ESEC Taim enquadra-se entre as Unidades de Conservação de proteção integral, conforme a Lei Federal 9985 (BRASIL, 2000), que visam à preservação e a realização de pesquisas científicas.

O Banhado do Taim (BT) é fundamental para garantir a manutenção da estabilidade ecológica da região. Dentre as funções atribuídas ao banhado estão a produção de alimento, conservação da biodiversidade, contenção de enchentes e controle da poluição. Os processos mais importantes nesse ecossistema são a produção vegetal e a estocagem de nutrientes, água e biodiversidade (MMA, 2013).

As principais atividades econômicas no entorno da ESEC são a rizicultura irrigada, a silvicultura e a pecuária. No seu entorno há pequenas propriedades agropecuárias (SCHÄFER *et al.*, 2009). Existe ainda um histórico de conflitos na região envolvendo a pesca e a caça, além de diversos incidentes de atropelamentos de animais (SETE, 2010; TASSI, 2008). As lavouras de arroz são irrigadas por meio de inundação, processo que utiliza uma grande quantidade de água nos meses de verão, promovendo uma redução sensível do nível da Lagoa Mangueira (tributária do BT) em períodos de baixa precipitação, o que acaba afetando o nível de água dentro do BT (MOTTA MARQUES; VILLANUEVA, 2001).

Além disso, o Banhado do Taim está vulnerável a situações climáticas extremas como relatado por Palo Jr.:

Presenciei nos últimos 5 anos duas situações atípicas para o Taim, que provocaram a morte de muitos animais e alterações significativas na vegetação. Uma enchente em 1984 inundou toda a área da estação ecológica e terras vizinhas, ocasionando a morte de dezenas de tachãs, vitimadas pelo frio, devido a perda de isolamento térmico, e fome. No verão de 88/89 uma seca inexorável castigou a reserva, esgotando quase toda a água das baías e lagoas, que é a própria essência do Taim (PANESSA; PALO JR.; TRESCA, 1989, p. 2).

A gestão dos usos compartilhados na ESEC Taim vem sendo discutida há anos. Estudos realizados na ESEC Taim (MOTTA-MARQUES *et al.*, 2002; PAZ, 2003; TUCCI, 1996; VILLANUEVA, 1997) auxiliaram a fornecer algumas diretrizes para o gerenciamento dos recursos hídricos, a partir da constatação de que ações externas ao banhado interferem diretamente na quantidade de água e na preservação das condições ambientais do mesmo (VILLANUEVA *et al.*, 1997). No entanto, muitos destes estudos consideram essencialmente critérios hidrológicos.

Motta-Marques, Irgang e Giovannini (1997) preconizam que a identificação do hidroperíodo e a sua relação com os componentes bióticos e as funções do ecossistema são a base para estudos vinculados ao gerenciamento destes ecossistemas, garantindo assim, a estabilidade do mesmo, para a preservação de suas funções.

Os autores supracitados consideraram como imprescindível que ocorra uma variação nos níveis de água do ecossistema do BT, reproduzindo o hidroperíodo que constitui a assinatura do banhado, pois a manutenção de níveis permanentes poderia prejudicar a força motriz da área úmida. É recomendável também o estabelecimento de um nível limite, abaixo do qual não deve haver exploração, proporcionando desta forma a conservação deste ecossistema, por permitir a existência de um hidroperíodo mais próximo ao natural e adequado às exigências das espécies dependentes dos habitats do seu interior.

Em 2008, um novo estudo buscou incorporar informações ecohidrológicas às regras de gerenciamento dos recursos hídricos do BT, por meio da utilização de IAHS (TASSI, 2008). Tal estudo identificou a necessidade de um melhor entendimento da relação entre espécies e regime hidrológico da ESEC Taim e, portanto, foram desenvolvidos IAHS para alguns indicadores biológicos.

O presente estudo buscou agregar informações ao trabalho de Tassi (2008), através da elaboração de novos IAHS para o BT, e a sua utilização para a revisão de regras de gerenciamento dos recursos hídricos. Com isso, pretende-se assegurar o uso múltiplo das águas juntamente com a preservação do ecossistema e biodiversidade, com vistas a sua estabilidade, e garantia da manutenção de suas funções ecológicas, econômicas e culturais, colaborando também com o plano de manejo da Unidade de Conservação.

## 2 JUSTIFICATIVA

A degradação de habitats é considerada uma consequência não intencional da gestão dos recursos hídricos, resultante de uma falta de compreensão dos fluxos de água necessários para sustentar os ecossistemas de água doce. A prevenção e a mitigação da degradação ambiental, bem como a reabilitação de ambientes degradados, têm sido cada vez mais incorporadas aos planos de gestão ambiental para garantir a integridade dessas áreas (RICHTER *et al.*, 2003).

Assegurar a qualidade, conservação e proteção dos recursos hídricos através de medidas e instrumentos adequados de gestão são essenciais para dar suporte a todos os aspectos da vida humana e aos ecossistemas terrestres e aquáticos associados. Conforme prevê a Lei Federal 9433, de 8 de janeiro de 1997 (Lei das Águas), a gestão dos recursos hídricos deve proporcionar o uso múltiplo das águas, e a sua utilização deve ser racional e integrada, visando sempre o desenvolvimento sustentável.

Apesar da importância dos bens e serviços fornecidos por ecossistemas de áreas úmidas, seu status global é preocupante. Estima-se que durante o século passado mais da metade das áreas úmidas mundiais foram perdidas como resultado das atividades humanas, através de drenagens, urbanização e agricultura (IUCN, 2000). A contínua degradação das áreas úmidas pode levar à perda de biodiversidade, alterações das funções ecológicas e serviços ambientais, afetando também a saúde humana, os meios de subsistência das comunidades e atividades econômicas (BARBIER; ACREMAN; KNOWLER, 1997).

Conforme Bobbink (2006), em algumas regiões densamente povoadas da Europa, América do Norte e Leste da Ásia, mais de 80% das áreas úmidas foram perdidas ou severamente degradadas. No Brasil, as regiões úmidas do Sul e Sudeste (que concentram 60% da população do país) enfrentam ameaça crescente de escassez de água, em decorrência do crescimento econômico e da urbanização acelerada. Estas considerações exemplificam quão ameaçados estão estes ecossistemas, enfatizando a necessidade do aprimoramento da gestão da quantidade e da qualidade da água para garantir a preservação e conservação destes ambientes.

Fatores sociais e econômicos foram os principais responsáveis pelas alterações ambientais em áreas úmidas, através da tentativa de maximizar os benefícios por meio da sobre exploração de recursos. Muitas destas áreas foram extensivamente modificadas para aumentar a sua produtividade agrícola.

A atividade agrícola, tanto em nível local, como no nível de bacia hidrográfica, exerce efeitos relevantes sobre a ecologia e, portanto, sobre o funcionamento dos ecossistemas e a modificação dos fluxos hidrológicos. Outros fatores que exercem pressão negativa em áreas úmidas são a construção de barragens em rios, a retirada excessiva de água, captação de águas subterrâneas, poluição através do uso de fertilizantes e pesticidas (MCCARTNEY *et al.*, 2010).

Especificamente na região Sul do Brasil, as áreas úmidas, ou os banhados, são formações comuns do bioma pampa. Estes ecossistemas ocupavam grandes extensões da zona costeira e também de regiões mais internas do Rio Grande do Sul (BURGER, 2000). Entretanto, atualmente podem ser considerados como ambientes vulneráveis e ameaçados, devido ao crescimento urbano, assoreamento, drenagem e poluição (CARVALHO; OZORIO, 2007), com destaque às atividades de rizicultura que se desenvolvem especialmente em regiões que são caracterizadas como áreas úmidas, ou próximo a elas.

Como resultados da rizicultura sobre os sistemas de áreas úmidas estão a redução de ecossistemas naturais, a compactação, redução de porosidade e salinização do solo, a variação do nível do lençol freático, a eutrofização, a erosão e assoreamento de recursos hídricos, a contaminação por agrotóxicos, riscos decorrentes da monocultura, escassez da oferta de água, dispêndio excessivo de energia, dispêndio excessivo de água, além da redução do potencial de outros usos da área, como o turismo, lazer, e a pesca (CHOMENKO, 2007).

O manejo de ecossistemas deve assegurar a proteção das populações de todas as espécies, garantir a manutenção de suas funções, e reconhecer que o ser humano faz parte do ambiente (PRIMACK; RODRIGUES, 2001). Uma das formas de avaliar estas conexões do ambiente é através da utilização de organismos bioindicadores, que auxiliam a diagnosticar as causas de impactos ambientais, determinar as condições de um ambiente frente a perturbações, e avaliar a efetividade de ações mitigadoras (DALE; BEYELER, 2001).

Assim, torna-se necessária a aplicação de medidas que garantam a conservação e proteção dos ecossistemas de áreas úmidas através da criação de



políticas adequadas, visando um manejo sustentável dos recursos hídricos, para dar suporte a todos os aspectos da vida humana e aos ecossistemas terrestres e aquáticos associados. Neste contexto, um dos métodos que tem colaborado em processos de conservação e gestão ambiental está a modelagem de nicho ecológico, que em muitos casos utiliza-se também de espécies indicadoras.



### **3 OBJETIVOS**

Elaborar novos Índices de Adequabilidade de Habitat para o Banhado do Taim, a fim de complementar o estudo prévio desenvolvido por Tassi (2008). E também, gerar informações que colaborem na elaboração de propostas de gerenciamento dos recursos hídricos da região, com a recomendação de uma cota de nível de água mínimo e máximo a serem mantidos para garantir a conservação das espécies indicadoras, bem como do ecossistema de área úmida.



## 4 ÁREAS ÚMIDAS, CONCEITOS E SERVIÇOS AMBIENTAIS

Os ecossistemas de áreas úmidas são considerados um recurso natural de importância global, principalmente devido a grande diversidade de plantas e animais, em especial as aves (BOBBINK *et al.*, 2006). Por essa razão, a proteção destes ambientes tornou-se prioridade em todo o mundo, apoiadas por acordos internacionais como a Convenção de Ramsar (resultado do tratado de Ramsar, acordo intergovernamental global que visa à conservação de áreas úmidas) e a Convenção Internacional da Diversidade Biológica.

Existem diversos conceitos para o termo “áreas úmidas”, ou “zonas úmidas”, o que acaba por reunir uma série de ecossistemas distintos, entretanto, a característica comum a estes ecossistemas é a inundação temporária ou permanente, através da água proveniente de precipitação pluviométrica, do lençol freático, escoamento superficial e por contribuição de rios e lagos. São áreas onde a água é o principal fator que regula o ambiente e a biota (ZEDLER; KERCHER 2005), e o seu acúmulo na superfície ocorre em função do tipo de relevo, disponibilidade hídrica e o tipo de solo (SAITO, 2006).

O conceito mais aceito é o estabelecido através no tratado de Ramsar (1971), que estabelece como áreas úmidas toda a extensão de pântanos, charcos e turfas, ou superfícies cobertas de água, de regime natural ou artificial, permanentes ou temporárias, contendo água parada ou corrente, doce, salobra ou salgada, incluindo áreas marinhas com profundidade até seis metros em maré baixa (PRATES *et al.*, 2010).

A FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Roessler), instituição responsável por licenciamentos ambientais no Rio Grande do Sul, utiliza a definição de Junk (1993) para as áreas úmidas. De acordo com este autor, as áreas úmidas são zonas de transição terrestre-aquáticas periodicamente inundadas por reflexo lateral de rios e lagos e/ou pela precipitação direta ou pela água subterrânea e que resultam num ambiente físico-químico particular que leva a biota a responder com adaptações morfológicas, anatômicas, fisiológicas, fenológicas e/ou etológicas e a produzir estruturas de comunidades características para estes sistemas.

Regionalmente, as áreas úmidas são chamadas também de “banhados”, que provém do espanhol “bañados” (BURGER, 2000).

Dentre os bens e serviços proporcionados por estes ecossistemas para a sociedade e meio ambiente, estão a estocagem e limpeza da água, recarga do lençol freático, regulação do clima local, manutenção da biodiversidade, regulação dos ciclos biogeoquímicos, estocagem de carbono, a proteção de zonas costeiras à elevação do nível do mar e o controle da erosão, além de proporcionar distintos habitats para inúmeras espécies. Estes ambientes fornecem ainda diversos subsídios para as populações humanas tradicionais, através da pesca, agricultura de subsistência, e pecuária extensiva, possuem valor turístico e grande relevância para o lazer e recreação (BOBBINK *et al.*, 2006; CHOMENKO, 2007; JUNK *et al.*, 2011).

Os serviços ambientais fornecidos por estes ecossistemas também sustentam e mantêm os processos vitais essenciais do planeta, como a produção primária e a circulação de nutrientes. Cada um destes serviços de sustentação é essencial para o bem-estar humano, sejam os serviços considerados no nível local, regional ou global (SCDV, 2006). Portanto, o uso racional das áreas úmidas consiste no seu uso sustentável para benefício da humanidade, de maneira compatível com a manutenção das propriedades naturais do ecossistema, de forma que produza o maior benefício contínuo para as gerações atuais, mantendo, ao mesmo tempo seu potencial para satisfazer as necessidades e aspirações das gerações futuras (RAMSAR, 2002).

#### **4.1 Hidrologia de Áreas Úmidas**

Os processos hidrodinâmicos de ecossistemas de áreas úmidas são regulados principalmente pelo ciclo de inundações e secas. Os processos de distribuição e diversidade das espécies variam entre os diferentes habitats dispostos ao longo do gradiente de inundação, em razão da intensidade, sazonalidade e permanência das inundações, critérios que caracterizam o hidroperíodo de uma área úmida (FERNANDES *et al.*, 2010).

O hidroperíodo é determinado através da ocorrência periódica ou regular de inundação ou condições de solo saturado (frequência, duração), em decorrência do

balanço hídrico, da topografia e das condições subsuperficiais. As funções de uma área úmida podem ser modificadas por alterações no hidroperíodo, ocasionando mudanças também no padrão das comunidades, na produtividade e nos habitats (MOTTA-MARQUES, 2002).

Para que estas funções sejam mantidas, é necessário identificar e definir o hidroperíodo específico ou a série de hidroperíodos, para que estas informações sejam utilizadas no gerenciamento do ecossistema (MOTTA-MARQUES, 1997). As alterações no hidroperíodo de uma área úmida podem ser atribuídas a eventos naturais, sazonalidade, ou ações antrópicas, como a retirada de água através de drenagem e irrigação (MOTTA-MARQUES, 2002).

Algumas áreas úmidas estão sujeitas a ciclos de 5 a 20 anos de seca. Nestes ciclos temos a redução do banhado com exposição de grandes áreas abertas, seguido de germinação de sementes em bancos de substrato expostos a reinundação após chuvas, com o desenvolvimento das espécies perenes (MITSCH; GOSSELINK, 1993). Esta fase de germinação só é possível uma vez que os substratos das áreas úmidas funcionam como memórias dos ecossistemas, podendo então devolver estruturas e funções básicas quando as condições necessárias são criadas (MOTTA-MARQUES, 1997).

Em casos de condições extremas de seca e de alagamentos, se estas forem mantidas por períodos prolongados, podem ocasionar a extinção da função de habitat de área úmida, o qual requer níveis oscilantes entre uma cota de nível de água máxima e uma cota de nível de água mínima, em frequências e durações adequadas às demandas e tolerância da biota (MOTTA-MARQUES, 1997).

A estrutura e o funcionamento de áreas úmidas com níveis de água oscilantes são descritos pelo conceito de pulso de inundação (JUNK; WANTZEN, 2004), que ocorre em razão dos processos de inundação e seca. Este conceito define, analisa e explica o intercâmbio lateral de água, nutrientes, e organismos entre rios ou lagos e as respectivas áreas alagáveis conectadas, definindo processos e padrões de assinatura hidrológica na mudança das condições ecológicas entre a fase terrestre e a aquática. Também estão incluídas neste conceito as áreas constantemente alagadas pelas chuvas e pela subida periódica do lençol freático.

Qualquer atividade que altere o hidroperíodo ao qual a área alagada está submetida pode ocasionar mudanças ao ecossistema resultando em distúrbios

naturais e um aumento da degradação ambiental (ZEDLER; KERCHER, 2005; ZACHARIAS; DIMITRIOU, 2010).

## **4.2 Biodiversidade de Áreas Úmidas**

O termo biodiversidade refere-se à variação entre os organismos e os sistemas ecológicos em todos os níveis, incluindo a variação genética das populações, as diferenças morfológicas e funcionais entre espécies e a variação na estrutura do bioma e nos processos ecossistêmicos, tanto nos sistemas terrestres quanto aquáticos (RICKLEFS, 2010).

As áreas úmidas apresentam elevada produtividade e biodiversidade, estando entre os ecossistemas mais produtivos do planeta, sendo comparados a florestas tropicais (RICKLEFS, 2010). Caracterizam-se pela grande variedade de condições físicas e químicas, heterogeneidade espacial e grande disponibilidade de nutrientes (BARBIER; ACREMAN; KNOWLER, 1997).

Gopal e Junk (2000) definem como espécies de áreas úmidas, todas as plantas, animais e micro-organismos que habitam áreas permanentemente ou periodicamente alagadas (incluindo indivíduos migrantes de habitats adjacentes ou distantes), ou que dependam direta ou indiretamente do habitat úmido ou de alguma espécie presente neste ambiente.

O nível da água e as propriedades do escoamento influenciam no desenvolvimento da vegetação, que interfere sobre a hidrologia local, nos solos, na produção de matéria orgânica, além de constituir a base para todas as outras formas de vida, tornando-se essenciais para proporcionar o desempenho de todas as funções das áreas úmidas (PAZ, 2003).

Grande parte das comunidades vegetais de áreas úmidas é composta por macrófitas aquáticas, que variam segundo o regime hidrológico, morfometria e outras características físicas de cada sistema (SCHWARZBOLD; SCHÄFER, 1984). Estas plantas possuem adaptações morfológicas para ambientes alagados, ocorrendo também vegetação herbácea brejosa, variando de espécies aquáticas até anfíbias, cuja ocorrência vai depender da condição de maior ou menor alagamento em profundidade e duração (JUNK, 2013).



Conforme Cordazzo e Seeliger (1988), as comunidades de macrófitas aquáticas desempenham importante papel na estabilidade do substrato, impedindo a erosão, representando o hábitat de diversos organismos e constituindo importante fonte de detrito para as teias tróficas estuarinas. Para sobreviver neste ambiente hostil as plantas desenvolveram adaptações anatômicas, fisiológicas e bioquímicas, sendo importantes também como refúgio e alimentação para várias espécies de invertebrados e vertebrados.

As populações de macrófitas aquáticas são profundamente afetadas por mudanças ambientais sazonais, principalmente quanto à precipitação pluviométrica e oscilações dos níveis de água (ESTEVES, 2011). Estudos realizados com comunidades de macrófitas de áreas inundadas constataram que as alterações não naturais ou extremas nos níveis da água podem causar alterações fisiológicas, acarretar na perda de espécies de macrófitas aquáticas e interferir na abundância de indivíduos (ZOHARY; OSTROVSKY, 2011).

Diversos organismos dependem destes ambientes alagados para parte ou a totalidade de seus ciclos de vida, para obtenção de alimentos, água e abrigo, e processos de migração e reprodução. A combinação de acúmulo de água superficial, altos níveis de nutrientes, degradação de matéria orgânica e as elevadas taxas de produtividade primária são ideais para o desenvolvimento de uma cadeia alimentar complexa. Isso favorece organismos produtores como o fitoplâncton e as plantas, bem como organismos que formam a base da cadeia alimentar, como o zooplâncton, invertebrados aquáticos e pequenos peixes. Muitos desses invertebrados e peixes servem de alimento para predadores maiores, como anfíbios, répteis, peixes, aves e mamíferos (WETLANDS INTERNATIONAL, 2009).

Borkhataria *et al.*, (2012) destacam que as mudanças causadas pelo ser humano nos padrões temporais da hidrologia de áreas úmidas podem ter consequências importantes no processo migratório e demografia de aves de áreas úmidas. Como forma de garantir a conservação de aves aquáticas salienta-se a realização do gerenciamento dos níveis de água na manutenção de áreas úmidas (BORKHATARIA *et al.*, 2012; U.S. Fish and Wildlife Service, 1999).

As áreas úmidas também apresentam inter-relações com ambientes próximos por meio de processos ecológicos, como migração de fauna, dispersão de vegetação e de trocas de sedimentos, transportados pelo vento e fluxos hídricos (IBAMA, 2000). Entretanto, possuem características próprias dependendo das

condições químicas e físicas presentes, do tipo de vegetação e da fauna existente (CARVALHO; OZORIO, 2007).

## 5 MODELAGEM DE NICHOS ECOLÓGICOS

O conceito de nicho tem evoluído ao longo do tempo, e Hutchinson (1957) o formalizou ao defini-lo como “o hipervolume n-dimensional limitado pelas interações com outros organismos, que envolve todas as respostas fisiológicas às condições do meio, e depende da disponibilidade de recursos, sob as quais as populações apresentam taxa de crescimento positivo”.

Hutchinson (1957) subdividiu, ainda, esta classificação em nicho fundamental (fisiológico ou potencial) - que se refere ao conjunto de todas as condições ambientais que permitem o crescimento e a reprodução da espécie - e nicho realizado (ecológico, atual) - onde os efeitos da competição reduzem o nicho fundamental de uma espécie, ou ainda a área que ela pode ocupar.

Enquanto o nicho ecológico relaciona um conjunto de variáveis ambientais para que haja a adequação das espécies ao ambiente, os processos de modelagem de nicho ecológico, modelagem de adequabilidade de habitat, (também chamada modelagem preditiva de distribuição de espécies (LOBO; JIMÉNEZ-VALVERDE; REAL, 2008; GIANNINI *et al.*, 2012) relacionam as variáveis ambientais para a probabilidade de ocorrência das espécies (HIRZEL; LAY, 2008). Tal metodologia tem se centrado em questões relacionadas ao nicho de uma espécie determinada, a seleção de variáveis ambientais que atuam sobre as espécies, curvas de resposta à qualidade do ambiente, e as interações entre as variáveis (HIRZEL; LAY, 2008).

Grinnell (1917) listou diversos fatores que potencialmente afetam a distribuição das espécies em um ambiente. Dentre eles estão a vegetação local, disponibilidade de alimento, reprodução, locais de refúgio, efeitos interespecíficos clima, solo, topografia e preferências individuais. O pesquisador também destaca que as espécies não reagem de maneira uniforme em um ambiente, e o que define sua distribuição é sempre uma combinação de fatores.

Para compreender a distribuição geográfica e a abundância de uma espécie devemos conhecer sua história evolutiva, os recursos necessários para a sua sobrevivência, as taxas de natalidade, mortalidade e migração, as relações intra e interespecíficas e os efeitos das condições ambientais. Uma espécie pode potencialmente ocorrer e persistir em um determinado local desde que haja certas

condições dentro de limites aceitáveis e recursos necessários à espécie (RICKLEFS, 2010).

A presença e o sucesso de um organismo ou grupo de organismos dependem deste conjunto de condições, e qualquer fator que se aproxime ou exceda os limites de tolerância passa a ser um fator limitante (PRIMACK; RODRIGUES, 2001). Como exemplo de fatores limitantes estão a temperatura, a umidade, o pH, a salinidade e a concentração de poluentes e a água (PERONI; HERNÁNDEZ, 2011). A água é considerada um fator determinante para ambientes terrestres ou aquáticos em que a sua quantidade está sujeita a grandes flutuações (ODUM, 2004), como no caso das áreas úmidas.

A modelagem de nicho ecológico ocorre por meio da integração de informações sobre as espécies chamadas indicadoras, que refere-se a organismos com características específicas, como sensibilidade a pequenas mudanças ambientais, pequenos limites de tolerância e fácil identificação (ODUM, 2004), e os fatores que as condicionam através de métodos matemáticos e estatísticos.

Estas informações podem ser incorporadas a Sistemas de Informação Geográficas (SIGs) por meio de algoritmos (sequências finitas de comandos, executados através de códigos escritos em linguagem de programação) específicos para a modelagem preditiva de distribuição (GIANNINI *et al.*, 2012). Como resultado, são obtidos mapas temáticos que possuem uma escala de cores que indicam maior ou menor grau de adequabilidade ambiental para que uma determinada espécie esteja presente em uma área determinada, em função das variações do parâmetro limitante definido (SIQUEIRA, 2005).

Os processos de modelagem de nicho ecológico têm incentivado também a geração de diversas páginas na internet com o objetivo de integrar informações obtidas por pesquisadores e instituições. Estes sites contam com bancos de dados regionais, nacionais e mundiais de ocorrência de espécies, vinculados a coleções científicas, além de sites de informações de variáveis diretamente ligadas à distribuição das espécies, como temperatura, precipitação e topografia.

Os modelos obtidos para cada espécie indicadora (baseado nas condições atuais) devem ser testados com os dados de campo, considerando as mais distintas situações (O'NEIL *et al.*, 1988). Esses dados poderão ser reexecutados sob uma variedade de previsões de cenários futuros de mudanças no ambiente, com a finalidade de estimar a vulnerabilidade ecológica do local (LOPEZ; HEGGEM, 2001).

Os modelos de nicho ecológico tem auxiliado em processos de conservação e gestão ambiental, permitindo delimitar as exigências ecológicas das espécies e seus fatores limitantes, compreensão de barreiras biogeográficas, identificação de locais para reintrodução de fauna, projeção de planos de conservação, previsão de efeitos da perda de habitats e efeitos de mudanças climáticas (PETERSON, 2006).

Uma das formas de modelagem de nicho ecológico que tem colaborado na elaboração de processos de gerenciamento de recursos naturais, principalmente quanto aos recursos hídricos de áreas úmidas, é o método índices de adequabilidade de habitat, que se constitui objeto de elucidação do item a seguir.



## 6 ÍNDICE DE ADEQUABILIDADE DO HABITAT (IAH)

O Índice de Adequabilidade de Habitat, método de modelagem de nicho ecológico, foi desenvolvido na década de 80 pela instituição “U.S. Fish and Wildlife Service” (U.S. Fish and Wildlife Service, 1980), e baseia-se nas relações funcionais entre a biota e as variáveis abióticas de um ecossistema, admitindo que a qualidade e a quantidade de um habitat podem ser descritas numericamente, permitindo a avaliação de impactos sobre as espécies.

Esta instituição elaborou uma série de IAHs com o intuito de restaurar a região dos Everglades na Flórida, importante região de área úmida no Sul dos Estados Unidos, ameaçada pela degradação ambiental, que, por consequência ocasionou a perda de metade de sua área natural, danos a bens e serviços, além do processo de extinção local de espécies (CISRERP, 2014).

Para tanto, houve o desenvolvimento de IAHs para cerca de cem espécies indicadoras deste ambiente de área úmida, e as informações obtidas destinaram-se ao aprimoramento dos processos de avaliação do habitat e quantificação dos efeitos de manejo do ecossistema (ROLOFF; KERNOHAN, 1999). As variáveis ambientais consideradas fatores limitantes, foram a hidrodinâmica local, disponibilidade de recursos alimentares, cobertura vegetal e condições necessárias para a reprodução das espécies.

A criação dos IAHs está relacionada à ocorrência, permanência e a distribuição das populações no ambiente, e visa retratar as condições e os recursos específicos necessários a uma determinada espécie, assegurando sua sobrevivência e reprodução. Como o objetivo da utilização de IAH é manter a estabilidade de um ambiente e conservar as suas funções, é importante que sejam utilizados organismos indicadores representativos do ecossistema em estudo, visto que um impacto causado às populações de bioindicadores poderá afetar também toda a comunidade.

Para o desenvolvimento do IAH, podem ser utilizados como parâmetros de condições ecohidrológicas a quantidade e qualidade da água, flutuações nos níveis de água, magnitude da inundação, frequência e duração das inundações, topografia local, distribuição e cobertura vegetal (LUZ, 2002; TARBOTON *et al.*, 2004; MORA; MAGER e SPIELES, 2011), entre outros.

Uma vez selecionadas as espécies indicadoras e as variáveis ambientais que afetam essas espécies, são estabelecidas funções que variam em um faixa entre 0 (ambiente desfavorável para o indicador) e 1 (ambiente totalmente favorável para o indicador), em função da variável adotada (BROWN; HARTWICK, 1988; TARBOTON *et al.*, 2004), como exemplificado na figura 1, para uma ave pernalta, e na figura 2 para uma espécie hipotética de peixe.

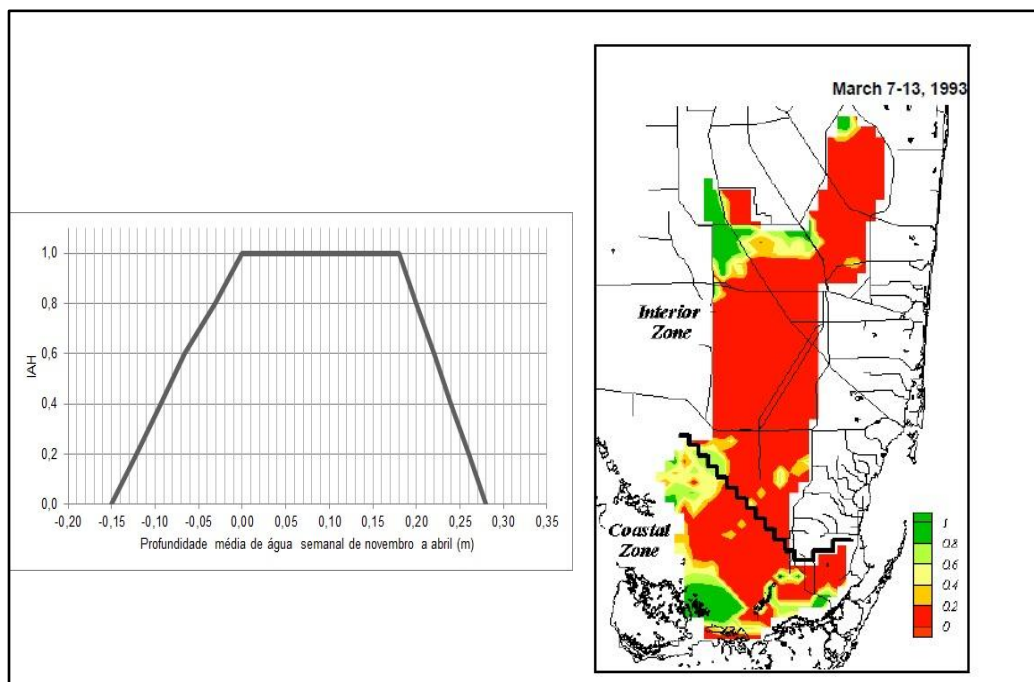


Figura 1 – Adequabilidade de habitat para aves pernaltas dos Everglades, em função da profundidade média de água semanal para os meses de novembro a abril. Figura 1a - Índice de adequabilidade. Figura 1b - Mapa de adequabilidade de habitat gerado a partir do IAH. Adaptado de Tarboton *et al.*, 2004.

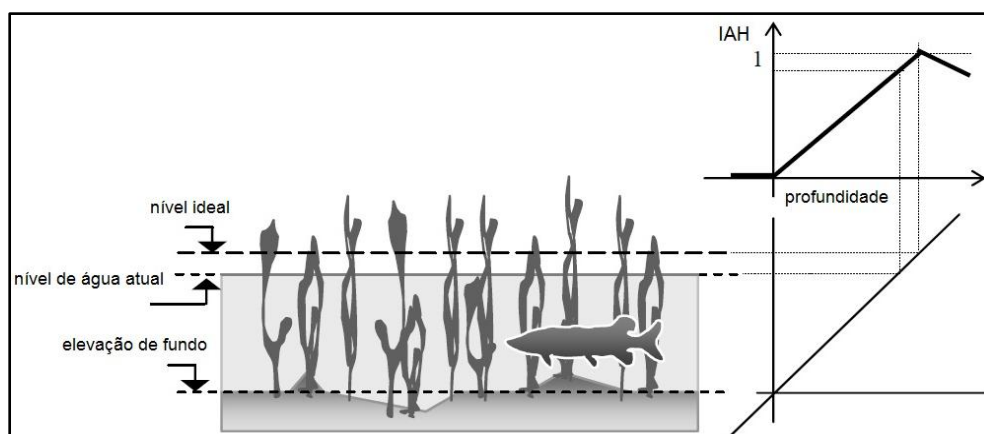


Figura 2 – Esquema que representa a relação entre a variável ambiental profundidade de água e o IAH de uma espécie hipotética de peixe. Adaptado de Luz (2002).



Em alguns casos, pode ser necessário que para uma mesma espécie sejam estabelecidos mais de uma função de IAH, para distintas variáveis, como por exemplo, disponibilidade de alimento, distância de um corpo d'água, profundidade e porcentagem de área não inundada. Estas variáveis podem ser combinadas de forma a compor um único valor (TARBOTON *et al.*, 2004). A tabela 1 busca elucidar os passos para efetuar a elaboração e IAH composto para a espécie de tartaruga *Trachemys scripta*, conforme o ponto de vista dos pesquisadores Morreale e Gibbons (1986). Dentre as variáveis que deveriam ser avaliadas na construção deste IAH, estão a relação das variáveis físicas do habitat, os recursos utilizados pela espécie, como alimentação e água, e diferentes habitats quanto à sua cobertura vegetal.

Tabela 1 – Relação das variáveis de habitat, recursos e tipo de cobertura necessários, para elaborar um valor IAH para a espécie de tartaruga *Trachemys scripta*

Variáveis do habitat	Requisitos	Tipo de cobertura	IAH
Percentual de cobertura de vegetação emergente e submersa	Alimento/ Cobertura	- Área úmida com floresta decídua; - Área úmida arbóreo/arbustiva; - Área úmida herbácea;	}
Velocidade			
Profundidade de água	Temperatura	}	
Regime hídrico			

Fonte: Adaptado de Morreale e Gibbons (1986).

A utilização de mais de um IAH para avaliar a qualidade do habitat é uma tentativa de reproduzir de forma mais fiel, as condições ambientais que são o resultado de diferentes atributos locais. No entanto, elaborar índices compostos é um processo difícil, em função da necessidade de amplo conhecimento da espécie e sua dependência dos fenômenos complexos que ocorrem entre as variáveis (TASSI, 2008).

Como exemplo de aplicação de IAH em processos de gerenciamento de regiões de áreas úmidas, é possível citar o estudo realizado por Mushet, Euliss e Stockwell (2012), no estado de Dakota do Norte, Estados Unidos, onde os IAHs foram desenvolvidos para cinco espécies indicadoras de anfíbios, em função de variáveis como porcentagem de área úmida disponível, porcentagem do tipo de solo e distância das áreas de fazenda. Por meio da análise desses IAHs, os autores constataram que modificações no ambiente possuem forte influência sobre as espécies indicadoras. Verificou-se, portanto, que é fundamental a conservação dessas áreas, impondo limitações ao uso do solo para atividades de urbanização ou práticas agrícolas.

Outro estudo, realizado por Babbitt (2005) nos Estados Unidos, na região da New Hampshire, relacionou na construção de IAHs a riqueza de espécies de anuros ao tamanho da área úmida e seu hidroperíodo. O autor chegou à conclusão de que estes fatores estão todos interligados, destacando que a composição da anurofauna é alterada conforme o hidroperíodo. Como algumas políticas de gestão de áreas úmidas utilizam o tamanho da área como parâmetro para efetuar a sua proteção, o autor propõe que mesmo pequenas estas regiões devem ser protegidas para garantir a manutenção da biodiversidade local.

No mesmo ano de 2005, realizou-se um estudo semelhante na Nova Inglaterra (SKIDDS; GOLET, 2005), relacionando a riqueza da anurofauna e a adequabilidade do hidroperíodo de áreas úmidas, para avaliar o período mínimo de inundação necessário para completar o ciclo de reprodução de cada espécie. As variáveis utilizadas na construção dos IAHs que demonstraram maior influência no hidroperíodo das áreas de estudo foram a cobertura vegetal e a profundidade da água. Os resultados indicaram que é possível estimar o hidroperíodo de áreas úmidas sazonais e avaliar a sua adequabilidade para cada espécie, sem ser necessário um longo período de monitoramento hidrológico. Os autores concluíram

que o método desenvolvido pode ser utilizado por gestores para o planejamento e manutenção destes ecossistemas.

Lo Galbo *et al.* (2013), em estudo de caso realizado nos Everglades (Flórida, Estados Unidos), utilizaram como espécie indicadora a macrófita aquática flutuante *Nymphaea odorata*, e desenvolveram seu IAH em função de variáveis hidrológicas como profundidade, sazonalidade dos níveis da água e precipitação. Os autores avaliaram os efeitos de restauração do ambiente criando situações através da modelagem. Como forma de avaliar a adequabilidade deste ambiente, foram criados modelos para simular as condições existentes, condições anteriores às drenagens na área úmida e condições futuras, levando em consideração a restauração do ambiente.

Os resultados indicam que a restauração dos Everglades irá trazer maiores benefícios para a vegetação nativa e biota local, do que a situação atual proporciona, e que devido à ação antrópica sofrida na região, houve grandes mudanças na dinâmica do ambiente, assim como em sua biodiversidade (LO GALBO *et al.*, 2013).

No Brasil, pode ser citada a utilização de indicadores como macrófitas, aves, e mamífero aquático, para a composição de IAHs, utilizados para a definição de limites aceitáveis para flutuações do hidroperíodo do Banhado do Taim, permitindo a criação de propostas para o uso sustentável dos recursos hídricos (TASSI, 2008), já que o local possui um histórico de conflitos pelos recursos hídricos, incluindo a conservação do ecossistema, retirada de água para o cultivo de arroz, a pecuária, a pesca e a caça (NEMA, 2002).

Além de ecossistemas de áreas úmidas, os IAHs têm sido desenvolvidos para os mais distintos biomas, em diversos países, sendo que muitas pesquisas buscam avaliar os impactos da influência antrópica nestes ambientes. Estes estudos, em sua maioria, utilizam como indicadores animais vertebrados, como peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos, além de invertebrados e a vegetação nativa (RALEIGH; ZUCKERMAN e NELSON, 1986; GUTZWILLER; ANDERSON, 1987; LARSSON, 2003; ARMITAGE; FONG, 2004; BROTONS *et al.*, 2004; DUBERSTEIN *et al.*, 2008; BRATTEBO *et al.*, 2009; DONAVAN *et al.*, 2011).

A partir dos estudos apresentados, verifica-se que os índices de adequabilidade de habitat constituem uma importante ferramenta para a tomada de decisões, tendo sido amplamente empregado em regiões de áreas úmidas, pois

geram informações significativas sobre esses ecossistemas, colaborando para a revisão e aprimoramento das estratégias de gerenciamento dos recursos hídricos e conservação da biodiversidade.

## **7 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

Para efetuar a elaboração de IAHS para o Banhado do Taim é fundamental que se compreenda a dinâmica do ambiente, desde a sua formação geológica, hidrologia, fenômenos físicos, biodiversidade, as pressões e ameaças sobre este ecossistema, e a sua importância para as comunidades locais.

Todas estas variáveis estão interligadas de forma intrínseca, e através de revisão bibliográfica espera-se compreender de forma mais específica o funcionamento e particularidades deste complexo ecossistema, um dos poucos do estado do Rio Grande do Sul que está protegido legalmente como unidade de conservação.

### **7.1 Localização da ESEC Taim**

A Estação Ecológica do Taim, criada no ano de 1986, possui área de aproximadamente 11 mil hectares, com proposta de ampliação da unidade para 33 mil hectares, abrangendo na íntegra o Banhado do Taim (MMA, 2013). Situa-se a sudeste do Estado do Rio Grande do Sul, na planície costeira dos municípios de Rio Grande e de Santa Vitória do Palmar, no extremo meridional do RS, numa faixa estreita entre a Lagoa Mirim e o Oceano Atlântico ( $32^{\circ} 20'$  e  $33^{\circ} 00'$  Sul e  $52^{\circ} 20'$  e  $52^{\circ} 45'$  Oeste) (Figura 3). A ESEC está inserida na Bacia Hidrográfica Mirim-São Gonçalo, a qual faz parte da região hidrográfica do Atlântico Sul.

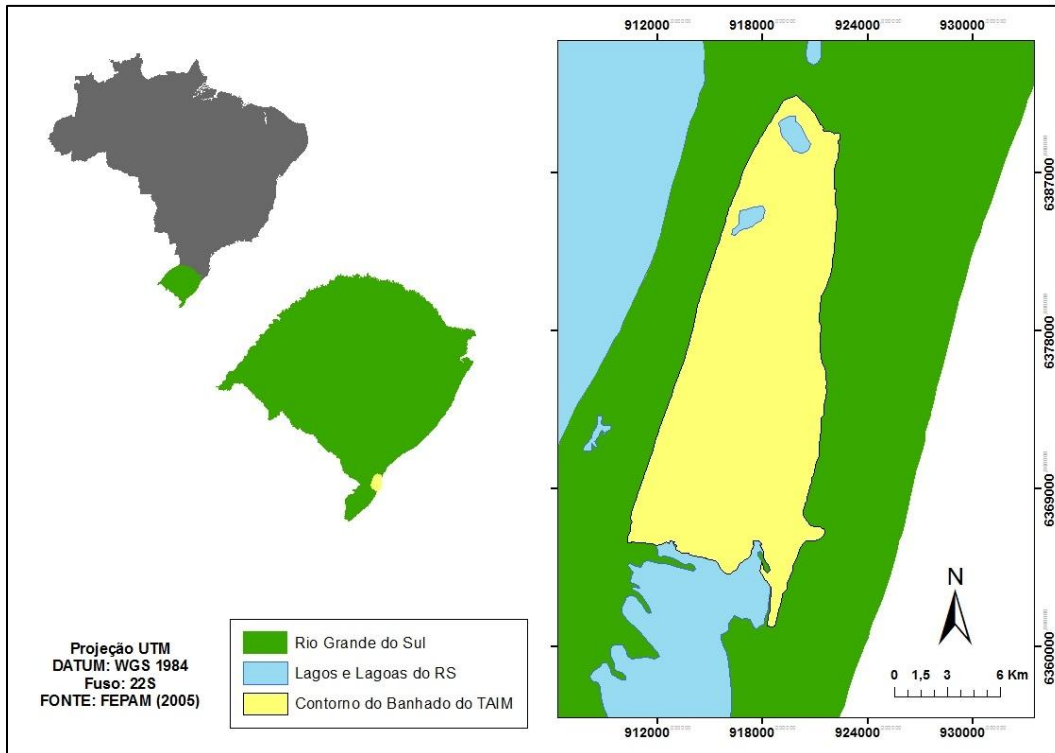


Figura 3 – Localização da Estação Ecológica do Taim, sul da planície costeira do Rio Grande do Sul.

A área da ESEC Taim caracteriza-se por possuir um relevo plano com áreas frequentemente inundadas e outras ocupadas por banhados e lagoas de água doce permanentes, sendo a Lagoa Mangueira a de maiores dimensões. O nível das águas e as áreas inundadas variam tanto sazonal quanto anualmente. A morfodinâmica e o regime hidrológico constituem as restrições ambientais mais importantes (BAGER, 1997; TASSI, 2008).

A ação dos ventos é predominante no sentido nordeste, ocorrendo durante todo o ano, porém mais ativo nos meses de primavera e verão, sendo o vento oeste-sudoeste mais atuante nos meses de inverno. De modo geral, a maioria das lagoas do litoral do RS são rasas com pequenas profundidades relativas, assim menos propensas a estratificações térmicas e mais susceptíveis a ação dos ventos que atuam como agente na ressuspensão de matéria e mistura da coluna de água (NIMER, 1977).

## 7.2 Geologia da ESEC Taim

A configuração atual do sistema lagunar do Rio Grande do Sul teve início há cerca de 5000 anos, após processo de transgressão marinha durante o último evento de glaciação, favorecendo a formação de uma barreira arenosa (Barreira IV) (VILLWOCK *et al.*, 1986) que isolou uma ampla faixa de terras baixas entre o continente e o oceano. Onde se estabeleceu um sistema deposicional complexo, constituído por vários ambientes de sedimentação, favorecendo assim a formação de lagoas.

Durante o último evento eustático pleistocênico, ocorreu o rompimento e a erosão parcial da restinga (depósitos sedimentares pleistocênicos), no atual Banhado do Taim e onde se encontram atualmente as Lagoas Nicola e Jacaré, tendo servido como vertedor à Lagoa Mirim (SCHWARZBOLD; SCHÄFER, 1984). É exatamente neste local que hoje ocorre conexão hídrica entre o sistema das lagoas e banhado, e estes com a Lagoa Mirim.

A deposição de material, trazido pela Laguna dos Patos, em linhas paralelas à costa em direção ao sul, durante o Holoceno, fez com que o crescimento desses feixes causasse o fechamento da ligação da Lagoa Mirim com o mar, através do vertedor do Taim, formando então a Lagoa Mangueira. A Lagoa Mirim, por sua vez, auxiliada pelos fortes processos erosivos da Laguna dos Patos sobre os terraços pleistocênicos, estabeleceu conexão de escoamento com a Laguna dos Patos, pelo canal hoje conhecido como Canal de São Gonçalo (SCHWARZBOLD; SCHÄFER, 1984).

As principais classes de solo na região da ESEC-Taim são os solos Gleissolo Melânico Eutrófico (solos formados por sedimentos marinhos ou lacustres, ocupando relevo plano em altitudes entre 3 e 5 m) e Neossolo. Estes solos são arenosos, mal ou muito mal drenados, com baixa permeabilidade (PINTO *et al.*, 1999).

## 7.3 Hidrologia da ESEC Taim

O clima é um dos fatores que ajudam a controlar as taxas de intemperismo e de erosão sobre os continentes através das chuvas que condicionam o escoamento

superficial das águas e o transporte de seus detritos até a linha de costa, e os níveis de evaporação e pluviosidade. A planície costeira do Rio Grande do Sul apresenta clima mesotérmico brando super úmido e sem estação seca, tendo temperatura média entre 16°C e 20°C e precipitação pluviométrica anual entre 1000 e 1500 mm (NIMER, 1977). Em estudos sobre alterações climáticas as projeções demonstram uma tendência de aumento da temperatura em praticamente todos os meses do ano na região do sistema hidrológico Taim (BRAVO *et al.*, 2011).

A região de estudo conta com o monitoramento de cinco estações meteorológicas. Em relação à precipitação, as séries mais longas pertencem aos postos localizados junto aos centros urbanos (Pelotas, Rio Grande e Santa Vitória do Palmar) e as séries mais curtas pertencem a postos localizados na área rural, porém mais próximos ao BT.

As precipitações médias mensais estão uniformemente distribuídas ao longo do ano, aumentando levemente no período de inverno. Com relação à evaporação, há uma forte componente sazonal, em que ocorrem maiores taxas de evaporação durante os períodos mais quentes do ano (Figura 4) (TASSI, 2008).

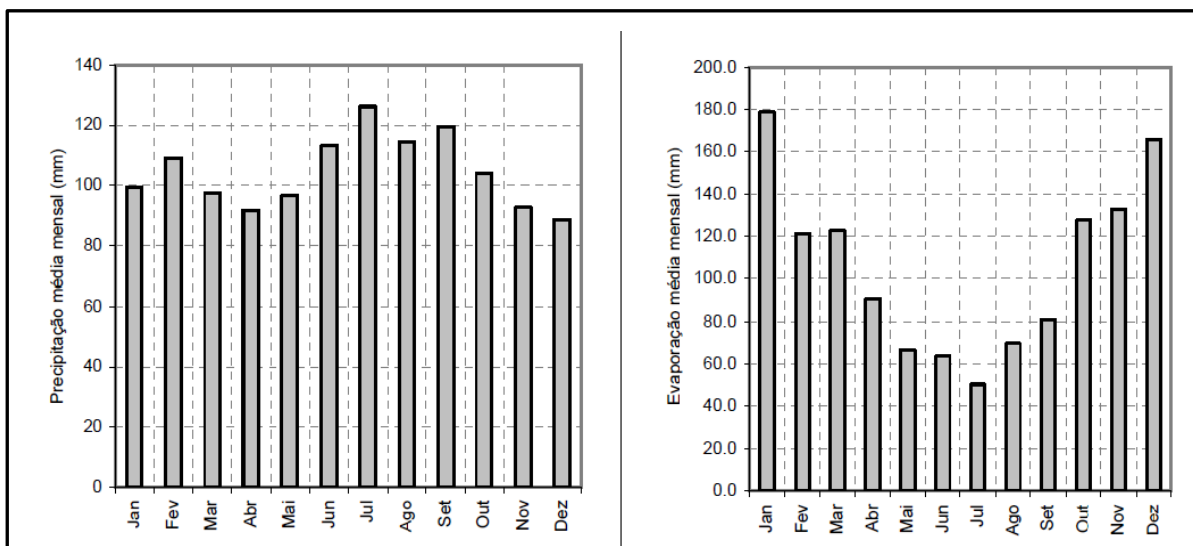


Figura 4 – Sazonalidade da série de precipitação e evaporação para a região da ESEC Taim. Fonte: Tassi, 2008.

Conforme Tucci (1996), o banhado do Taim é considerado um sistema hidrológico essencialmente regido por níveis, estando sob influência de fatores como



precipitação e evapotranspiração, capacidade de escoamento dos canais, capacidade de armazenamento das lagoas e das áreas limítrofes, os níveis da Lagoa Mirim, as características do escoamento dos conjuntos de condutos da estrutura de saída e as retiradas de água para irrigação.

A ESEC Taim não abrange a totalidade da bacia hidrográfica que influencia os níveis de água do banhado e da vizinhança. Ações externas ao banhado interferem diretamente na quantidade de água e na preservação das condições ambientais do mesmo. Da mesma forma, qualquer ação sobre o sistema de comportas na saída do banhado, afeta propriedades fora da estação ecológica (VILLANUEVA *et al.*, 1997).

O sistema hidrológico da ESEC Taim já foi alvo de diversos estudos (TUCCI 1996; VILLANUEVA, 1997; MOTTA-MARQUES *et al.*, 2002; PAZ, 2003). O estudo realizado por Paz (2003) na região da ESEC Taim buscou compreender a hidrodinâmica do ambiente aplicando um modelo hidrodinâmico bidimensional horizontal (modelo IPH-A), associando um algoritmo de secagem/inundação ao sistema formado pela Lagoa Mangueira e pela área úmida.

Como resultado, foi possível constatar que a distribuição espacial da vegetação regulariza o padrão geral de circulação da água no banhado, e que os fatores ação de cisalhamento do vento na superfície da água, resistência ao escoamento e proteção contra a ação do vento proporcionados pelas macrófitas aquáticas e a interação com a Lagoa Mangueira, possuem papel fundamental sobre a hidrodinâmica do Taim, estando todos relacionados. Outro fato relevante constatado pela pesquisa de Paz (2003) é que, conforme o nível da água aumenta ou diminui, diferentes regiões do banhado ficam secas, resultando padrões hidrodinâmicos distintos, que também diferem quanto à influência que sofrem do vento e da Lagoa Mangueira.

A região de banhado varia conforme as estações do ano, onde durante as épocas de chuvas torna-se totalmente alagado, sendo praticamente inacessível, já no verão, com as chuvas menos intensas, as porções alagadas ficam mais restritas, ocorrendo também uma expansão da vegetação de suas bordas (GOMES; KRAUSE, 1982).

Como a distribuição das espécies no ambiente de áreas úmidas e sua diversidade variam entre os diferentes habitats dispostos ao longo do gradiente de inundação, as variações do nível de água podem ocasionar a perda de espécies

nativas, com pequenos limites de tolerância a mudanças no ambiente. As alterações no gradiente de inundação podem limitar a conectividade entre os ambientes, através de barreiras naturais, além de favorecer o processo de invasão e o estabelecimento de espécies exóticas (BUNN; ARTHINGTON, 2002).

Informações sobre a batimetria da Lagoa Mangueira e do Banhado do Taim foram levantadas pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH/UFRGS), em março de 2003, através de dados topográficos relativamente esparsos (PAZ, 2003). Apesar desta informação não ser tão precisa, serviu como base para a elaboração do Modelo Numérico de Terreno (MNT) do BT, elaborado por Villanueva (1997) e Paz (2003).

Na área de drenagem do banhado, fora da estação, existem grandes áreas de cultivo de arroz por inundação. Esse tipo de exploração utiliza, nos meses de verão, uma grande quantidade de água, rebaixando as lagoas no período em que coincide ser o de maior evapotranspiração (VILLANUEVA *et al.*, 1997), e por consequência, afetando o regime hidrológico do BT. De acordo com o IBAMA (1993, apud FRAGOSO-JÚNIOR *et al.*, 2007), somente no mês de janeiro a retirada de vazão pode chegar a 72 m<sup>3</sup>/s de água para as lavouras de arroz, o que representa aproximadamente 10 cm de rebaixamento do nível d'água da lagoa Mangueira em 15 dias de bombeamento.

Como este corpo hídrico é o tributário direto do BT, uma variação do nível desta ordem de grandeza pode impactar de maneira significativa espécies que dependam de condições hidrológicas específicas durante esta época do ano (TASSI, 2008), comprometendo a biodiversidade local e as funções do ecossistema.

#### **7.4 Biodiversidade da ESEC Taim**

Na Região Sul, as áreas úmidas estão associadas principalmente à lagoas costeiras, apresentando uma grande variedade de comunidades de macrófitas aquáticas (SCHWARZBOLD; SCHÄFER, 1984). Os campos litorâneos compõem um mosaico com os banhados e matas, sendo formados por inúmeras espécies de gramíneas, leguminosas e ciperáceas, estas últimas principalmente nas áreas inundáveis (BURGUER, 2000) e isso não é diferente no BT. Praticamente não

existem espécies endêmicas nesta região, apesar da grande extensão da faixa litorânea, uma vez que a flora não se originou por processos de especiação local, mas a partir da migração de regiões vizinhas e geologicamente mais antigas (WAECHTER, 1985).

A Estação Ecológica do Taim, localizada no litoral Sul do RS, é considerada bastante heterogênea em termos de ecossistemas, compreendendo extensas áreas de banhado, dunas litorâneas, praias oceânicas e lacustres, Lagoas (Nicola, Jacaré e parte da Lagoa Mangureira), campos e capões de mata nativa (MÄHLER; KINDEL; KINDEL, 1996).

Para a região dos banhados, ambiente mais representativo da Estação, constituído de grandes porções alagadiças cobertas por vegetação densa e quase uniforme, foram descritas um total de 331 espécies de macrófitas aquáticas (BURGER, 2000), destacando-se fisionomicamente a espadana, *Zizaniopsis bonariensis* (Gramineae) e o junco do banhado ou tiririca, *Scirpus californicus* e *Scirpus giganteus* (Cyperaceae). Na borda do banhado, em lugares mais elevados, a vegetação é arbustiva, bastante cerrada, sendo comum a corticeira, *Erythrina crista-galli* (Fabaceae), árvore de maior porte (WAECHTER; JARENKOW, 1998). A dinâmica e variabilidade espacial da vegetação no BT foram estudadas por Ferreira (2005), Giovannini (2004) e Guasseli (2005).

Em pesquisa realizada no banhado do Taim, verificou-se uma tendência para a redução do número de espécies de macrófitas aquáticas com o aumento da profundidade da lâmina de água. Se o nível de água for mantido elevado durante um período muito longo, as espécies flutuantes tenderão a dominar o ambiente modificado, alterando desta forma as comunidades de macrófitas, acarretando também em alterações nos habitats de outras espécies, particularmente as comunidades de aves aquáticas e mamíferos (MOTTA-MARQUES; IRGANG; GIOVANNINI, 1997).

No local, encontra-se também grande riqueza de aves, com mais de 230 espécies, sendo 78 espécies de aves aquáticas, representantes de 18 famílias. Muitas destas espécies possuem hábito migratório, e não se reproduzem nesta latitude, sendo nove espécies provenientes do Hemisfério Norte e que permanecem no RS nos meses mais quentes, e cinco espécies originárias do sul do Hemisfério Sul e ocorrem nos meses mais frios (BURGER; RAMOS, 2007).

Este número corresponde a aproximadamente 34,7% de todas as espécies de aves encontradas no Estado (BENCKE *et al.*, 2010) e a 14,8 % de todas as espécies de aves aquáticas existentes. Com isto, o Rio Grande do Sul representa uma das áreas de maior diversidade de aves aquáticas do Brasil, juntamente com o pantanal-matogrossense, pois esta região faz parte das rotas migratórias de espécies vindas dos hemisférios norte e do sul.

Quanto ao restante da fauna, ainda há poucos estudos realizados na ESEC Taim, tendo sido registrados até o momento 63 espécies de peixes (GARCIA *et al.*, 2006; CORREA *et al.*, 2011), 18 espécies de anfíbios (GAYER; KRAUSE; GOMES, 1988), 21 espécies de répteis (GOMES; KRAUSE, 1982), e supõe-se que existam mais de 40 espécies de mamíferos (MMA, 2013).

Em estudos realizados na estação ecológica do Taim por diferentes pesquisadores, há o relato e a constatação de que o nível das águas tem efeito evidente sobre as populações da avifauna, ocasionando uma redução na riqueza de espécies. Através do relato de Mähler, Kindel e Kindel (1996), efetuada na primavera do ano de 1991, quando o nível das águas apresentava-se elevado e alguns ambientes ficaram submersos, houve menor frequência de registros de espécies como *Pluvialis dominica*, *Calidris* sp. e *Charadrius* sp.

No estudo realizado por Melo (1990), entre janeiro de 1986 e abril de 1989, em um período de estiagem, há relato de redução dos habitats aquáticos, podendo ser encontrado apenas espécies residentes como *Cygnus melancoryphus*, *Fulica* sp., e *Coscoroba coscoroba*. A pesquisa sobre a sociabilidade e territorialidade de *Chauna torquata* (tachã) realizada por Valle (1991) no mesmo período de estiagem (1989 a agosto e 1990), descreve que houveram poucas atividades relacionadas a reprodução dessa espécie, e a constatação de que o período reprodutivo de *C. torquata* é influenciado diretamente pelo nível de água e a disponibilidade de alimento.

## 8 MATERIAIS E MÉTODOS

A organização dos processos adotados nesta pesquisa é apresentada em um primeiro momento por meio de um fluxograma, evidenciado por meio da figura 5. Posteriormente, há a elucidação detalhada da sistemática para cada etapa.

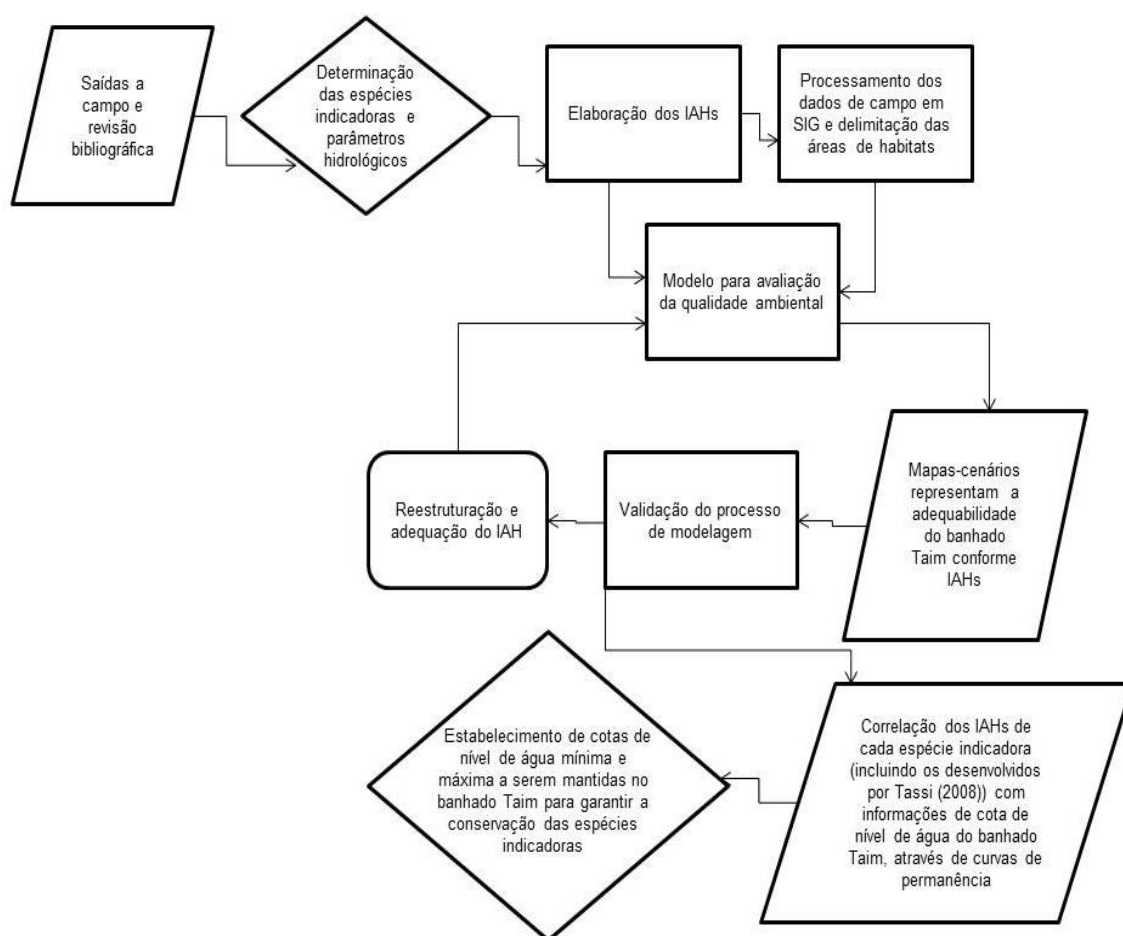


Figura 5 – Fluxograma que apresenta o resumo dos processos utilizados na metodologia da pesquisa.

### 8.1 Determinação dos bioindicadores

Para determinar espécies indicadoras do Banhado do Taim, estabeleceu-se como a escolha de espécies de plantas macrófitas aquáticas emergentes e

representantes da avifauna, herpetofauna e mastofauna. As macrófitas aquáticas emergentes caracterizam-se por serem mais afetadas pelas variações dos níveis de água do que as macrófitas aquáticas flutuantes, apresentando menores limites de tolerância.

Já a utilização de vertebrados como indicadores ambientais, tem sido realizada para a avaliação de distintos ecossistemas, e justifica-se pela fácil visualização e identificação dos indivíduos, pelo fato de as populações serem mais estáveis, além de exigir menor tempo e esforço para o desenvolvimento de estratégias de gestão (BAKER; SCHONEWALD-COX, 1986; ODUM, 2004).

Os processos empregados na busca da definição das espécies indicadoras do Banhado do Taim, bem como o reconhecimento de condições ambientais favoráveis e distribuição e localização das populações no ambiente de área úmida são apresentados no quadro 1.

Processo	Material	Determinação das espécies indicadoras
Reconhecimento da biodiversidade do Banhado do Taim	Revisão bibliográfica de estudos e pesquisas realizadas na região da ESEC Taim e observações de campo	Plantas macrófitas aquáticas emergentes, herpetofauna, avifauna e mastofauna avistados em campo, que dispunham de informações sobre as condições hidrológicas necessárias para garantir a sua sobrevivência.
Obtenção de informações sobre as condições hidrológicas favoráveis à sobrevivência das espécies do Banhado do Taim (intervalos de condições hidrológicas toleráveis, altura de lâmina de água)		Apresentar características descritas por Odum (2004) - pequenos limites de tolerância (a alterações na altura de lâmina de água); sensibilidade a pequenas mudanças ambientais e fácil identificação.
Informações sobre a distribuição das espécies na área do Banhado do Taim		

Quadro 1 – Processos e materiais utilizados na definição das espécies indicadoras do Banhado do Taim

## 8.2 Saídas a campo e mapeamento de habitat

As saídas a campo ocorreram no período de fevereiro e abril de 2014, tendo sido efetuada uma em cada mês. A observação dos espécimes se deu a partir do

deslocamento a pé, ao longo da rodovia BR-471 (trecho de 16 km, como ilustrado na Figura 6), rodovia que margeia a ESEC Taim, com o auxílio de binóculo e coleta de informações da localização geográfica (coordenadas) através de receptor GPS (Global Positioning System) Garmin (eTrex® 10), registro fotográfico e filmagem com câmera digital (Sony Cyber-Shot DSC-HX1 Semi Profissional), além da descrição dos locais observados.

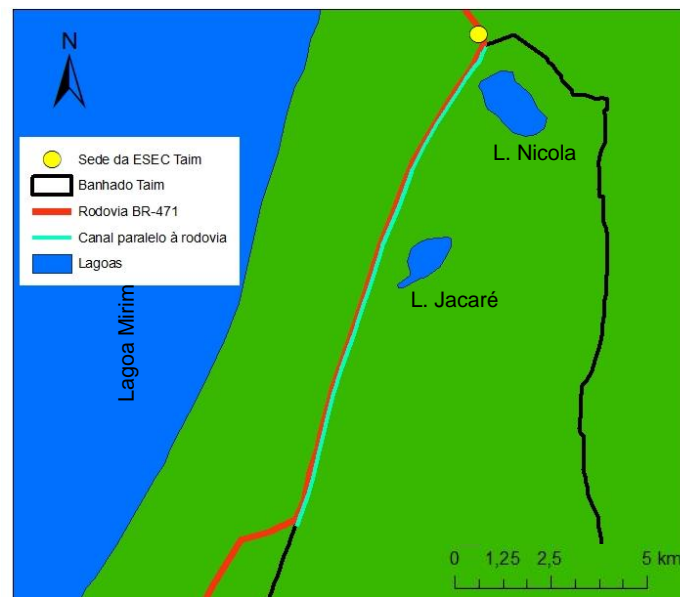


Figura 6 – Representação do trecho de 16 km da rodovia BR-471 que corta a ESEC Taim, por onde houve o deslocamento a pé e a observação do ambiente de banhado.

Ao efetuar o deslocamento ao longo da rodovia (trecho de 16 km da BR-471), sempre que uma espécie potencial era avistada (com auxílio de binóculo com alcance de visão 7x35), marcava-se a localização do ponto no Sistema de Posicionamento Global (GPS), mensurava-se a distância de afastamento entre a espécie e o ponto marcado na rodovia, efetuava-se o registro fotográfico e a descrição do ambiente, como ilustrado na figura 7.



Figura 7 – Exemplificação do processo de deslocamento pela rodovia BR-471 e observação das espécies no interior do Banhado do Taim.

Na planilha de campo foram anotadas também informações correspondentes à data de amostragem, estação do ano, e as condições hidrológicas sobre o hidroperíodo correspondente, como o nível de água por meio da leitura de réguas. Posteriormente, estas informações foram processadas em softwares de Sistemas de Informação Geográfica, ArcMap 10.0 e IDRISI Selva 17.0, como forma de serem compatíveis ao modelo para avaliação da qualidade ambiental desenvolvido especificamente para o Banhado do Taim por Tassi (2008).

O produto do levantamento de dados, associado a informações sobre distribuição das espécies no local, obtidas através de estudos realizados na ESEC Taim, subsidiaram a delimitação das áreas consideradas como habitats no interior do banhado para as espécies aptas a serem adotadas como indicadoras do presente estudo.

Em sequência, essas áreas de habitats foram mapeadas, e representadas por meio de polígonos no software ArcMap, e convertidas para o formato “raster” gerado por meio do software IDRISI Selva, com formatação específica compatível com o modelo para avaliação da qualidade ambiental, com 316 linhas e 141 colunas.



### 8.3 Elaboração dos IAHs

Para cada espécie indicadora, foi realizada a elaboração de um índice de adequabilidade de habitat, processo já elucidado e exemplificado no item 6 do presente estudo, através de um dos critérios propostos na tabela 2.

Tabela 2 – Variáveis utilizadas na elaboração dos IAHs

IAH	Variável
<p>- 0 (ambiente desfavorável para o indicador);</p> <p>- 1 (ambiente totalmente adequado para o indicador).</p>	<p>- altura de lâmina de água necessária para garantir a conservação da espécie;</p> <p>- área necessária a ser mantida livre de inundação em período reprodutivo.</p>

Os IAHs foram integrados posteriormente ao modelo para avaliação da qualidade ambiental (Figura 8) desenvolvido por Tassi (2008). O qual foi elaborado em linguagem de programação FORTRAN. Este modelo permite que sejam avaliadas mensalmente as condições de adequabilidade de habitat espacialmente no BT.

Para avaliar os IAHs, neste estudo foi utilizado o registro histórico dos níveis de água no BT, considerando-se a premissa de que as espécies indicadoras são o resultado de condições hidrológicas observadas no passado. Portanto, a sua manutenção pode ser assegurada caso o mesmo comportamento se reproduza no futuro. Para isso, foram utilizados os resultados do período de 44 anos (jan-1960 a dez-2003) de dados hidrológicos dos níveis mensais de água, obtidas a partir de dados de campo e de modelagem hidrológica-hidrodinâmica (TASSI, 2008).

No modelo hidrodinâmico o BT é representado através da sua divisão em 41 células distintas (Figura 8a), conforme descrito em Villanueva (1997), onde também é possível encontrar maiores detalhes sobre o modelo, o processo de calibração e validação. Os dados necessários para a sua entrada são a precipitação, evaporação, quantidade de água captada para irrigação e cotas do nível da água da Lagoa Mirim.

Para o modelo de avaliação da qualidade ambiental, a cota do nível da água é obtida para cada pixel (Figura 8c), a partir da modelagem hidrodinâmica de células no centroide de cada célula e também foi utilizado para sua espacialização no BT, o interpolador TIN (Triangulated Irregular Network). Na sequência, para determinar a lâmina de água, é realizado um processo de subtração da imagem do nível da água espacializado (Figura 8c) e da topografia de fundo do BT (Figura 8b), sendo obtida a imagem com a espacialização da lâmina de água no BT (Figura 8d).

Após a obtenção da lâmina de água espacializada, o modelo relaciona a mesma com o IAH específico de cada espécie em análise, produzindo uma nova imagem (Figura 8e) que expressa a adequabilidade do habitat em uma escala de número e cores, sendo que 0 significa um ambiente desfavorável, e 1 um ambiente totalmente favorável determinado através de seu IAH, em função da variável hidrológica.

Assim, para cada espécie indicadora utilizada no estudo, foram gerados 528 imagens de adequabilidade ambiental (similares a figura 8e), decorrentes das condições hidrológicas para cada mês (de janeiro a dezembro) entre os anos de 1960 a 2003. Estas imagens possuem a resolução de pixel de 101,86 x 101,86 m, onde para cada pixel há a determinação de sua adequabilidade para a espécie determinada.

Utilizando o mesmo modelo, foram obtidas informações como valores médios e condições em regiões específicas.

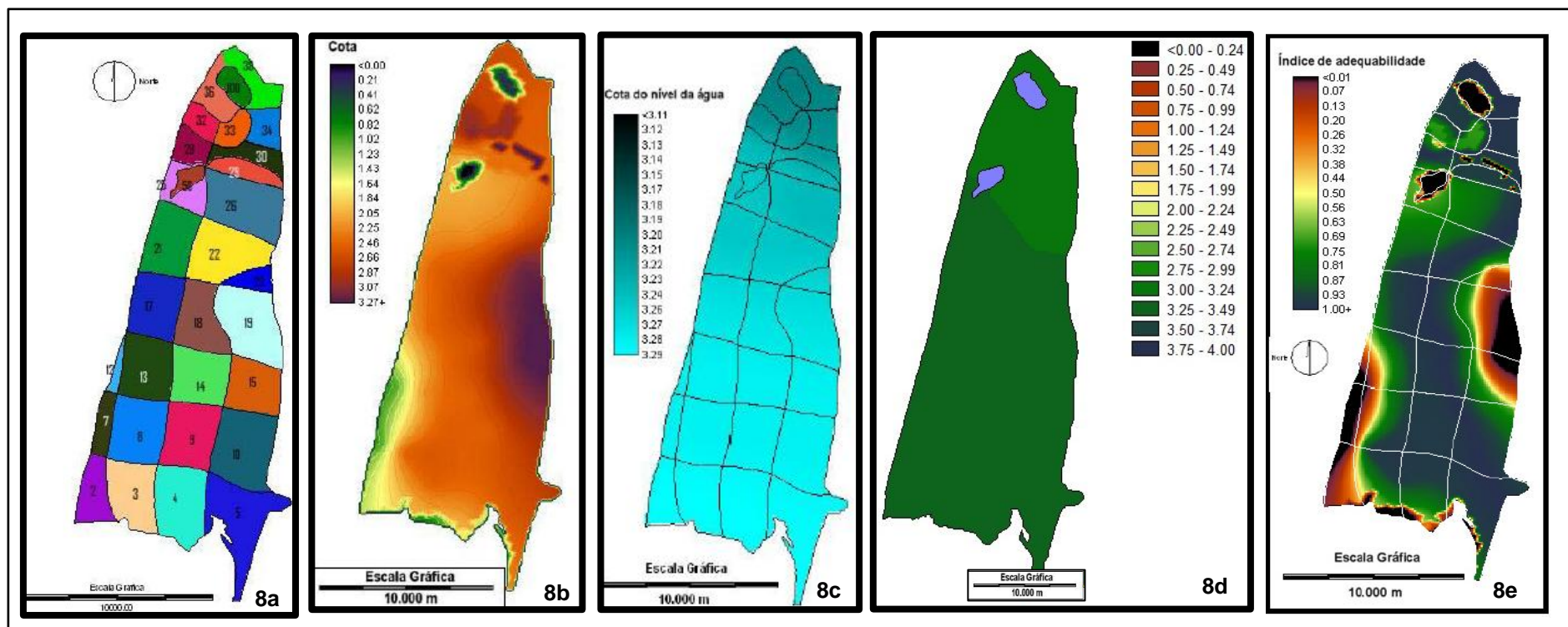


Figura 8 – Representação do modelo para avaliação da qualidade ambiental. Figura 8a - Modelo hidrodinâmico. Figura 8b - Modelo Numérico do Terreno (MNT). Figura 8c - Cota de níveis da água. Figura 8d - Altura de lâmina de água. Figura 8e - Produto do processo de modelagem, imagem de adequabilidade ambiental. Fonte: Adaptado de Tassi, 2008.

Também foi criada uma nova versão do modelo de avaliação da qualidade ambiental (que estava programado unicamente para retornar a informação sobre a adequabilidade de habitat em função de altura de lâmina de água do banhado) com adaptação para que fornecesse informações sobre as áreas livres de inundações durante as simulações – para indicadores específicos conforme será discutido nos resultados.

Neste caso, ao invés de indicar o valor do IAH na imagem especializada, foram geradas imagens e saídas que expressam as áreas que seriam aptas para determinada espécie diante de uma condição hidrológica específica (1) e locais não adequados (0), bem como uma indicação de percentual de área nestas condições.

Assim, o modelo de avaliação da qualidade ambiental foi combinado com a série histórica de 44 anos de dados mensais de níveis de água do BT, permitindo avaliar as informações dos limites de tolerância referentes à altura de lâmina de água ou da área a ser mantida em condições apropriadas (livres de inundação), definido para cada espécie em seu IAH.

#### 8.4 Validação dos IAHs

Como forma de aperfeiçoamento do processo de modelagem do nicho ecológico por meio do IAH, houve o processo de validação da modelagem através da conferência entre as informações do IAH, da distribuição da espécie no ambiente (representação dos habitats) e dos resultados das imagens geradas pelo modelo de avaliação da qualidade ambiental, após a modelagem de 44 anos de dados, através da seleção das imagens geradas para as espécies indicadoras através do modelo para avaliação da qualidade ambiental, conforme quadro 2.

<b>Imagens</b>
Período de seca - Níveis de água abaixo da média observada na série de dados.
Período de cheia - Níveis de água acima da média observada na série de dados.
Período com níveis de água do BT compreendidos na média de níveis da série de dados.
Média da adequabilidade do BT em conformidade com todo o período da série de dados.

Quadro 2 – Imagens selecionados para efetuar o processo de validação dos IAHs.

As imagens analisadas estão compreendidas entre os meses de setembro e março, que coincidem com o período de aumento da evapotranspiração e maiores retiradas de água para a irrigação, além de corresponder à fase reprodutiva de muitas das espécies e ocorrência de aves migratórias, que vêm até a região em busca de alimento.

### **8.5 Reestruturação dos IAH e revalidação**

Nos casos onde as imagens geradas através do processo de modelagem não se apresentaram satisfatórios para determinado indicador, houve o processo de reestruturação e readequação do IAH conforme a realidade do Banhado do Taim. Este processo foi aplicado quando as regiões mapeadas como de ocorrência da espécie, em condições hidrológicas consideradas adequadas para o indicador (informação disponível na série de dados), demonstraram adequabilidade igual a 0 ou muito próximo a este valor.

Como forma de ajuste dos IAHs, houve a adaptação dos valores referentes aos limites de tolerância suportados pelo indicador frente às condições hidrológicas do ambiente de área úmida em questão, sempre respeitando valores indicados na literatura e as observações de campo.

Uma vez reestruturado o IAH ele era novamente utilizado na simulação com os 44 anos de dados, e era realizada uma nova avaliação do produto espacializado, através da análise das imagens obtidas.

### **8.6 Elaboração das curvas de permanência**

A fim de auxiliar no gerenciamento dos recursos hídricos da região do Banhado do Taim, buscou-se estabelecer cotas de nível de água mínima e máxima a serem mantidas para garantir a sobrevivência das espécies indicadoras e conseqüentemente de toda a comunidade associada a estes organismos.

De maneira que o gerenciamento hidrológico do BT é realizado por meio de réguas e linígrafos, as informações hidrológicas estão relacionadas a uma cota referenciada no sistema IBGE, portanto, as informações correspondentes às alturas de lâmina da água foram relacionadas a um valor de cota de nível da água.

Como forma de avaliar as cotas de nível da água, houve a elaboração de curvas de permanência, que buscam representar a curva acumulativa de frequências da série temporal das cotas dos níveis, através da determinação da porcentagem de tempo que um determinado valor dos níveis foi igualado ou ultrapassado no Banhado do Taim, bem como a média da cota de nível de água.

No caso específico deste estudo, foram geradas curvas de permanência correspondentes aos organismos bioindicadores, elaboradas considerando unicamente as informações sobre níveis de água (que constam nas células do modelo hidrodinâmico) na região da área de habitat dos indicadores que tiveram seu IAH construído em função da altura de lâmina da água. O período considerado na análise foi entre setembro e março da série histórica, compreendida entre janeiro de 1960 e dezembro de 2003 (mesmo período abrangido pela validação das imagens).

Como forma de obter um valor de cota de nível da água mínima e máxima para os indicadores, houve a análise de situações que não seriam totalmente ideais, porém assegurariam parte das condições ambientais necessárias à espécie, através dos critérios organizados no quadro 3.

Cota de nível da água mínima e máxima	
Imagens geradas através do processo de modelagem de qualidade ambiental de períodos de seca e cheia	Valores de IAH entre 0,12 e 0,50

Quadro 3 – Determinação dos valores de cota de nível da água mínima e máxima para os bioindicadores.

Com o período determinado (mês e ano), realizava-se uma consulta na tabela que contém a série de informações dos níveis do BT, separados por cada célula do modelo hidrodinâmico. Assim, era possível selecionar as informações dos níveis para as áreas de habitat do indicador, sob as condições pré-determinadas. Para o estabelecimento de uma cota média, a análise partiu de um ano com nível de água

mais próximo a cota média (2,90 m), e que apresentou boa adequabilidade para o bioindicador.

A série de dados de cotas de nível da água utilizada como referência para o Banhado do Taim foi a célula 25 do modelo hidrodinâmico, como já estabelecido como convenção em outros trabalhos efetuados na ESEC Taim, pois neste local se encontra um linígrafo situado no entorno da Lagoa Jacaré. Como na avaliação das imagens de adequabilidade, o período avaliado corresponde ao período crucial para as espécies indicadoras, primavera e verão.

### **8.7 Proposta de cotas de nível da água mínima e máxima para o Banhado do Taim em função dos indicadores**

A fim de comparar a sazonalidade dos níveis do Banhado do Taim com as condições que sustentariam um ambiente favorável a todas as espécies analisadas, houve a união dos dados pré-determinados de cotas mínimas e máximas para cada bioindicador e comparação com o hidroperíodo anual do BT. As informações sobre os bioindicadores utilizados na pesquisa de Tassi (2008) foram igualmente incluídas neste processo de análise da sazonalidade do regime hidrológico da área úmida e na elaboração da proposta de um nível ecológico a ser mantido no Banhado do Taim.

Por fim, é feita uma análise da série de cotas dos níveis da água do Banhado do Taim, para identificar as oscilações naturais dos níveis da água do interior do banhado ao longo do tempo e a sua relação com os indicadores.





## 9 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos através desta pesquisa foram organizados seguindo a sequência apresentada no item 8 do presente estudo, Materiais e Métodos.

### 9.1 Determinação dos bioindicadores

As saídas a campo proporcionaram uma maior compreensão da dinâmica do ecossistema do Banhado do Taim e a identificação dos distintos habitats e diversidade de espécies que compõem o ambiente. Quanto à vegetação aquática, foi possível constatar que a vegetação do canal paralelo à rodovia se caracteriza principalmente pela presença de macrófitas flutuantes, diferente da vegetação da região de banhado, onde há a predominância de macrófitas emergentes, destacando-se pela abundância as espécies *Zizaniopsis bonariensis* e *Scirpus californicus*.

Quanto à fauna observada, evidencia-se a grande diversidade de aves, tendo sido avistadas cerca de 40 espécies, representadas por 10 Ordens, sendo as mais representativas Pelecaniformes, Charadriiformes, Anseriformes e Gruiformes, pertencentes a 14 Famílias distintas, dentre estas Ardeidae, Threskiornithidae, Rallidae, Anatidae e Ciconiidae. Além da avistagem de 3 espécies de répteis (*Trachemys dorbigni*, *Phrynops hilarii* e *Caiman latirostris*) e 3 espécies de mamíferos (*Hydrochoerus hydrochaeris*, *Myocastor coypus* e *Lontra longicaudis*). A tabela a seguir (Tabela 3) ilustra algumas das espécies mais significativas de aves associadas a ambientes de áreas úmidas observadas no Banhado do Taim durante o deslocamento pela BR-471.

Tabela 3 – Listagem das principais espécies de aves associadas ao ambiente de área úmida observadas em saídas a campo no Banhado do Taim.

Nome comum	Nome científico	Família	Ordem
Irerê	<i>Dendrocygna viduata</i>	Anatidae	Anseriformes
Coscoroba	<i>Coscoroba coscoroba</i>	Anatidae	Anseriformes
Tachã	<i>Chauna torquata</i>	Anhimidae	Anseriformes
Garça-moura	<i>Ardea cocoi</i>	Ardeidae	Pelecaniformes
Garça-branca-grande	<i>Ardea alba</i>	Ardeidae	Pelecaniformes
Garça-vaqueira	<i>Bubulcus ibis</i>	Ardeidae	Pelecaniformes
Garça-branca-pequena	<i>Egretta thula</i>	Ardeidae	Pelecaniformes
Socozinho	<i>Butorides striata</i>	Ardeidae	Pelecaniformes
Quero-quero	<i>Vanellus chilensis</i>	Charadriidae	Charadriiformes
João-grande	<i>Ciconia maguari</i>	Ciconiidae	Ciconiiformes
Cabeça-seca	<i>Mycteria americana</i>	Ciconiidae	Ciconiiformes
Jaçanã	<i>Jacana jacana</i>	Jacaniidae	Charadriiformes
Biguá	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Phalacrocoracidae	Suliformes
Saracura-do-banhado	<i>Pardirallus sanguinolentus</i>	Rallidae	Gruiformes
Carqueja-de-bico-amarelo	<i>Fulica leucoptera</i>	Rallidae	Gruiformes
Frango-d'água-comum	<i>Gallinula galeata</i>	Rallidae	Gruiformes
Pernilongo-de-costas-brancas	<i>Himantopus melanurus</i>	Recurvirostridae	Charadriiformes
Colhereiro	<i>Platalea ajaja</i>	Threskiornithidae	Pelecaniformes
Maçarico-preto	<i>Plegadis chihi</i>	Threskiornithidae	Pelecaniformes

Devido à alta riqueza de espécies de aves observada, optou-se por selecionar aquelas que buscam recursos alimentares essencialmente em ambiente aquático ou solo úmido. Assim, foram priorizadas as mais sensíveis e restritivas às variações dos níveis da água, desconsiderando assim do processo de modelagem desta pesquisa as espécies de garças de maior porte, como a garça-moura (*Ardea cocoi*) e garça-branca-grande (*Ardea alba*) e as aves que utilizam a vegetação flutuante como hábitat ou refúgio, como a jaçanã (*Jacana jacana*), saracura-do-banhado (*Pardirallus sanguinolentus*) e o frango-d'água-comum (*Gallinula galeata*).

Seguindo os critérios pré-estabelecidos, foram determinadas como espécies indicadoras desta pesquisa a macrófita aquática emergente *Scirpus californicus*, as aves *Plegadis chihi* e *Mycteria americana*, além dos répteis *Caiman latirostris* e *Trachemys dorbigni*.

Os grupos de bioindicadores utilizados no presente estudo para o desenvolvimento de IAHS, planta macrófita aquática emergente da família Cyperaceae, aves das famílias Threskiornithidae e Ciconiidae e répteis das Famílias Emydidae e Alligatoridae, tem servido como base de pesquisas sobre modelagem

de nicho ecológico em distintos ecossistemas, inclusive no desenvolvimento de IAHS para áreas úmidas, devido suas características específicas e adaptações a estes ambientes.

Os especialistas que desenvolveram os índices para a região dos Everglades (EUA), utilizaram IAHS para diferentes parâmetros relacionados à reprodução, nidificação, forrageamento e predação, como porcentagem de área úmida disponível, profundidade do corpo d'água, porcentagem de área inundada durante nidificação para deter os predadores e distância de um corpo de água permanente. Gerando IAHS compostos, mais complexos e completos para cada bioindicador. O que não foi possível neste estudo, devido à falta de base de informações sobre as espécies, portanto, os IAHS foram gerados com referência em apenas uma informação.

A construção dos IAHS das espécies *S. californicus*, *P. chihi*, *M. americana* e *C. latirostris* se deu através da informação de altura de lâmina de água necessária para garantir a conservação da espécie, por intermédio de informações bibliográficas e dados de campo sobre profundidade adequada para a sua ocorrência, assegurando seus processos químicos, disponibilidade de alimento e sucesso reprodutivo.

Para a espécie *T. dorbigni* a informação utilizada no desenvolvimento do IAHS foi a área necessária a ser mantida livre de inundação em período reprodutivo, entre os meses de outubro e janeiro, garantindo maior proteção aos ninhos, assegurando que estes fiquem livres de inundações.

#### 9.1.1 *Scirpus californicus* (Juss, 1789)

O junco (Figura 9) é uma planta da família Cyperaceae, e a sua caracterização é apresentada conforme Kissmann, (1997). Possui caule simples e ereto, geralmente com 0,60 e 2,00 m de altura, que na época da floração apresentam um penacho de espiguetas pendentes na parte apical, acima da qual se situa uma bráctea aguda, parecendo ser uma continuação do caule.



Figura 9 – Exemplos de *Scirpus californicus*. Fonte: UNICAMP (2014).

O junco apresenta caule trígono com ângulos arredondados, com cerca de 1 cm de diâmetro na parte basal; superfície lisa, glabra, de coloração verde-escura. Internamente os caules são cheios de um tecido esponjoso. Os caules podem ser continuamente vergados pelo vento ou correnteza da água, sem que sejam danificados.

As folhas são reduzidas a bainhas membráceas de coloração castanha, que recobrem o caule até uns 0,20 e 0,30 m de altura. A bainha superior às vezes apresenta uma lâmina rudimentar. Na parte apical do caule ocorrem pseudo-panículas (umbelas compostas), laxas e pendentes, formadas por raios de comprimentos desiguais, os maiores com cerca de 10 cm, em geral ramificados. Numa planta bem desenvolvida podem ocorrer até 150 espiguetas curtamente pediceladas, isoladas ou em grupos de dois ou três. O junco é uma planta perene, reproduzida por semente. A partir de rizomas robustos desenvolvem-se caules adicionais, de modo que uma planta forma considerável massa vegetal.

Caracteriza-se por ser originária do continente americano, onde também se apresenta com a mais vasta distribuição, ocorrendo desde o oeste e sul dos Estados Unidos até a Patagônia; no Brasil é muito comum em áreas alagadas. O ambiente adequado para o seu desenvolvimento é o de baixadas úmidas, podendo ser temporariamente alagadas, onde como macrófita aquática emergente, são enraizadas no fundo, parcialmente submersas e parcialmente fora d'água. A floração ocorre na primavera e verão, na região Sul e Sudeste do Brasil.

### 9.1.2 *Plegadis chihi* (Vieillot, 1817)

O maçarico-preto (Figura 10), também chamado de tapicuru ou caraúna-de-cara-branca, é uma ave pernalta Pelecaniforme da família Threskiornithidae, com altura média de 53 cm, com plumagem castanho-chocolate com asas e cauda verde violáceo-púrpuras, bico e patas escuras e íris vermelha. O bico desta ave é curvado, com comprimento entre 15 cm e 18 cm, adaptado para submergir em água ou lama. Ocorre em áreas de campos inundados, campos agrícolas e áreas úmidas com baixa vegetação emergente, geralmente em bandos (DARK-SMILEY; KEINATH, 2003; RYDER; MANRY, 1994; SICK, 2000; TROST, 1989).



Figura 10 – Exemplo de *Plegadis chihi*, indivíduo adulto. Fonte: Souza (2011).

Os maçaricos-pretos alimentam-se principalmente de invertebrados aquáticos ou de solo úmido, especialmente insetos (Orthoptera, Odonata, Hemiptera, Coleoptera e Diptera), minhocas, sanguessugas, caracóis, aranhas, crustáceos e peixes (DARK-SMILEY; KEINATH, 2003). Estes recursos são obtidos em locais de águas rasas, regiões de banhados e estuários, campos alagados ou saturados e cultivos de forragens ou grãos (inclusive sobre o solo exposto/encharcado), e utilizam o tato como principal estratégia de forrageamento. As longas patas, pescoço alongado e bico curvado são usados para facilitar forrageamento em águas rasas e

solos úmidos (KUSHLAN; BILDSTEIN, 1992; DARK-SMILEY; KEINATH, 2003; PINHEIRO; SILVA, 2013).

No hemisfério Norte, distribui-se entre os Estados Unidos e o México, realizando movimentos locais em grandes bandos conforme a localização dos sítios de nidificação, alimentação, e níveis de água. Na América do Sul, ocorrem principalmente na Bolívia, Paraguai, Chile, Argentina, Uruguai e Brasil (DARK-SMILEY; KEINATH, 2003, RYDER; MANRY, 1994).

É considerada a espécie de ave aquática não migratória mais abundante e com maior biomassa na região costeira sul do Rio Grande do Sul. Repousa sobre o solo e reproduz-se na vegetação vertical de banhados durante a estação quente, geralmente entre os meses de novembro e janeiro (PINHEIRO; SILVA, 2013; SOUZA, 2011). Safran *et al.* (2000), ressaltam como importante área de forrageamento as regiões próximas à vegetação emergente, onde pode ocorrer uma maior abundância de presas, sendo fundamental a manutenção deste tipo de vegetação em áreas úmidas de água doce.

### 9.1.3 *Mycteria americana* (Linnaeus, 1758)

O cabeça-seca (Figura 11) é uma ave da Ordem Ciconiiformes, família Ciconiidae, visitante residente de estação quente, gregária, bastante abundante na região da Planície Costeira Sul do Rio Grande do Sul. Caracteriza-se pela ausência de penas na região da cabeça e pescoço, plumagem do corpo branca, bico, patas, rêmiges e retrizes com coloração negra. Podem medir cerca de 95 cm de altura, ter 1,5 m de envergadura e pesar entre 2,00 e 3,00 kg (LOPES, 2006; VAN METER, 1985; SICK, 2000).



Figura 11 – Exemplar de *Mycteria americana* registrado em saída de campo na ESEC Taim, em 20 de fevereiro de 2014.

Esta espécie alimenta-se principalmente de peixes, em profundidade restrita (0,15 e 0,50 m) e assim como *P. chihi*, apresenta como estratégia de forrageamento a “sondagem tátil”, com seletividade de presas em movimento rápido através do tato, dependendo do toque perceptivo do bico e não apenas de sua capacidade visual (DEPKIN; COULTER; BRYAN JR, 1992; VAN METER, 1985; SICK, 2000).

Podem ser encontrados em áreas úmidas tropicais e subtropicais em regiões caracterizadas por flutuações sazonais nos níveis água. A ave apresenta preferência para áreas de banhados e campos alagados, além de áreas de plantação de arroz na fase de inundação, vegetativa e colheita, podendo formar bandos de centenas de indivíduos (PINHEIRO; SILVA, 2013; VAN METER, 1985). Distribui-se desde o sudeste dos Estados Unidos até a região norte da Argentina (SICK, 1997).

#### 9.1.4 *Caiman latirostris* (Daudin, 1802)

O jacaré-do-papo-amarelo (Figura 12) pertence à família Alligatoridae e é a única espécie de Crocodylia que ocorre no estado do Rio Grande do Sul. Trata-se de uma espécie de jacaré de médio porte, que pode atingir até 3,5 m de comprimento total, porém com raros espécimes maiores que 2,0 m (ROSS, 1998). Caracteriza-se por apresentar coloração dorsal uniforme verde-oliva-escuro ou acinzentada, com faixas transversais pretas e ventre amarelado. Os filhotes e juvenis apresentam uma variação na coloração dorsal consistindo em faixas transversais escuras irregulares

que contrastam com o fundo mais claro, amarelo-esverdeado (BORGES-MARTINS, *et al.*, 2007; CARREIRA; MENEGHEL; ACHAVAL, 2005).

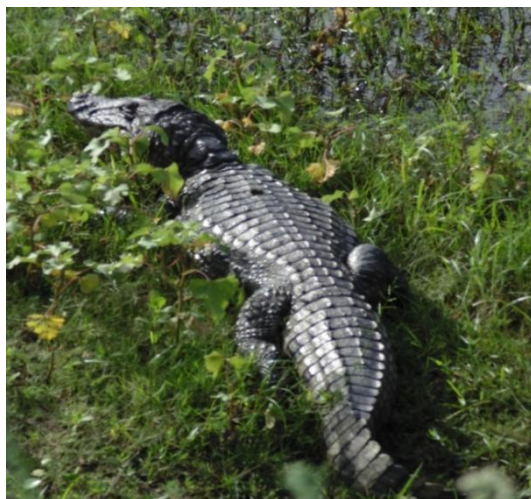


Figura 12 – Exemplar de *Caiman latirostris* registrado em saída de campo na ESEC Taim, em 17 de fevereiro de 2014.

Sua distribuição no Brasil ocorre do Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul, ao longo da costa litorânea do Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo e Santa Catarina, além de ocorrer no nordeste da Argentina, sudeste da Bolívia, Paraguai, norte do Uruguai e leste do Brasil (CARREIRA; MENEGHEL; ACHAVAL, 2005; ROSS, 1998).

O *C. latirostris* geralmente ocorre em ambientes lânticos, sendo frequentemente encontrado em lagoas marginais, pântanos de água doce e salgada, banhados, mangues e rios, além de ocupar pequenos corpos d'água temporários, como poças (BORGES-MARTINS *et al.*, 2007; MOULTON; MAGNUSSON; MELO, 1999). Espécie oportunista, alimenta-se principalmente de artrópodes, moluscos (*Ampullaria* sp.) e pequenos vertebrados (MELO, 1990).

As fêmeas constroem ninhos com matéria vegetal em decomposição, às margens dos corpos d'água ou sobre vegetação aquática flutuante (BORNSCHEIN *et al.*, 2012) entre os meses de dezembro e janeiro, onde depositam de 18 a 50 ovos. Os filhotes nascem por volta do mês de março (BORGES-MARTINS *et al.*, 2007; CARREIRA; MENEGHEL; ACHAVAL, 2005). A temperatura durante a incubação dos ovos possui papel determinante na determinação do sexo do animal,



onde ovos incubados entre 29°C e 31°C resultam em fêmeas, e ovos incubados com temperatura de cerca de 33°C resultam em indivíduos machos. Há cuidado parental das fêmeas, que cuidam dos filhotes pelo período de um a dois anos (CARREIRA; MENEGHEL; ACHAVAL, 2005).

#### 9.1.5 *Trachemys dorbigni* (Duméril e Bibron, 1835)

A tartaruga-tigre-d'água (Figura 13) é um quelônio da família Emydidae, que se caracteriza por uma carapaça alta, oval a alongada com até 0,25 m de comprimento, com coloração verde-amarelada e manchas pretas. Existe grande variação individual e ontogenética neste padrão de cores. O plastrão é amarelo com uma grande mancha preta central, que se estende pelas suturas dos escudos. A cabeça apresenta uma série de linhas longitudinais coloridas, verdes e amarelas, com duas faixas posteriores aos olhos de coloração amarelada ou alaranjada. Os membros são escuros, e também apresentam um padrão de linhas longitudinais amareladas (BORGES-MARTINS *et al.*, 2007; CABRERA, 1998; ROCHA, 2005).



Figura 13 – Exemplar de *Trachemys dorbigni* encontrada em saída de campo na ESEC Taim, às margens da rodovia BR-471, em 20 de fevereiro de 2014.

Esta espécie apresenta atividade diurna, e pode ser facilmente observada ao permanecer por longos períodos assoalhando (exposta ao sol) nas margens dos corpos d'água, por vezes nadando na superfície com a cabeça acima do nível da água, ou caminhando no campo ou na areia nos períodos de oviposição (BORGES-MARTINS *et al.*, 2007; GOMES; KRAUSE, 1982). Ocorre no nordeste da Argentina, Uruguai e sul do Brasil (LEMA; FERREIRA, 1990). É considerado animal onívoro oportunista, consumindo uma diversidade de itens vegetais e animais (HAHN, 2005).

Os ninhos podem ser localizados em substratos arenosos, argilosos e pedregosos, utilizando também regiões às margens da rodovia (BAGER, 2003). Estes locais podem ser planos ou alguns metros acima do nível de água, apresentam como característica pouca ou nenhuma cobertura vegetal, e ficam permanentemente expostas ao sol. São depositados, em média, 12 ovos por ninho, podendo uma fêmea realizar até três desovas em uma mesma estação reprodutiva. Os ovos são elípticos e a casca tem consistência pergaminosa, a incubação dura cerca de 110 dias, sendo a temperatura fator determinante para o período de incubação e determinação do sexo dos filhotes (BAGER, 2003; KRAUSE; GOMES; LEYSER, 1982; MOLINA, GOMES, 1998).

## **9.2 Mapeamento de habitat**

A identificação da distribuição das espécies indicadoras no ambiente do Banhado do Taim e delimitação da sua área de habitat ocorreram principalmente através da referência de pesquisas realizadas no local. Além de complementação dessas informações com dados obtidos nas visitas a campo (Tabela 4). As figuras 14 e 15, representam a distribuição de cada bioindicador no Banhado do Taim.

Tabela 4 – Base de informações para mapeamento da área de habitat das espécies indicadoras do Banhado do Taim

Espécie	Embasamento
<b><i>Scirpus californicus</i></b>	Informações contidas na pesquisa realizada por Guasseli (2005), que buscou retratar a dinâmica da vegetação no Banhado do Taim, resultando na representação de áreas de ocorrência das principais classes de macrófitas e complementação com dados de campo.
<b><i>Plegadis chihi</i></b>	Dados da pesquisa de campo, onde foi possível identificar uma grande relação da espécie com os corpos d'água permanentes, como o canal que se localiza paralelo à BR-471 e margens das Lagoas Nicola e Jacaré.
<b><i>Mycteria americana</i></b>	Dados da pesquisa de campo, sendo que a área de maior concentração da ave ocorreu próxima à Lagoa Jacaré e canal paralelo à BR-471.
<b><i>Caiman latirostris</i></b>	Informações contidas na pesquisa realizada por Melo (1990), que considerou como área de ocorrência da espécie os canais Jacaré, e paralelo à BR-471, Lagoa do Jacaré e a região de banhado. Melo (1990) pressupôs que a distribuição dos jacarés na ESEC Taim assemelha-se à descrita para aligatores por Taylor (1984) <sup>1</sup> , onde machos adultos habitam canais - regiões de águas mais profundas - e as fêmeas, regiões de banhado, com águas mais rasas, vegetação densa e área de vida menor. Houve também a complementação com dados de campo.
<b><i>Trachemys dorbigni</i></b>	Informações contidas na pesquisa realizada por Gomes e Krause (1982), que indica que os quelônios são encontrados em todos os corpos de água presentes na região, desde pequenos corpos d'água que se formam em terrenos mais baixos, nos canais que circundam o banhado ou de interligação de lagoas, até nas grandes massas de água. Em campo, ninhos com ovos já eclodidos foram avistados às margens da BR-471, próximos ao canal paralelo a estrada.

<sup>1</sup> TAYLOR, D. Management implications of an adult female alligator telemetry study. In.: Annual Conference of the Southeastern Association of Fish Wildlife Agencies. 1984. **Proceedings of Conference**. v. 38, p. 221-227. 1984.

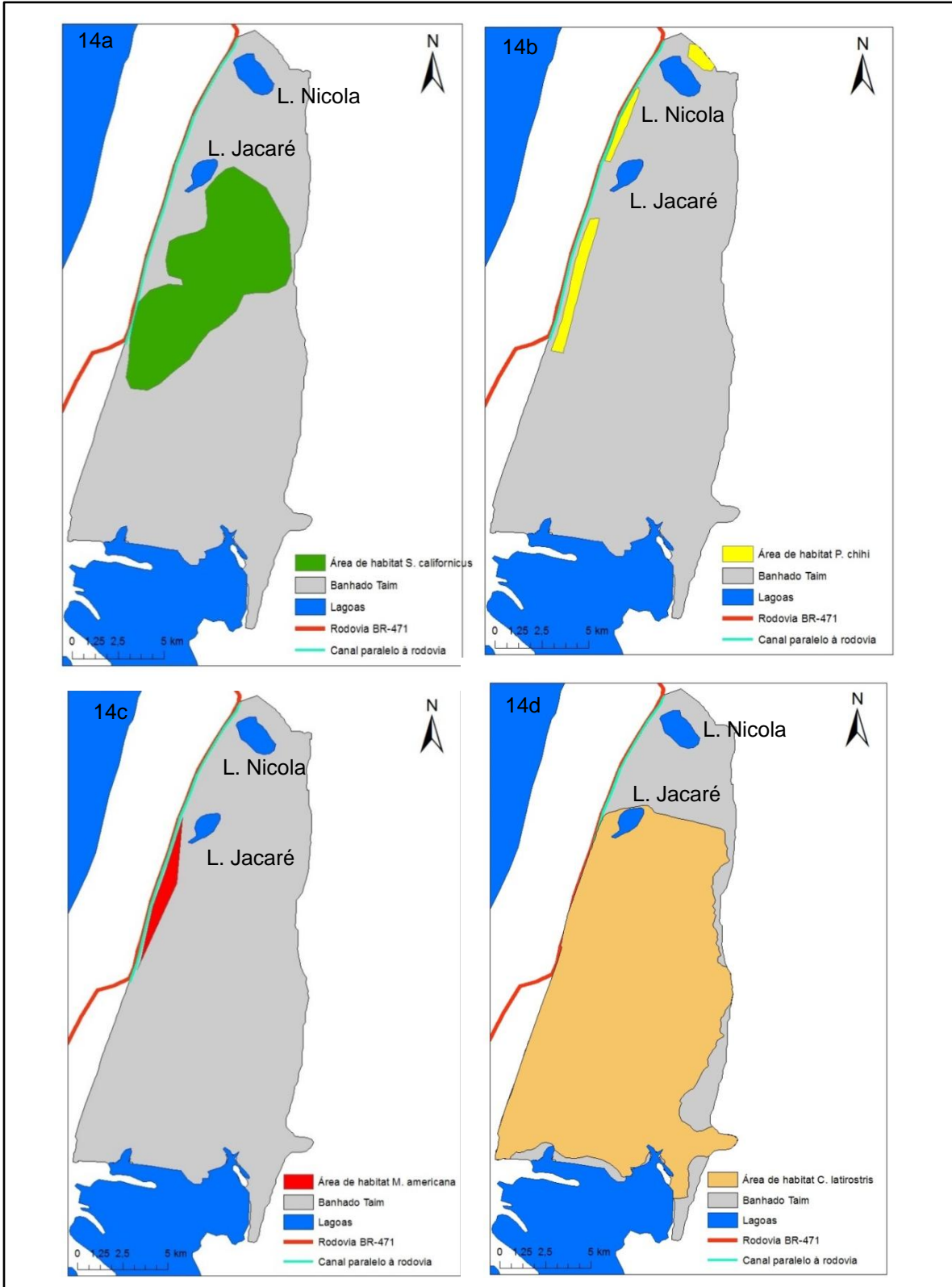


Figura 14 – Mapeamento dos habitats. Figura 14a - *Scirpus californicus*. Figura 14b - *Plegadis chihi*. Figura 14c - *Mycteria americana*. Figura 14d - *Caiman latirostris*.

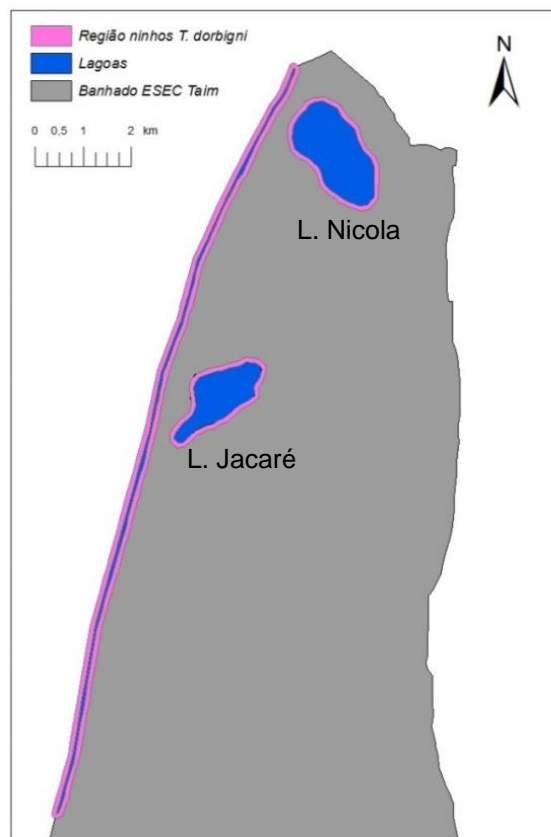


Figura 15 – Mapa de possíveis áreas de ocorrência de ninhos de *Trachemys dorbigni* na região do Banhado do Taim.

### 9.3 Elaboração dos IAHS

Por meio de levantamento bibliográfico foram obtidas informações ecohidrológicas sobre a altura de lâmina de água necessária para as espécies *S. californicus*, *P. chihi*, *M. americana* e *C. latirostris*. Além da informação sobre a área a ser mantida livre de inundação em período reprodutivo para *T. dorbigni* (Tabela 5). Posteriormente é apresentado o IAH desenvolvido para cada bioindicador.

Tabela 5 – Informações ecohidrológicas utilizadas no processo de elaboração dos IAHS.

Indicador	Altura de lâmina de água
<i>Scirpus californicus</i>	<p>Motta-Marques, Irgang e Giovannini (1997) – para espécies de plantas emergentes herbáceas do Banhado do Taim, a lâmina de água ideal estaria entre 0,10 a 1,50 m.</p> <p>Florida Fish and Wildlife Conservation Commission (2002) - determina como altura média de lâmina de água ideal medidas entre 0,60 e 0,91 m.</p> <p>Hydra Aquatic Inc. (2006) - locais ideais seriam aqueles de solo úmido e com altura de lâmina de água até 0,91 m.</p>
<i>Plegadis chihi</i>	<p>Kushlan e Bildstein (1992) - esta espécie alimenta-se em águas muito rasas, geralmente entre 0,05 e 0,25 m de profundidade.</p> <p>Dados de campo (abril de 2014) - foi possível verificar a altura de lâmina de água em dois locais distintos utilizados por <i>P. chihi</i> em atividade de forrageamento nas imediações da lagoa Mangueira, onde houve variação entre 0,08 e 0,11 m (informação obtida por meio de aferição através de uma caneta esferográfica, registro fotográfico e posterior medição através de uma régua).</p>
<i>Mycteria americana</i>	<p>Coulter e Bryan (1993) - profundidade de forrageamento de <i>M. americana</i> variou entre 0,04 e 0,63 m, porém as aves foram avistadas com maior frequência em locais com faixa de 0,25 m de profundidade.</p> <p>Depkin, Coulter e Bryan (1992) - preferência por locais com profundidades entre 0,15 e 0,50 m, para a alimentação.</p>
<i>Caiman latirostris</i>	<p>Melo (1990) - capturou indivíduos de jacaré-do-papo-amarelo no BT, e relacionou o comprimento total dos indivíduos com a profundidade do corpo d'água habitado pelos espécimes. A maioria dessas capturas ocorreram nas profundidades entre 0,20 m e 1,20 m.</p> <p>Verdade, Lavorenti e Packer (1993) - manejo reprodutivo de jacarés-de-papo-amarelo em cativeiro, onde a profundidade de água dos tanques é mantida com pelo menos 1,00 m.</p>
<b>Indicador</b>	<b>Área a ser mantida livre de inundação em período reprodutivo</b>
<i>Trachemys dorbigni</i>	<p>Bager (2003) - investigou a biologia e ecologia reprodutiva de <i>T. dorbigni</i> na região do Banhado do Taim, constatando que o período de desova da espécie tem início em outubro e estende-se até o mês de janeiro. No entanto, em períodos de pluviosidade elevada no início da primavera pode interferir neste processo e adiar o período de postura dos ninhos.</p> <p>Bager e Rosado (2010) - definiram uma distância de habitat terrestre a ser preservada em torno dos corpos d'água para garantir a proteção e integridade dos ninhos de quelônios na ESEC Taim. Para <i>T. dorbigni</i> a manutenção de 94 m de distância garantiria a proteção contra inundações de pelo menos 90% dos ninhos.</p>

### 9.3.1 Índice de Adequabilidade de Habitat para *Scirpus californicus*

Em um primeiro momento, para o desenvolvimento do IAH da espécie *S. californicus* foram utilizadas as informações de nível mínimo de lâmina de água correspondente a 0,10 m, em referência aos dados levantados por Motta-Marques, Irgang e Giovannini (1997), devido à pesquisa ter sido realizada exatamente no Banhado do Taim. Já a informação de nível máximo de água ideal para a espécie, utilizou-se o estipulado pela “Florida Fish and Wildlife Conservation Commission” (2002) e “Hydra Aquatic Inc.” (2006), que consideram uma altura de lâmina de água máxima próxima a 0,90 m. Resultando no IAH apresentado a seguir (Figura 16).

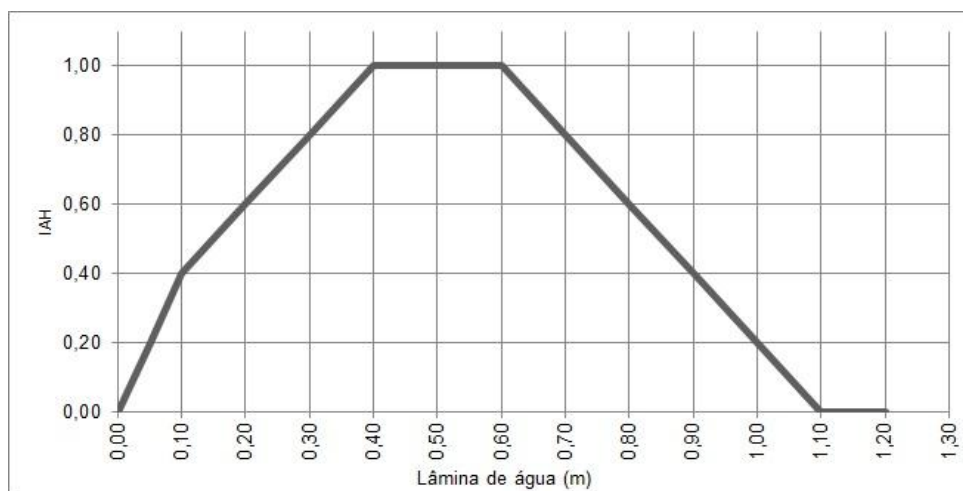


Figura 16 – Primeira tentativa de desenvolvimento do Índice de Adequabilidade de Habitat para a espécie *Scirpus californicus* para o Banhado do Taim.

O índice busca retratar os níveis de tolerância da planta frente à sazonalidade dos níveis de água do Banhado do Taim, considerando locais secos, com lâmina de água menores do que 0,00 m como não toleráveis. Uma altura de lâmina de água de 0,05 m, o que caracterizaria um solo úmido, presumiu-se como situação suportável pela planta.

A informação de uma altura de lâmina de água ideal, ou ótima para a espécie não foi encontrada em revisão da literatura, portanto se pressupôs que ambientes alagadiços, com alturas de lâmina de água entre 0,40 m e 0,60 m fossem

considerados como onde haveria uma adequabilidade total para a espécie. Semelhante ao proposto por Tassi (2008) para a espécie *Z. bonariensis*, macrófita aquática mais abundante do interior do banhado e que se distribui em manchas próximas à área de habitat de *S. californicus*. Sendo que para essa espécie, a adequabilidade foi tida como máxima para lâminas de água correspondentes a 0,50 m.

A adequabilidade do ambiente começaria a ficar desfavorável novamente quanto mais próximo aos 0,90 m, considerado como o limite máximo de lâmina de água tolerado pela espécie. Este limiar poderia comprometer processos químicos e biológicos da planta. Como este valor é aproximado, estipulou-se um valor maior para adequabilidade zero, estendendo este valor para 1,10m.

### 9.3.2 Índice de Adequabilidade de Habitat para *Plegadis chihi*

Com base nas observações de campo, utilizou-se as informações de Kushlan e Bildstein (1992) no desenvolvimento do IAH para a espécie *P. chihi*. O IAH resultante para esta espécie é apresentado na figura 17.

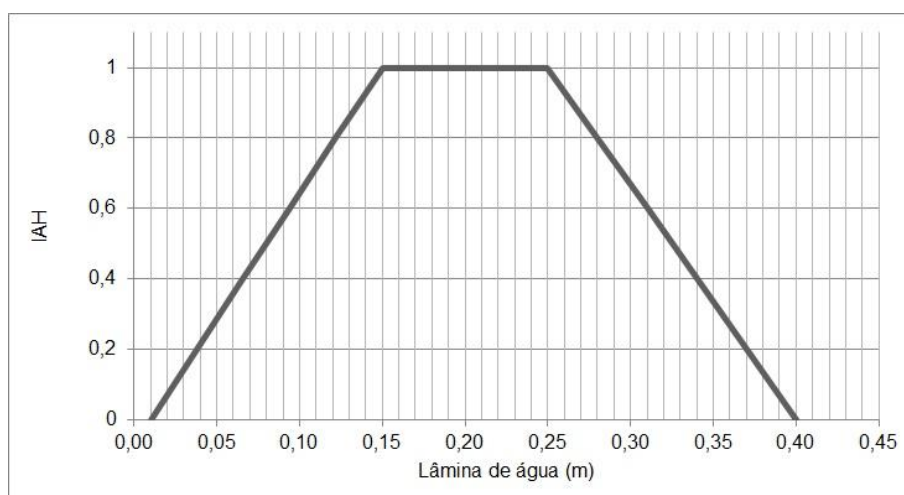


Figura 17 – Índice de adequabilidade de habitat desenvolvido para a espécie *Plegadis chihi* para o Banhado do Taim.



O índice demonstra que a ave possui um limite de tolerância de nível de lâmina de água muito específico (até 0,37 m), estando o seu ótimo concentrado entre 0,15 m e 0,25 m, o que está estritamente relacionado com seu hábito de forrageamento. Como esta espécie utiliza a “sondagem tátil” para localizar suas presas - que se refere ao uso do bico abaixo da superfície do solo ou da lâmina de água, lâminas de água maiores do que 0,25 m podem prejudicar a captura de presas devido ao comprimento do bico da ave, além de dificultar a sua locomoção.

Apesar de *P. chihi* consumir uma grande variedade de presas, caso os indivíduos não encontrem locais adequados para forrageamento, com alimento em abundância, eles deslocam-se para locais onde haja maior disponibilidade de alimento (DARK-SMILEY; KEINATH, 2003). Seria muito importante garantir a abundância de alimento em seu período reprodutivo, que geralmente ocorre entre os meses de novembro e janeiro, pois o Banhado do Taim consiste em um importante sítio reprodutivo para esta espécie, tendo sido identificados cerca de 12.000 pares reprodutivos na ESEC Taim em novembro de 1980 (SICK, 1993).

### 9.3.3 Índice de Adequabilidade de Habitat para *Mycteria americana*

Durante a primeira visita a campo, realizada em fevereiro de 2014 (nível nas réguas entre 0,30 e 0,40 m), foram observados 22 indivíduos no BT, corroborando com a faixa de valores apresentada na literatura internacional, utilizada na elaboração do IAH desta espécie (Figura 18).

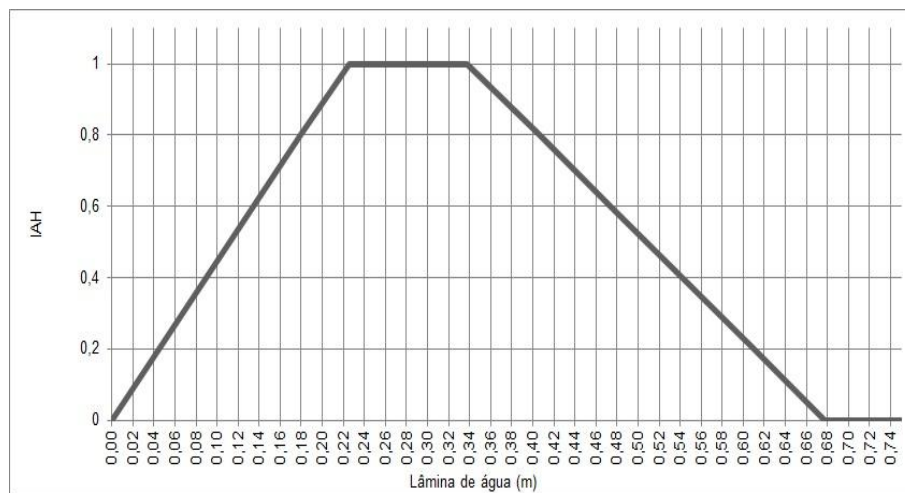


Figura 18 – Índice de adequabilidade de habitat desenvolvido para a espécie *Mycteria americana* para o Banhado do Taim.

O índice busca expressar principalmente o hábito de forrageamento da espécie, que se utiliza de presas que ocorrem em profundidade específica entre 0,15 e 0,50 m e também devido a sua estratégia de “sondagem tátil” realizada com o bico. Esta estratégia de forrageamento requer disponibilidade de alimento em abundância, o que em níveis de lâmina de água menores do que 0,10 m acarretaria em uma redução no número de presas, principalmente espécies de peixes. Lâminas de água maiores do que 0,60 m prejudicariam o processo de alimentação dos indivíduos em decorrência da impossibilidade de captura de presas devido ao comprimento do bico da ave.

Além da alimentação, as populações de *M. americana* apresentam ciclos reprodutivos sincronizados às flutuações periódicas no nível das águas (GAWLIK *et al.*, 2010; LO GALBO *et al.*, 2012). Intensas modificações no hidroperíodo na região dos Everglades, EUA, acarretaram na redução populacional desta espécie (VAN METER, 1985), tornando-a ameaçada de extinção naquele país (U.S. FISH AND WILDLIFE SERVICE, 2014).

A ave realiza movimentos migratórios entre áreas reprodutivas e áreas de alimentação, e apesar de poucos estudos sobre estes deslocamentos, a principal orientação seriam as condições ambientais e disponibilidade de alimento (COULTER *et al.*, 1999).

#### 9.3.4 Índice de Adequabilidade de Habitat para *Caiman latirostris*

A união das informações ecohidrológicas resultou no IAH da espécie *C. latirostris*, apresentado a seguir (Figura 19).

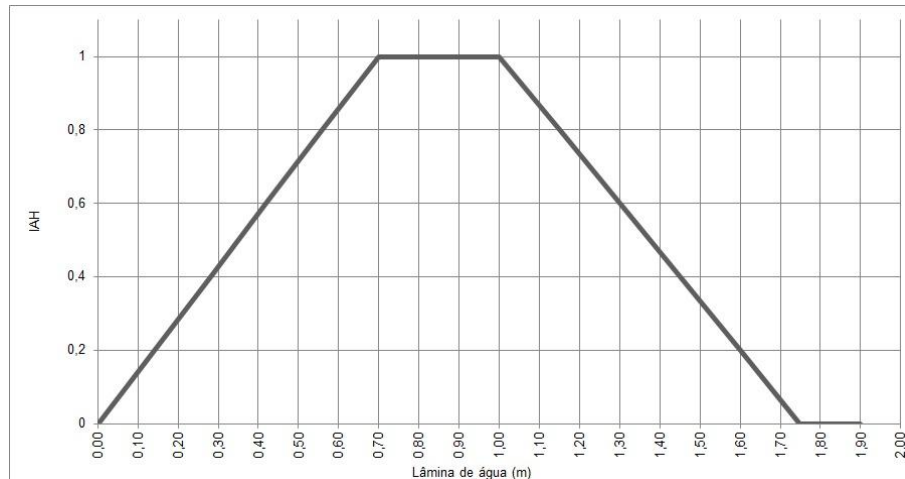


Figura 19 – Índice de Adequabilidade de Habitat desenvolvido para a espécie *Caiman latirostris*, para o Banhado do Taim.

O índice retrata a altura de lâmina de água que garantiria a sobrevivência da espécie, principalmente para indivíduos adultos, que necessitam de uma maior profundidade para se deslocar através do nado, uma vez que seu deslocamento em terra é limitado, não ultrapassando 200 m de distância de um corpo d'água (CARREIRA; MENEGHEL; ACHAVAL, 2005). Ainda conforme Fett (2005), a manutenção de níveis de água maiores do que pelo menos 0,60 m facilitaria o processo de cópula e garantia de diversidade de recursos alimentares para *C. latirostris*.

Estes princípios corroboram com as informações utilizadas na construção do IAH, onde foi proposto que uma adequabilidade máxima para o jacaré-do-papo amarelo seria mantida com altura de lâmina de água entre 0,70 m e 1,00 m. Valores abaixo destas condições prejudicariam o deslocamento de indivíduos adultos em ambiente aquático e o processo de cópula. Valores acima de 1,00 m prejudicariam o processo de cópula, e dependendo do corpo d'água, poderia ocasionar alagamento das margens, reduzindo o espaço disponível para descanso, termorregulação e construção de ninhos.

### 9.3.5 Índice de Adequabilidade de Habitat para *Trachemys dorbigni*

Para o desenvolvimento do IAH desta espécie, foram utilizadas as informações da pesquisa de Bager e Rosado (2010), realizada na ESEC Taim (Figura 20).

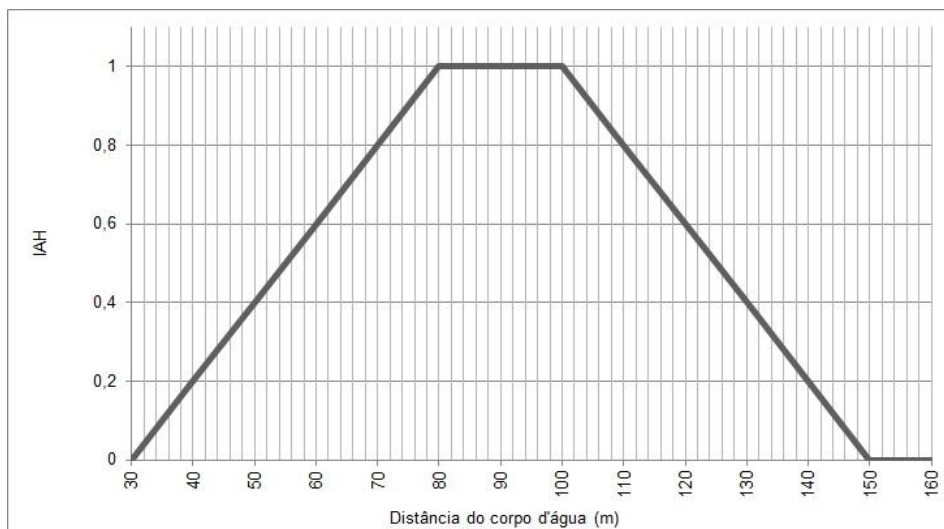


Figura 20 – Índice de Adequabilidade de Habitat desenvolvido para a espécie *Trachemys dorbigni* para o Banhado do Taim.

A partir da informação sobre a distância ideal a ser mantida livre de inundação em período reprodutivo, se buscou criar um intervalo de tolerância que compreendesse a informação de 94 m. Portanto, a adequabilidade máxima, que garantiria a conservação do maior número possível de ninhos, estaria entre a faixa de 80 m a 100 m do corpo d'água.

A seleção de uma área de desova envolve diversos fatores, entre eles estão a garantia de sucesso reprodutivo ao escolher áreas onde impactos ambientais, predação e ação antrópica sejam reduzidos (BAGER, 2003). Uma distância maior dos ninhos em relação ao corpo d'água diminui os riscos de inundação. No índice, considerou-se como áreas mais favoráveis à inundação, os ninhos localizados a distâncias menores que 60 m.

No entanto, ninhos localizados a longas distâncias também podem ser considerados fator de risco aos filhotes, por terem que percorrer uma maior distância

até o corpo d'água mais próximo, ficando expostos a predadores e fatores climáticos (BAGER, 2003). Assim, no IAH, esta distância máxima começa a ser desfavorável após os 100 m.

#### 9.4 Validação dos IAHs

No processo de validação, são apresentadas as imagens geradas pelo modelo para avaliação da qualidade ambiental para o Banhado do Taim, que visam reproduzir os limites de tolerância estabelecidos nos IAHs das espécies indicadoras. A escala de cores busca demonstrar a adequabilidade do Banhado do Taim, frente a diferentes situações, como apresentado na tabela 6.

Tabela 6 – Período selecionado para cada indicador para efetuar a avaliação da qualidade ambiental.

Indicador	Período de cheia	Período de seca	Período com níveis de água compreendidos na média da série de dados	Média da adequabilidade do BT
<i>S. californicus</i>	janeiro de 1985 (Figura 28a)	janeiro de 1989 (Figura 28b)	janeiro de 2001 (Figura 21a e Figura 28c)	Média correspondente a toda a série de dados (Figura 21b e Figura 28d)
<i>P. chihi</i>	dezembro 1983 (Figura 22a)	dezembro de 1992 (Figura 22b)	janeiro de 2001 (Figura 22c)	Média correspondente a toda a série de dados (Figura 22d)
<i>M. americana</i>	fevereiro de 1983 (Figura 23a)	fevereiro de 1992 (Figura 23b)	fevereiro de 2000 (Figura 23c)	Média correspondente aos meses de setembro a março da série de dados (Figura 23d)
<i>C. latirostris</i>	janeiro de 1985 (Figura 24a)	janeiro de 1989 (Figura 24b)	janeiro de 1960 (Figura 24c)	Média correspondente a toda a série de dados (Figura 24d)
<i>T. dorbigni</i>	dezembro de 1977 (Figura 25a)	janeiro de 1991 (Figura 25b)	dezembro de 1999 (Figura 25c)	Média correspondente aos meses de setembro a março da série de dados (Figura 25d)

#### 9.4.1 Validação do IAH para *Scirpus californicus*

Ao analisar um período com níveis de água compreendidos na média da série de dados (Figura 21a), é possível constatar que no interior da área delimitada como área de habitat, não há uma adequabilidade esperada em relação à altura de lâmina de água, com valores de IAH entre 0,18 e 0,50 (coloração laranja e amarelo). Apresentando adequabilidade ideal apenas no centro da mancha, com valores entre 0,75 e 1,00 (coloração verde-escuro e azul). A adequabilidade média (Figura 21b) também não se mostrou satisfatória, apresentando adequabilidade entre 0,19 e 0,39 (coloração laranja). Frente a essas análises, optou-se por efetuar uma reestruturação do IAH para a espécie *S. californicus*.

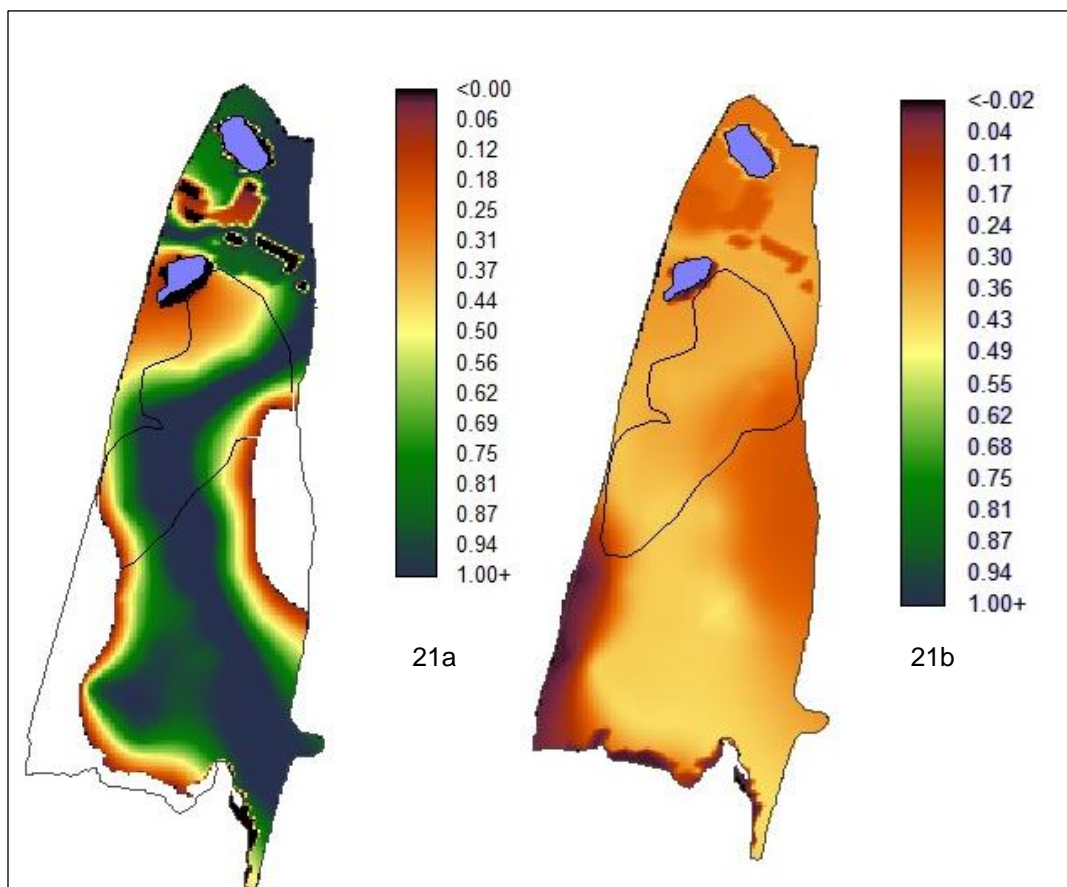


Figura 21 – Imagens geradas através do processo de modelagem de qualidade ambiental para *S. californicus*. Figura 21a - Período com níveis de água compreendidos na média da série de dados. Figura 21b - Média da adequabilidade do BT.

#### 9.4.2 Validação do IAH para *Plegadis chihi*

O período com níveis de água compreendidos na média da série de dados (Figura 22c) ilustra uma ótima relação do índice de adequabilidade para a mancha de distribuição da espécie localizada na porção norte do BT, com valores entre 0,8 e 1 (coloração verde e azul), sendo predominantemente azul. Na mancha de habitat da espécie localizada entre as lagoas Nicola e Jacaré, houve uma boa relação do IAH, com valores entre 0,5 e 1 (amarelo, verde-escuro e azul). Já para a mancha localizada ao sul da lagoa Jacaré e próxima ao canal paralelo à rodovia BR-471, contatou-se como área não favorável (adequabilidade 0).

No entanto, em condições de estiagem (Figura 22b), essa foi a região de habitat que demonstrou uma maior adequabilidade para a espécie, mostrando que em função da condição hidrológica pode haver uma alternância de áreas de habitat, relacionado principalmente com a disponibilidade de recursos.

Em situação de cheia do BT (Figura 22a), nenhuma das manchas de área de habitat demonstrou-se favorável para a ocorrência da espécie (adequabilidade 0), pelo fato de a ave exigir uma altura de lâmina de água muito restrita. A imagem de representação da média de longo período de lâmina de água (Figura 22d) também não se mostrou satisfatório para a espécie, com adequabilidades entre 0,3 e 0,03 (coloração alaranjada).

Ainda, para a representação espacial da adequabilidade para esta espécie, deve-se destacar que existem grandes incertezas associadas à topografia de fundo do Banhado do Taim na região do canal paralelo à BR-471, justamente onde foi constatada a maior parte dos indivíduos de *P. chihi*. Isso pode ter dificultado a representação para esta espécie, mas espera-se que no futuro um levantamento topográfico mais detalhado possa auxiliar no processo de revisão do índice desta espécie.

Ao analisar a adequabilidade do BT, desconsiderando-se apenas a região delimitada como área de habitat de *P. chihi*, é possível constatar que há regiões muito favoráveis para a ocorrência da espécie. Como se trata de regiões localizadas no interior do banhado, de difícil acesso, não foi possível realizar a verificação dos indivíduos *in loco*.

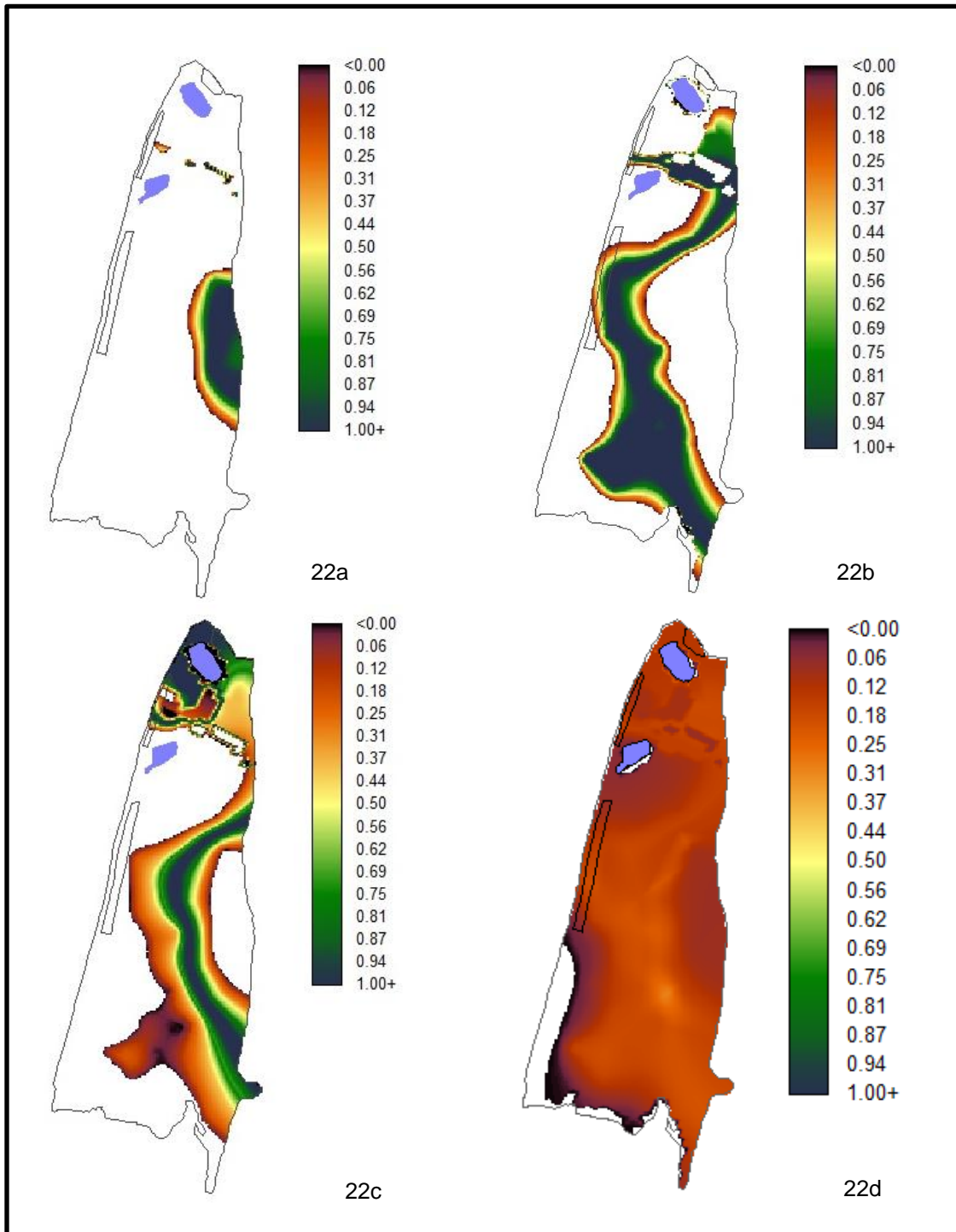


Figura 22 – Imagens geradas através do processo de modelagem de qualidade ambiental para *P. chihii*. Figura 22a – Período de cheia. Figura 22b – Período de seca. Figura 22c - Período com níveis de água compreendidos na média da série de dados. Figura 22d - Média da adequabilidade do BT.



#### 9.4.3 Validação do IAH para *Mycteria americana*

Ao analisar um período com níveis de água compreendidos na média da série de dados nos níveis de água do BT (Figura 23c), é possível visualizar uma boa relação do índice com a distribuição da espécie, apresentando adequabilidade entre 0,5 e 1, especialmente no local próximo a Lagoa Jacaré (coloração azul). Na imagem de estiagem (Figura 23b), a região próxima à Lagoa Jacaré é a que permanece mais favorável para as atividades de forrageamento da espécie, com adequabilidade entre 0,2 e 0,6 (laranja, amarelo e verde-claro).

Em período de cheia (Figura 23a), não se verifica nenhum local favorável à ocorrência da espécie (adequabilidade 0) na mancha de distribuição dos indivíduos observados, pelo fato de a ave exigir uma altura de lâmina de água muito restrita, ocupando locais com cerca de 0,25 m.

A imagem de representação da adequabilidade média do BT (Figura 23d), não se mostrou muito satisfatório para *M. americana*, apresentando adequabilidade entre 0,12 e 0,24 (coloração alaranjada). Destaca-se que deve ser levado em consideração a imprecisão da representação da topografia de fundo do BT da região próxima ao canal paralelo à BR-471, como já discutido para *P. chihi*.

Ao analisar a adequabilidade do BT, desconsiderando-se apenas a região delimitada como área de habitat de *M. americana* é possível constatar que há diversas regiões favoráveis para a ocorrência da espécie. Muitas dessas localizam-se no interior do banhado, o que dificulta o acesso e também a visualização dos espécimes, devido à densa vegetação aquática emergente.

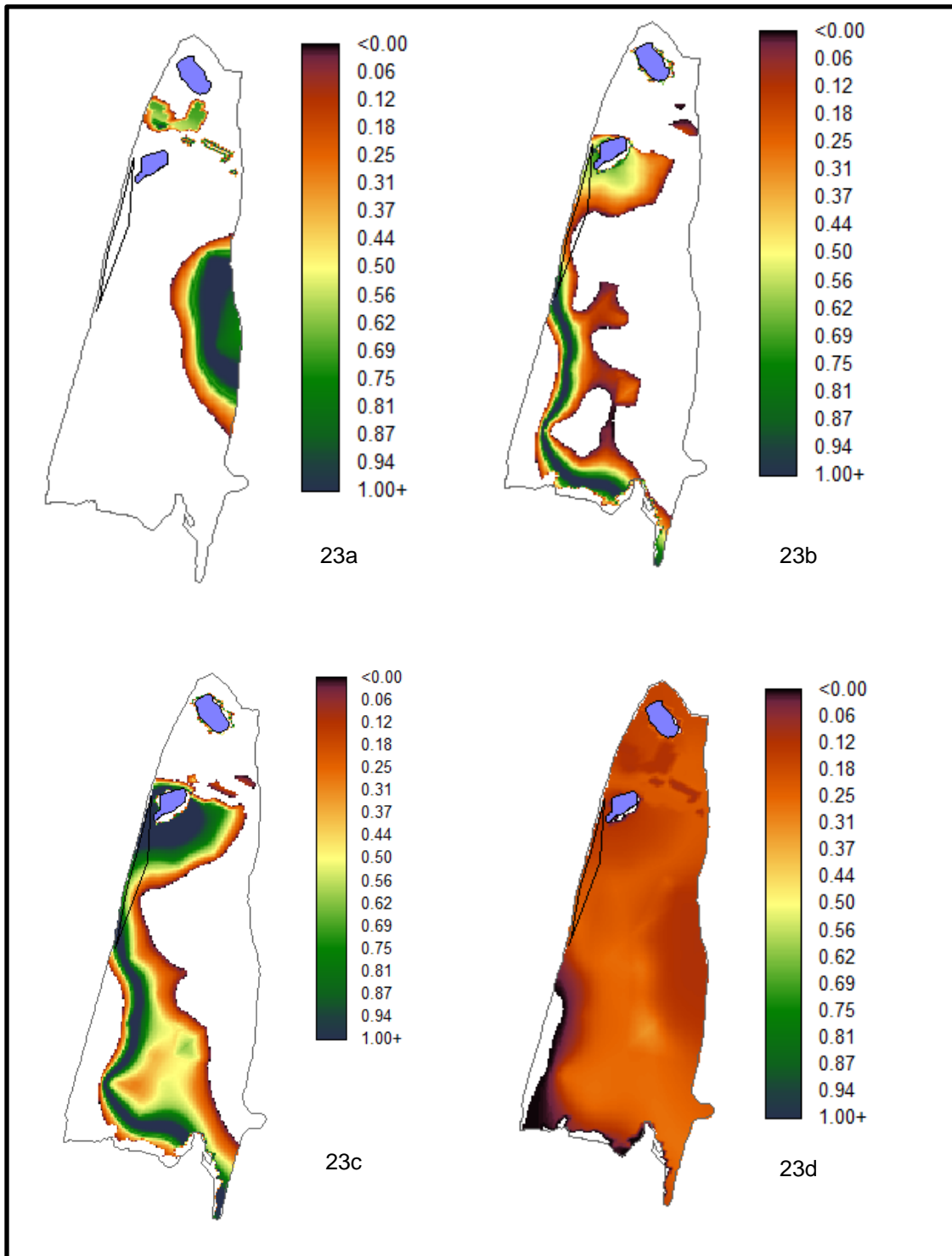


Figura 23 – Imagens geradas através do processo de modelagem de qualidade ambiental para *M. americana*. Figura 23a – Período de cheia. Figura 23b – Período de seca. Figura 23c - Período com níveis de água compreendidos na média da série de dados. Figura 23d - Média da adequabilidade do BT.

#### 9.4.4 Validação do IAH para *Caiman latirostris*

Ao analisar um período com níveis de água compreendidos na média da série de dados (Figura 24c), é possível reconhecer na área de distribuição da espécie que o ambiente em sua maioria é favorável, com adequabilidade igual a 1 (cor azul), quanto à altura de lâmina de água estabelecida em seu IAH. O que não se observa em situações extremas como os períodos de cheia (Figura 24a), com adequabilidades entre 0,44 e 0,06 (tons de laranja e coloração bordô) e seca (Figura 24b), com pequena região da área de habitat com adequabilidade igual a 1. O que auxilia a corroborar com os relatos de que longos períodos de seca ou cheia sejam prejudiciais para a espécie no BT, em razão da redução da disponibilidade de habitat favorável.

Para o período de seca, destacam-se locais favoráveis para o jacaré-de-papo-amarelo às margens das lagoas Nicola e Jacaré, o que foi observado em campo por Melo (1990), e porção sudoeste do banhado, região topograficamente mais baixa. A imagem de representação da média de lâmina de água (Figura 24d) mostrou se mediano, variando entre 0,45 e 0,60 (tons de laranja mais claro e verde-claro) demonstrando adequabilidade satisfatória em algumas regiões.

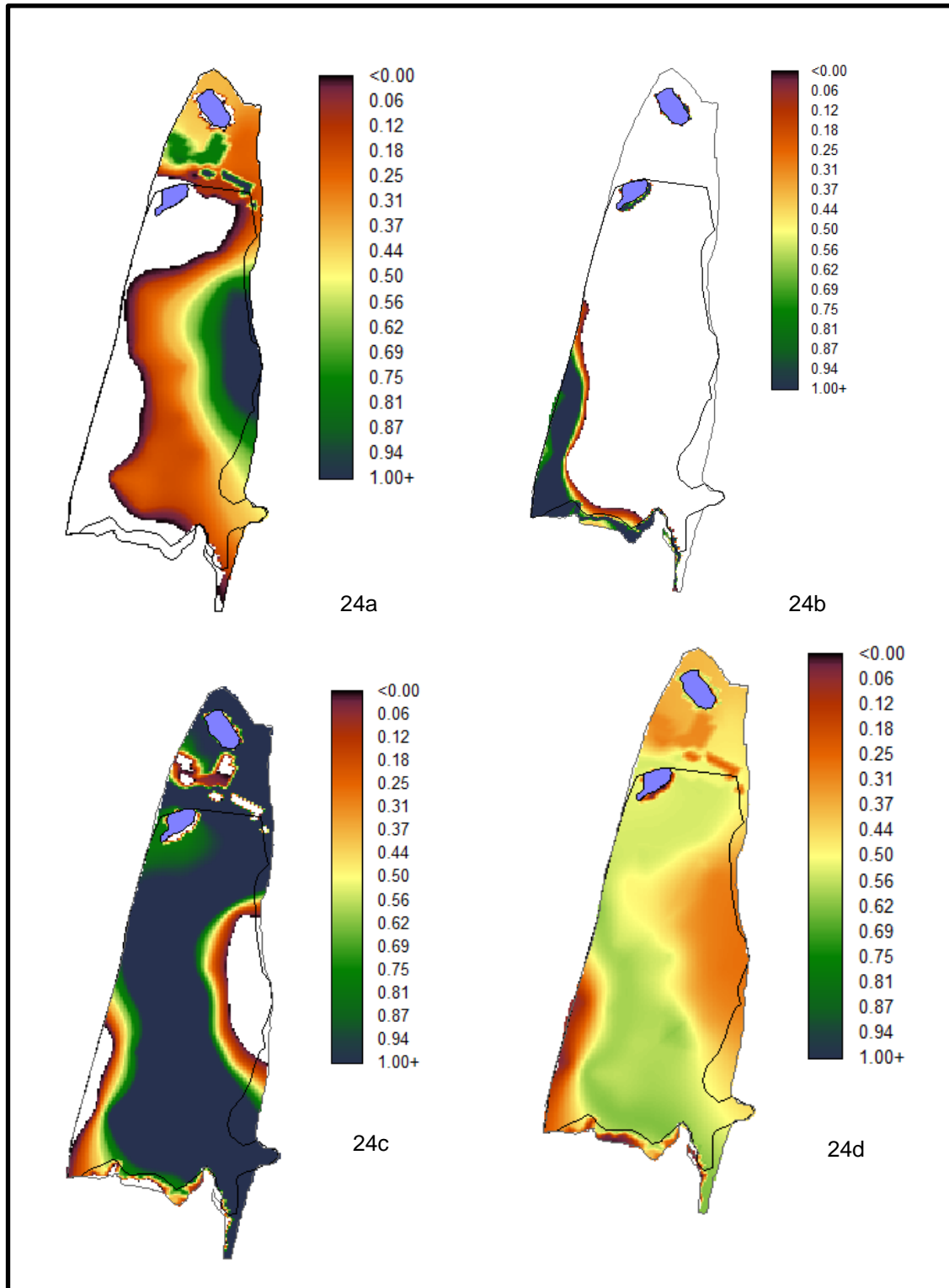


Figura 24 – Imagens geradas através do processo de modelagem de qualidade ambiental para *C. latirostris*. Figura 24a – Período de cheia. Figura 24b – Período de seca. Figura 24c - Período com níveis de água compreendidos na média da série de dados. Figura 24d - Média da adequabilidade do BT.

#### 9.4.5 Validação do IAH para *Trachemys dorbignii*

Devido ao fato do modelo de adequabilidade ambiental estar preparado para trabalhar com imagens de resolução espacial de pixels correspondentes a 101 x 101 m, não foi possível efetuar a reprodução da informação de 94 m de habitat terrestre a ser preservada em torno dos corpos d'água para garantir a proteção e integridade dos ninhos de quelônios na ESEC Taim.

A imagem correspondente a um período de cheia (Figura 25a), as regiões localizadas no entorno das lagoas Jacaré e Nicola e parte interna do canal caracterizam-se por serem desfavoráveis à construção de ninhos. Já a parte externa do canal (local entre o canal e a rodovia), que se caracteriza por ser uma área mais elevada, garantiria a segurança dos ninhos contra processos de inundação, mesmo em épocas de cheias no banhado.

Em períodos de seca (Figura 25b), algumas regiões localizadas no entorno das lagoas estariam aptas à manutenção de ninhos, bem como quase a totalidade do entorno do canal, tanto em sua parte interna e externa. Como eventos de escassez são sazonais, estas regiões não seriam as ideais para os ninhos, pois estas condições devem manter-se por pelo menos 3 meses, período de incubação e eclosão dos ovos. Os períodos de seca caracterizam-se pela falta de alimentos, o que poderia acarretar em um aumento na predação dos ninhos localizados nestas regiões.

Sob condições com níveis de água compreendidos na média da série de dados (Figura 25c), as regiões mais aptas para a construção dos ninhos são os locais da parte externa do canal (local entre o canal e a rodovia), e porção interna localizada mais ao norte do canal. Nesta região é mais provável a garantia de condições de proteção dos ninhos contra inundações no período de incubação dos ovos durante o período entre outubro e março.

A imagem que retrata uma situação média das condições observadas (Figura 25d) demonstra que o local mais adequado para garantir a segurança dos ninhos de quelônios na região do Banhado do Taim contra inundações em período de incubação dos ovos, seria no entorno do canal paralelo à rodovia BR-471. Possivelmente esse resultado seja consequência do próprio gradiente topográfico criado devido ao talude lateral, resultado da construção da estrada.

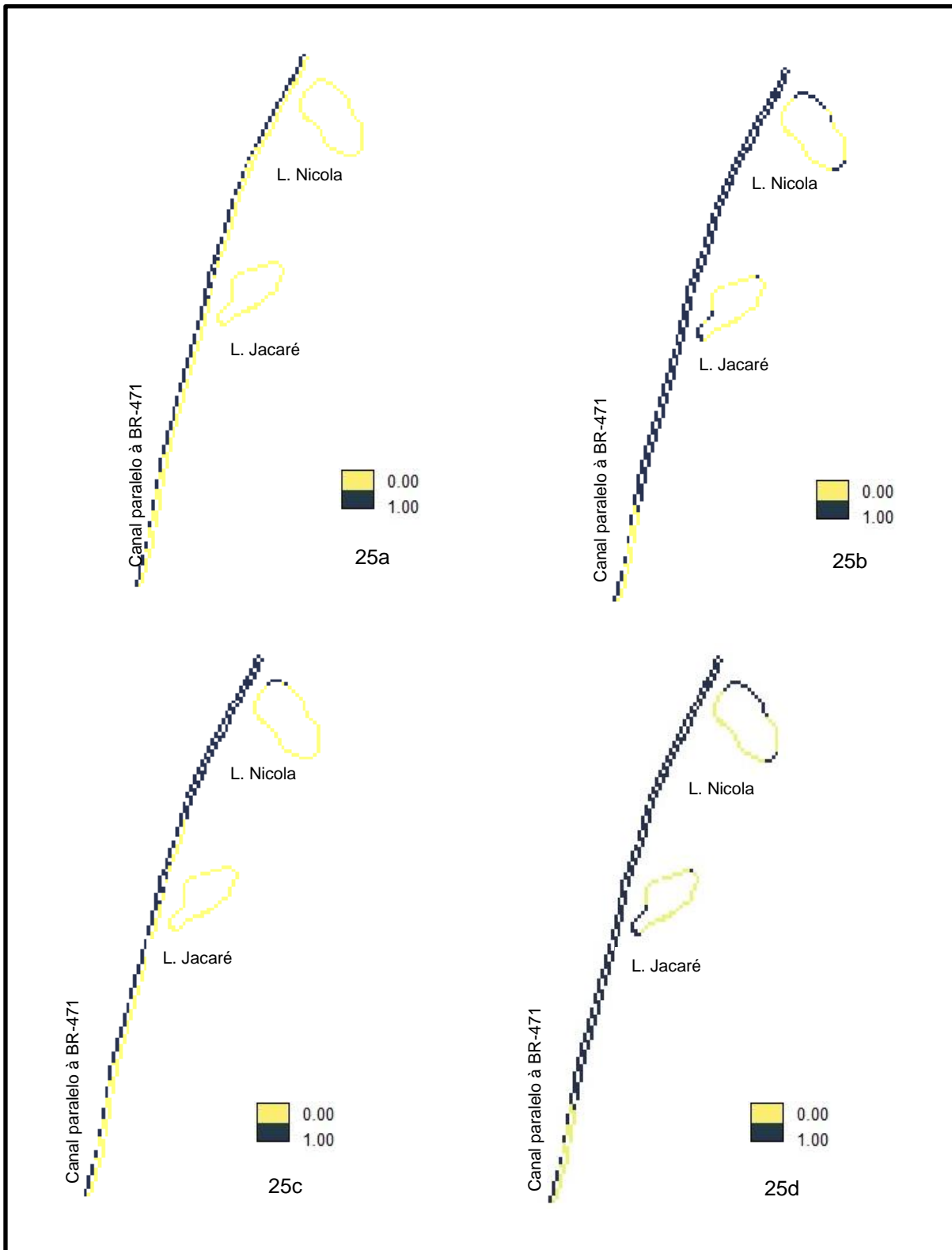


Figura 25 – Imagens geradas através do processo de modelagem de qualidade ambiental para *P. chihi*. Figura 25a – Período de cheia. Figura 25b – Período de seca. Figura 25c - Período com níveis de água compreendidos na média da série de dados. Figura 25d - Média da adequabilidade do BT.

Considerando o período reprodutivo que se estende de outubro a fevereiro, e a série histórica com 44 anos de dados, foi elaborado o gráfico (Figura 26) que demonstra o percentual de área no entorno dos corpos hídricos de interesse (canal paralelo à BR-471, lagoas Nicola e Jacaré) para a nidificação da *T. dorbigni* na região do Banhado do Taim. Conforme verifica-se nesta figura, o canal paralelo à rodovia BR-471 é a região que conservaria uma maior quantidade de ninhos em qualquer condição hidrológica. Durante os períodos de cheias as lagoas não apresentam condições de comportar os ninhos desta espécie, e durante as secas criam-se condições propícias no entorno.

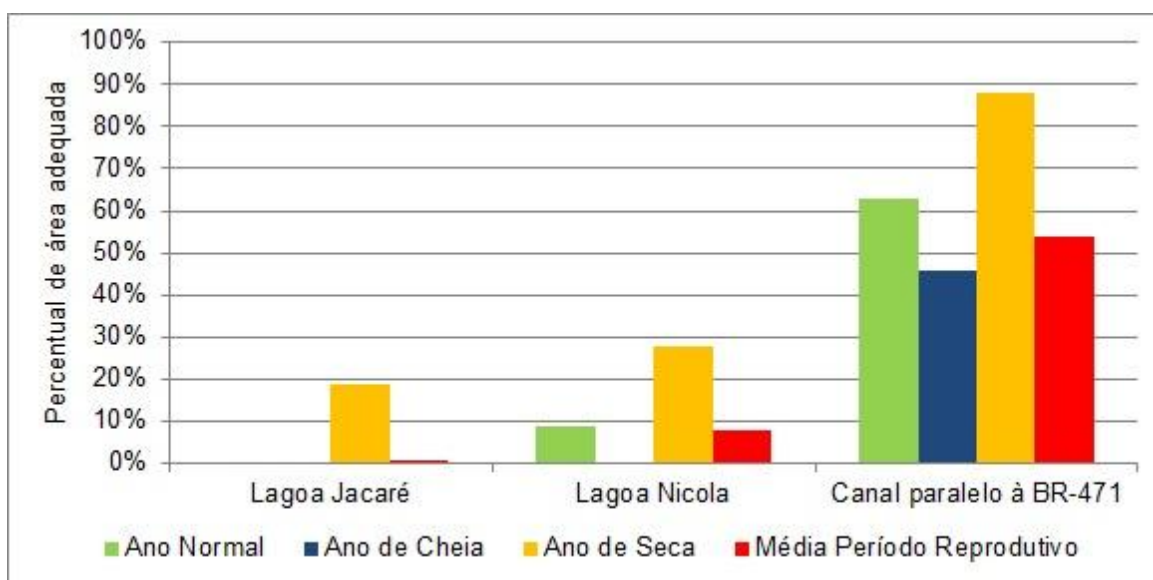


Figura 26 – Percentual de área no entorno dos corpos hídricos adequadas para garantir a integridade dos ninhos de *T. dorbigni* na região do Banhado do Taim em período com níveis de água compreendidos na média da série de dados, período de inundações, períodos de estiagem e a média do período reprodutivo, correspondente a outubro e fevereiro da série histórica.

#### 9.4.6 Análise integral do processo de validação dos IAHS

Através do processo de validação, é possível observar que a modelagem de habitats adequados por meio do uso de IAHS se demonstrou apropriada ao Banhado do Taim. As imagens mais satisfatórias foram as que retrataram os períodos com níveis de água compreendidos na média da série de dados. Já as representações de

períodos extremos como seca e cheia em sua maioria demonstraram-se não adequados aos indicadores.

Entretanto, cabe ressaltar que as espécies deste ecossistema estão adaptadas às flutuações naturais dos níveis de água, a grande questão é determinar por quanto tempo tais situações de estresse hídrico seriam suportadas sem comprometer as populações e sua capacidade de resiliência.

Quanto às imagens de adequabilidade média do BT, há de se considerar que há incertezas associadas à topografia de fundo do Banhado, o que pode ter prejudicado a representação da adequabilidade para os indicadores. Além de não ter sido possível determinar áreas de habitat no interior do Banhado para alguns os indicadores representantes da avifauna, devido a dificuldade de observação e acesso a estes locais.

Por meio da análise das imagens de adequabilidade, destacam-se locais aptos para a ocorrência da espécie em função da altura de lâmina de água, porém esses não foram determinados como área de habitat. O que pode estar relacionado a outros fatores ambientais não considerados neste estudo, como o tipo de solo, velocidade do fluxo da água, disponibilidade de alimento, ocorrência de predadores e disponibilidade de abrigo (KREBS, 2001).

É provável também que os indivíduos se utilizem de locais distintos como área de forrageamento conforme a sazonalidade das condições hidrológicas do ambiente. Esta situação pôde ser observada em visita a campo realizada em abril de 2014, onde as réguas localizadas no BT marcavam 0,79 m de altura de lâmina de água, e os maçaricos-pretos foram visualizados forrageando em maior abundância às margens da Lagoa Mangueira.

## **9.5 Reestruturação dos IAHs e revalidação**

Com a finalidade de aperfeiçoar o processo de modelagem da qualidade ambiental, houve a readequação do IAH elaborado para o indicador *S. californicus*, cujas imagens de adequabilidade não demonstraram o resultado esperado.



### 9.5.1 Reestruturação do IAHS para *Scirpus californicus*

A primeira tentativa de desenvolvimento do IAH para *S. californicus* não satisfaz a realidade observada no banhado quanto à região de ocorrência da espécie (demonstrado na figura 21). Para tanto, realizou-se a adequação do índice através da verificação da altura de lâmina de água média na região mapeada para *S. californicus*, que resultou como 1,00 m. Assim, no novo IAH aplicou-se também as informações sobre lâmina de água limite para macrófitas emergentes de Motta-Marques, Irgang e Giovannini (1997), resultando em um IAH mais fiel ao observado no BT (Figura 27).

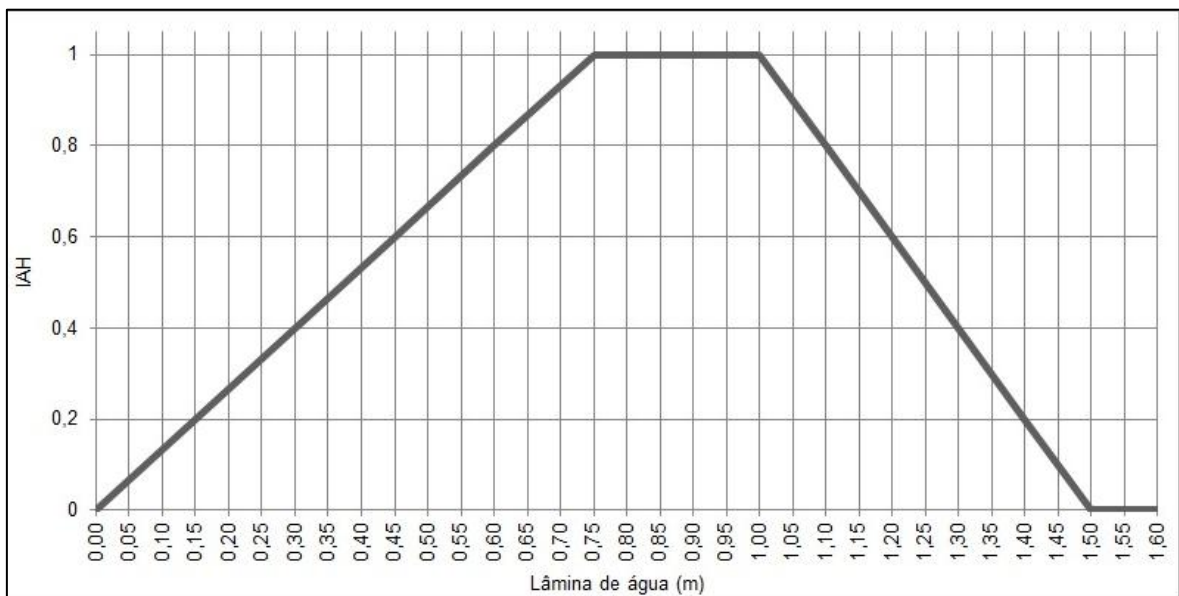


Figura 27 – Reestruturação do Índice de Adequabilidade de Habitat para a espécie *Scirpus californicus* para o Banhado do Taim.

O índice retrata a tolerância de nível mínimo de lâmina de água (entre 0,10 m), passando pelo seu ótimo (1,00 m) de lâmina de água que garantiria a sobrevivência da espécie, a efetividade de seus processos químicos como a fotossíntese, reprodução e interações, até o seu limite máximo. Após uma lâmina de 1,40 m de água, que corresponde a cerca de 70% do tamanho dos indivíduos da espécie, o ambiente se tornaria crítico, podendo comprometer esses processos.

### 9.5.2 Revalidação do IAHs para *Scirpus californicus*

Ao analisar um período com níveis de água compreendidos na média da série de dados nos níveis de água do Banhado do Taim (Figura 28c), é possível reconhecer na área de distribuição da espécie que o ambiente em sua maioria é favorável para a sua ocorrência em função da altura de lâmina de água, com adequabilidades entre 1 e 0,5 (coloração azul, verde-escuro e amarelo), com uma pequena mancha de adequabilidade baixa, entre 0,3 e 0 (degrade entre a coloração laranja e bordô), o que demonstra que a alteração no índice através de sua reestruturação foi adequada.

Em situações extremas como períodos de cheia (Figura 28a) e seca (Figura 28b), há a representação de ambientes desfavoráveis para a espécie, com adequabilidade variando entre 0,3 e 0 (degrade entre a coloração laranja e bordô), com pequenas áreas favoráveis de adequabilidade 0,5 e 1 (amarelo, verde-escuro e azul).

A imagem de representação da média de lâmina de água (Figura 28d) não se mostrou satisfatório para a espécie *S. californicus*, com adequabilidade entre 0,26 e 0,46 (coloração laranja), porém mostrou-se mais favorável do que a imagem da média obtida para o primeiro IAH desenvolvido para a espécie (Figura 21b).

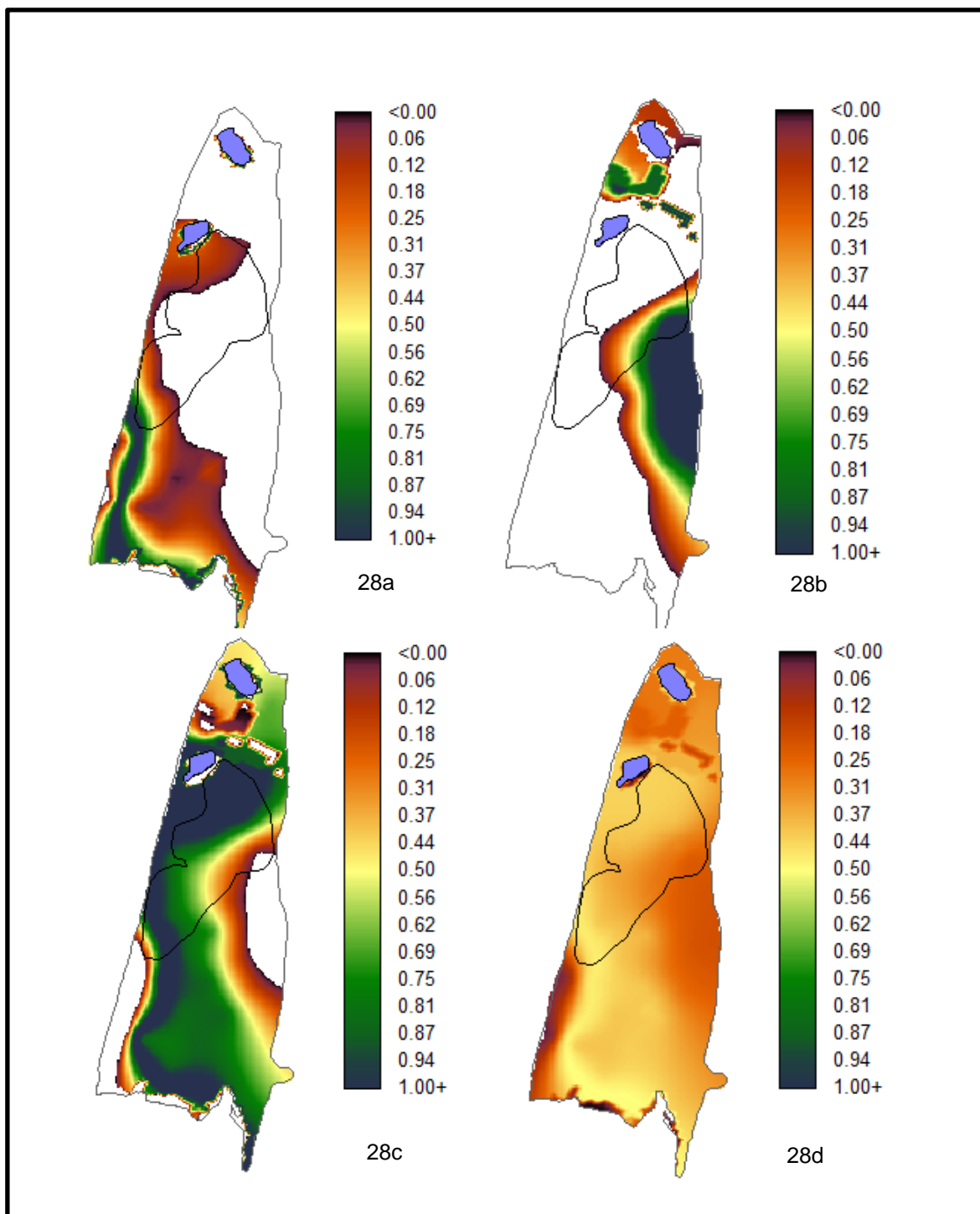


Figura 28 – Imagens geradas através do processo de modelagem de qualidade ambiental para *S. californicus*. Figura 28a – Período de cheia. Figura 28b – Período de seca. Figura 28c - Período com níveis de água compreendidos na média da série de dados. Figura 28d - Média da adequabilidade do BT.

## 9.6 Curvas de permanência

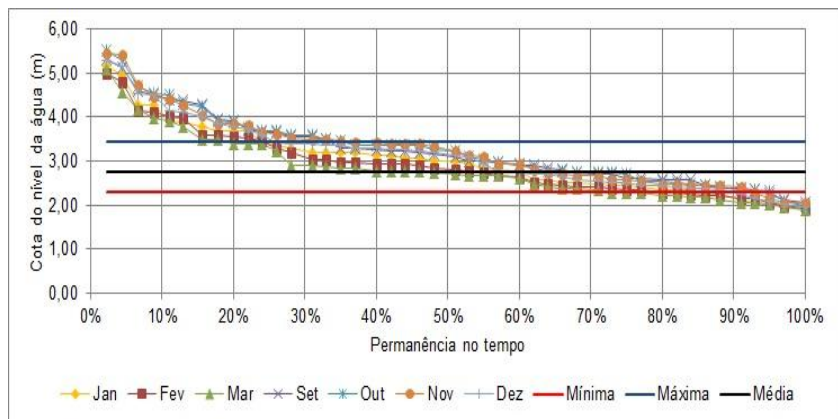
Foram elaboradas curvas de permanência para os indicadores relacionados à altura de lâmina de água, informação utilizada para se obter valores de cota de nível da água.

Os critérios utilizados na elaboração das curvas de permanência (Figura 29) de cada indicador são apresentados por meio da tabela 7.

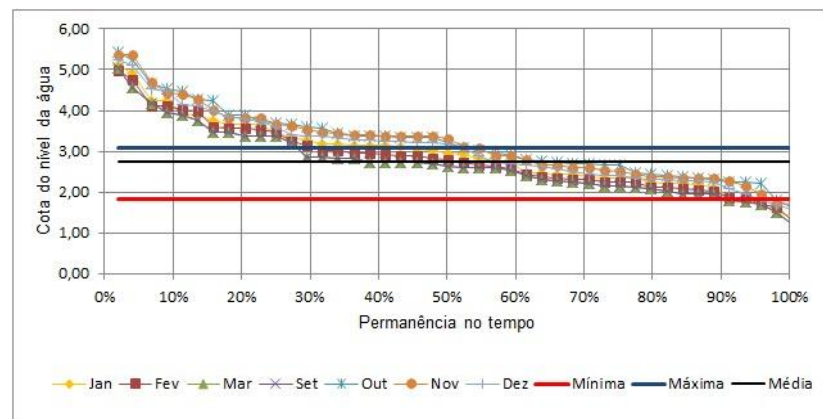
Tabela 7 – Especificação dos critérios utilizados na elaboração das curvas de permanência

Indicador	Células do modelo hidrodinâmico	Cota de nível da água mínimo (m)	Cota de nível da água máximo (m)	Cota de nível da água médio (m)
<i>S. californicus</i>	13, 17, 18, 21, 23 e 25	02,31	03,42	02,77
<i>P. chihi</i>	25	01,84	03,10	02,74
<i>M. americana</i>	25	01,75	03,20	02,90
<i>C. latirostris</i>	03,04, 05, 08, 09, 10, 13, 14, 17, 18, 21, 22, 25 e 26	01,75	04,50	03,10

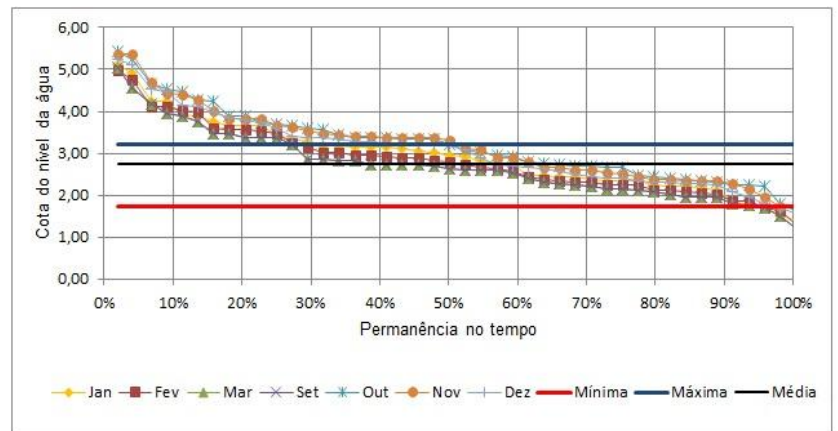
Houve grande variação nos valores de cota mínima e máxima encontrados, o que está relacionado com os limites de tolerância de cada indicador em relação à altura de lâmina de água, e também com a sua área de habitat. Onde cada área de habitat abrange distintas células do modelo hidrodinâmico, que contém as informações das cotas de nível da água do Banhado do Taim.



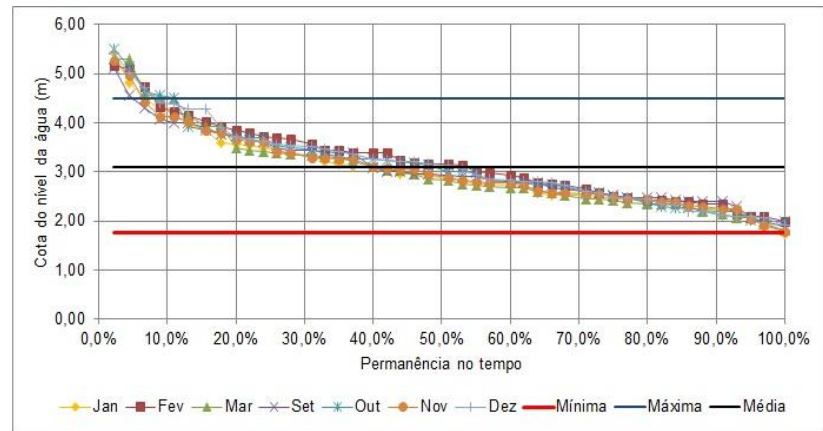
29a



29b



29c



29d

Figura 29 – Curvas de permanência desenvolvidas para os indicadores com IAH elaborado em função da altura de lâmina da água. Figura 29a – *S. californicus*; Figura 29b – *P. chihii*; Figura 29c – *M. americana*; Figura 29d – *C. latirostris*.

As curvas de permanência atribuem um grau de probabilidade de as cotas de nível da água serem igualadas ou excedidas. Por meio de análise das curvas de permanência elaboradas é possível considerar que a manutenção de cotas de nível estabelecidas como mínimas e máximas são observadas em grande parte do período analisado, ocorrendo em pelo menos 30 e 90% do tempo. O que demonstra que seria possível realizar a manutenção dos valores obtidos, podendo ser inclusas no processo de gerenciamento de recursos hídricos do BT.

Os meses de fevereiro e março se demonstraram mais propensos a apresentar baixos níveis de água e ultrapassar valores estabelecidos como cota de nível mínima. Já para o valor de cotas máximas estabelecidos, evidenciam-se os meses de outubro e novembro e dezembro como sendo críticos para a manutenção dos níveis.

### **9.7 Proposta de cotas de nível da água mínima e máxima para o Banhado do Taim em função dos bioindicadores**

O desenvolvimento de IAHS contribui em processos de gerenciamento de recursos hídricos, servindo como subsidio em decisões quanto a retiradas de água, e em resolução de questões ambientais e sociais sobre o uso da terra. Além de colaborar no estabelecimento de vazões ambientais e níveis ecológicos, onde é proposto um regime hídrico a ser sustentado com o objetivo de conservar os ecossistemas e seus benefícios.

Os organismos determinados como indicadores do Banhado do Taim são representantes de diversos grupos, como vegetação, avifauna, herpetofauna e mastofauna locais. Na pesquisa de Tassi (2008), foram elaborados IAHS para os bioindicadores: *S. giganteus*, a espadana (*Z. bonariensis*), o cisne-de-pescoço-preto (*C. melancoryphus*) e a capivara (*H. hydrochaeris*) (Figura 30). Ao unir esses índices aos desenvolvidos no presente estudo: *S. californicus*, *P. chihi*, *M. americana*, *C. latirostris* e *T. dorbigni*, há um total de nove índices de adequabilidade elaborados para o Banhado do Taim. Dentre esses, oito foram gerados em função da altura da lâmina de água, e foram utilizados para as análises de limites de níveis da água do BT.

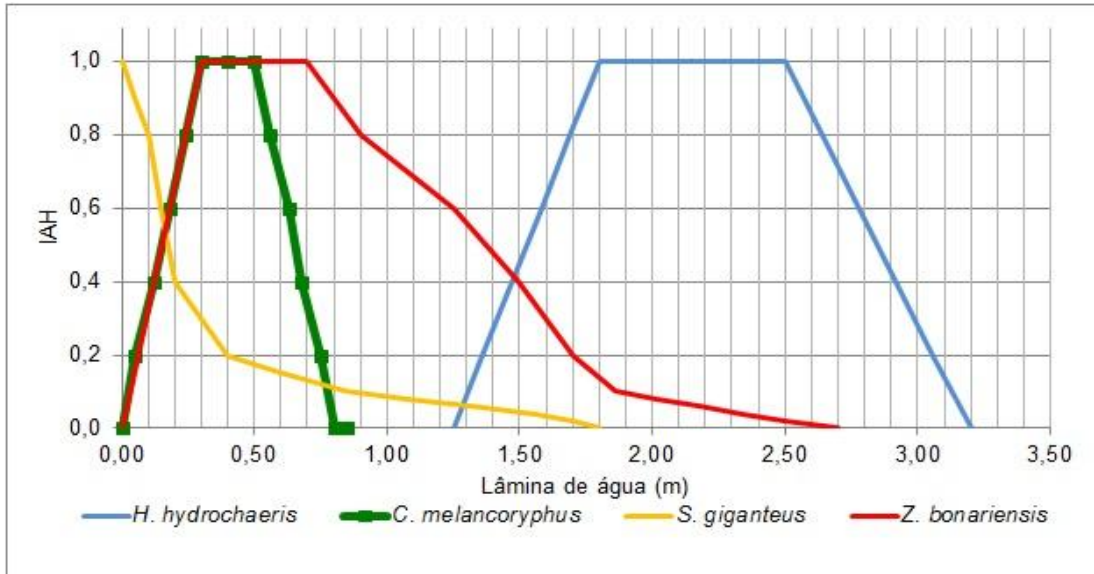


Figura 30 – Índices de Adequabilidade de Habitat desenvolvidos para as espécies indicadoras *Z. bonariensis*, *S. giganteus*, *C. melancoryphus* e *H. hydrochaeris*, em função da altura de lâmina de água, para a região de banhado do Banhado do Taim. Adaptado de Tassi (2008).

Na figura 31 é apresentada uma síntese das cotas de níveis de água que, de acordo com os IAHS definidos podem ser considerados para fins de gerenciamento no Banhado do Taim. A referida figura contempla tanto os valores definidos neste estudo, como aqueles estabelecidos no estudo de Tassi (2008). A figura 32 demonstra a relação entre o hidroperíodo do BT, determinado por Tassi (2008), e as cotas mínimas e máximas para cada bioindicador.

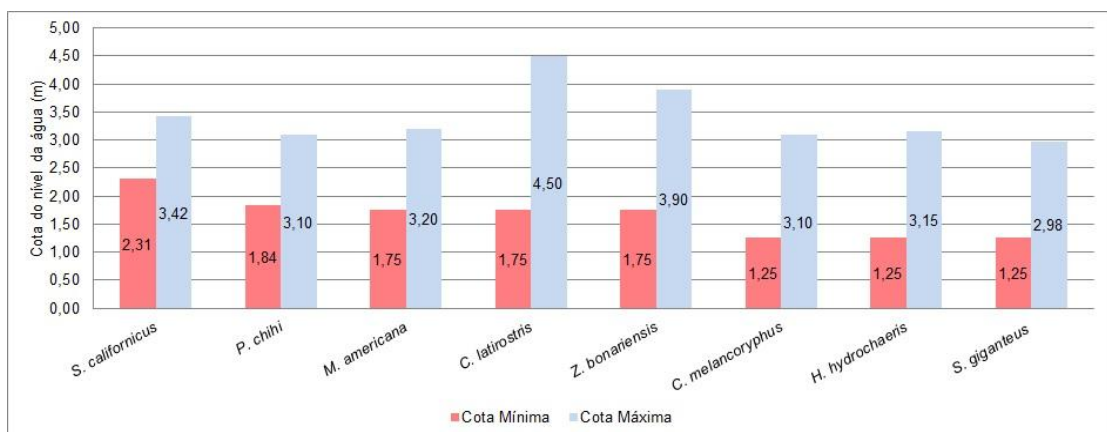


Figura 31 – Limites de cota de nível da água mínima e máxima para cada espécie indicadora utilizada na elaboração de IAHS em função da altura de lâmina de água para o Banhado do Taim.

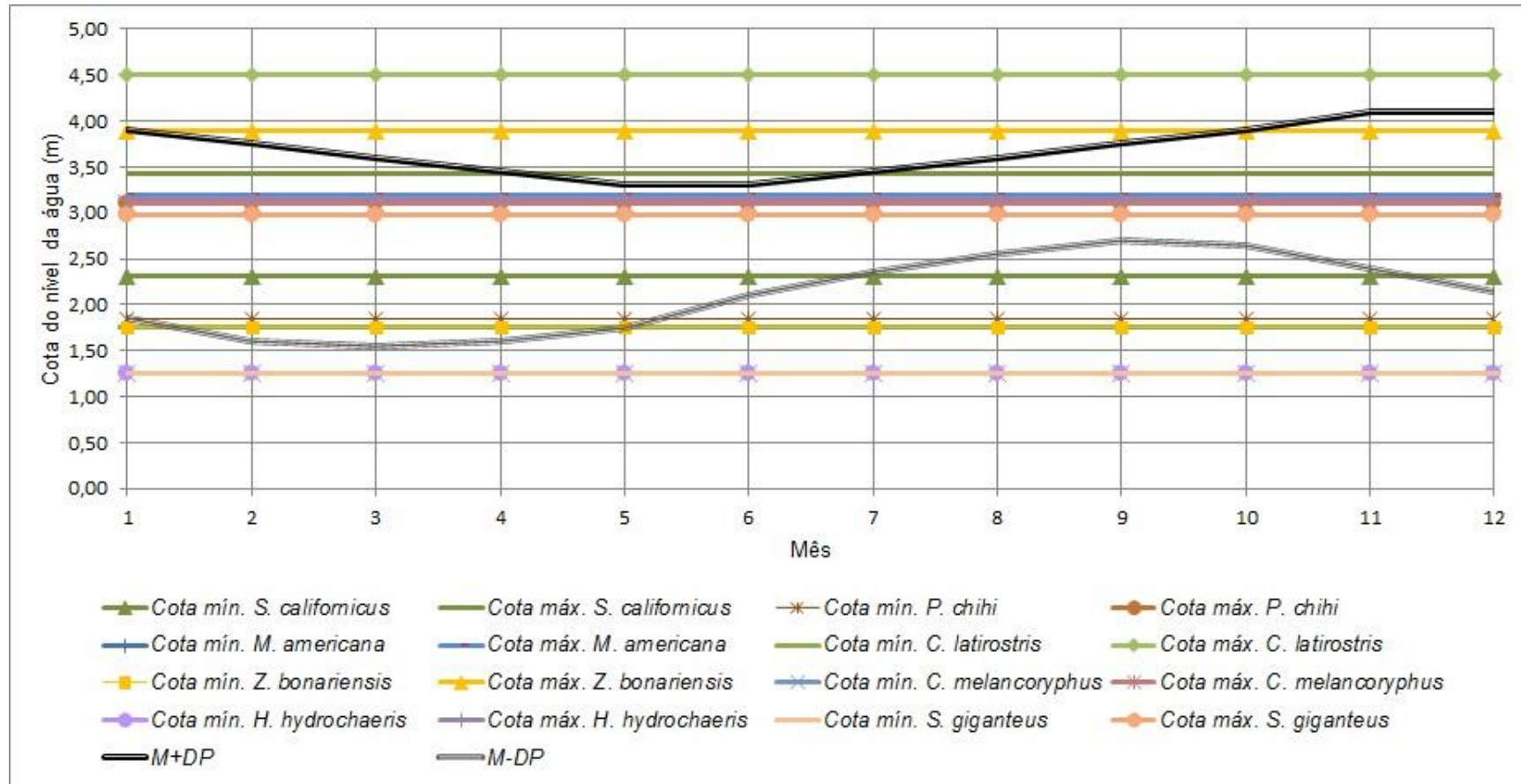


Figura 32 – Limites de cotas mínima e máxima estabelecidas para as espécies indicadoras, conjuntamente com a variabilidade sazonal do hidroperíodo do Banhado do Taim. M - Média; DP - Desvio Padrão



Através da análise dos dados, foi possível identificar que as espécies que toleram menores valores de cota de nível de água mínima (1,25 m) são o cisne-de-pescoço-preto (*C. melancoryphus*), a capivara (*H. hydrochaeris*) e a macrófita *S. giganteus*. Porém esta situação já não seria satisfatória para a macrófita *Z. bonariensis*, o jacaré-de-papo-amarelo (*C. latirostris*) e a ave migratória cabeça-seca (*M. americana*). O estabelecimento de uma cota de nível da água mínima igual a 1,75 m possibilitaria um ambiente propício para todas as espécies indicadoras, além de sustentar condições suficientemente adequadas para *M. americana*, que se desloca até a região em busca de alimento entre a primavera e o verão. O valor adotado ratifica a informação de cota de nível da água mínima a ser mantida no Banhado do Taim determinado por Tassi (2008).

Ao compararmos o valor de cota mínima de nível da água obtido, com o hidroperíodo do BT, é possível constatar que esse limite está mais propenso a ocorrer ou ser superado nos meses de janeiro a maio. Que como já abordado, coincide com o período de maior evapotranspiração, maiores retirada de água para a irrigação, e fase reprodutiva de algumas espécies.

Quanto a um valor de cota de nível de água máximo tolerável pelos indicadores, é possível constatar que *C. latirostris* e *Z. bonariensis* se destacam pelo amplo limite de tolerância, entretanto a manutenção de níveis tão elevados seria prejudicial para as demais espécies. A vista disso se propõe que seja estabelecido como cota máxima, o menor valor admitido como tolerância máxima, que equivale a 3,10 m, e corresponde às aves *P. chihi* e *C. melancoryphus*.

Certamente uma cota máxima com valor inferior aos 3,10 m asseguraria um ambiente favorável para os demais bioindicadores, pois não ultrapassa nenhum dos valores de tolerância quanto a inundações, e está acima do valor de cota média, correspondente a 2,90 m. Além disso, o valor limite de cota máxima está incorporado ao hidroperíodo anual do BT, não ultrapassando a curva de delimitação de (M+DP), estando mais propenso a ser superado nos meses de janeiro, setembro, outubro, novembro e dezembro.

O que está relacionado aos períodos de cheia do Banhado do Taim, que ocorrem aproximadamente 3 meses após o pico da precipitação (MOTTA-MARQUES *et al.*, 2013). Onde embora a precipitação seja bem distribuída ao longo do ano, conforme a série histórica, os maiores volumes de chuva geralmente ocorrem entre os meses de junho e setembro.

O valor de cota de nível da água máxima proposto para o BT está acima do valor estabelecido por Tassi (2008), definido como 2,98 m. O que demonstra que quanto mais pesquisas forem desenvolvidas, e maior for o número de IAHS desenvolvidos, mais refinado será o processo de definição de cota de nível da água mínima e máxima a serem mantidos no Banhado do Taim.

As cotas de nível da água definidos como mínima e máxima (1,75m e 3,10m) devem ser mantidas como uma forma de controle especialmente em situações de fenômenos extremos ou atípicos, pois é indispensável que se respeite as oscilações naturais dos níveis de água do banhado.

Através da análise da série das cotas de nível do BT para o período de 44 anos (1960 a 2003 – Figura 33), é possível identificar as oscilações naturais dos níveis da água do interior do banhado ao longo do tempo. Em média, as cotas variam em intervalos de 3 anos entre valores acima ou abaixo da cota média. Porém, é possível delimitar longos períodos de cheia e seca, representados por um período de 11 (1977 e 1988) e 9 anos (1989 e 1998), respectivamente.

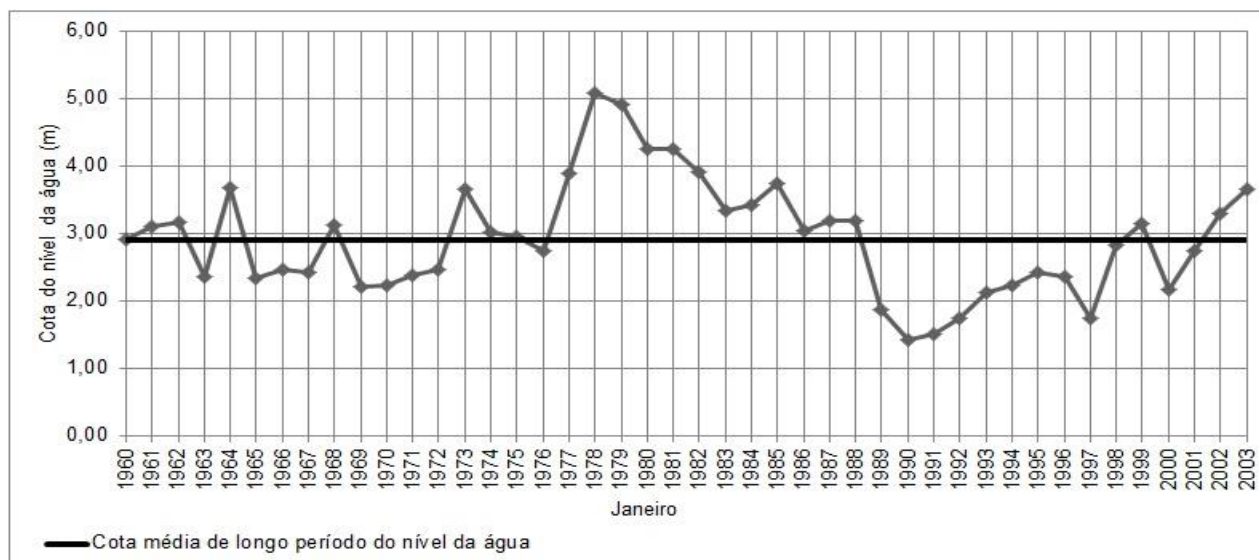


Figura 33 – Série de cota de nível da água do Banhado do Taim – período janeiro de 1960 a janeiro de 2003.

Através desta análise, é possível inferir que as espécies indicadoras estariam aptas a suportar longos períodos de estresse hídrico. Porém, não há estudos

específicos sobre os efeitos destes ciclos sobre os organismos, como estes afetam o seu desenvolvimento, taxa reprodutiva, sobrevivência ou competição.

Sob situações críticas ou adversas, indivíduos representantes da avinaufa, mastofauna e herpetofauna podem se deslocar em busca de condições favoráveis. Para as plantas, as consequências podem ocorrer através de alterações no comportamento morfofisiológico (SANTOS; CARLESSO, 1998). No entanto, são necessários maiores estudos sobre os pulsos de inundação do BT para que se possa estabelecer o período de tempo em que a comunidade de organismos conseguiria suportar situações próximas ou que extrapolem os seus limites de tolerância.



## 10 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através desta pesquisa, foi possível realizar o desenvolvimento de cinco novos IAHS para o Banhado do Taim, sendo estas: o junco (*Scirpus californicus*), as aves maçarico-preto (*Plegadis chihi*) e cabeça-seca (*Mycteria americana*), e os répteis jacaré-do-papo-amarelo (*Caiman latirostris*) e a tartaruga-tigre-d'água (*Trachemys dorbigni*).

A definição das espécies indicadoras se deu principalmente por meio de sua observação em campo, e principalmente a disponibilidade de informações hidrológicas: altura de lâmina de água necessária para garantir a sua sobrevivência e área necessária a ser mantida livre de inundação em período reprodutivo. Com a finalidade de avaliar situações que garantam a realização de processos químicos, a disponibilidade de alimento e sucesso reprodutivo dessas espécies.

Ressalta-se que há uma escassez de trabalhos que relacionem as condições ambientais favoráveis para a sobrevivência das espécies, especificamente quanto à hidrologia. Seria de extrema importância que fossem incentivadas mais pesquisas referentes a Ecohidrologia do Banhado do Taim, uma vez que esse apresenta uma grande riqueza de espécies, em especial de aves. Dentre os grupos de aves, a Família Anatidae evidencia-se pela necessidade de altura de lâmina de água muito restrita, em razão de alimentarem-se através da filtragem da água, introduzindo seu pescoço abaixo da superfície.

No processo de validação do processo de modelagem de habitat adequado, os IAHS demonstraram em geral uma boa adequabilidade em relação às áreas determinadas como habitat, como refletem as imagens analisadas. Mesmo assim, propõe-se um aperfeiçoamento na representação do MNT, em especial a região do canal que localiza-se paralelo a BR-471, que se evidenciou uma região muito importante para a maioria das espécies indicadoras, o que poderia refletir uma melhor adequabilidade para os IAHS.

Como objetivo final do trabalho, houve a proposta do estabelecimento de cotas de nível da água mínima e máxima a serem mantidas no Banhado do Taim em situações de estresse hídrico, processo estritamente relacionado à adequabilidade do ambiente para as espécies indicadoras. É fundamental que se preserve o

hidroperíodo e hidrodinâmica do local, mas em situações desfavoráveis, os limites de cotas de nível determinadas neste estudo podem ser utilizados como forma de manejo sustentável.

A determinação de cota de nível mínima correspondente a 1,75 m e máxima correspondente a 3,10 m, podem auxiliar a limitar a retirada de água da região para irrigação das lavouras em períodos de estiagem onde há menor disponibilidade hídrica, respeitando as alturas de lâmina de água a serem mantidas no BT para assegurar um ambiente favorável à comunidade da área úmida. Porém, em situações de cheia do banhado, perante previsões de que esta seja mantida por um longo período, seria possível aumentar o uso deste recurso para a irrigação em situações que ultrapassem os limites da cota de nível máximo, como proposto também por Tassi (2008).

Ainda assim, para que este processo de gerenciamento ocorra de forma apropriada, seria fundamental identificar os longos períodos de estresse hídrico, que impulsionam a capacidade de resiliência do ecossistema, uma vez que alterações nesse ambiente poderiam mudar a configuração e predominância das espécies no BT. Do mesmo modo que seria conveniente que o monitoramento das retiradas de água ocorresse em nível de bacia hidrográfica, pois o nível da água no Banhado do Taim também depende dos níveis da Lagoa Mangueira.

Por fim, a elaboração de novos IAHS, bem como a geração de IAHS compostos poderá retratar de forma mais fiel dos diversos fatores que influenciam e determinam a adequabilidade do Banhado do Taim. O que virá a contribuir com mais informações ecohidrológicas, auxiliando de forma mais precisa na análise de níveis adequados de água a serem mantidos. Estas informações servem também como respaldo de processos de gerenciamento dos recursos hídricos por meio de manejo sustentável, que garanta a conservação e preservação do ecossistema e suas funções, bem como os usos múltiplos deste recurso essencial.

## REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional de Águas. **Cuidando das águas: soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos**. Brasília: Agência Nacional de Águas/Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, 2011. 152 p.

ARMITAGE, R. A.; FONG, P. Gastropod colonization of a created coastal wetland: potential influences of habitat suitability and dispersal ability. **Restoration Ecology**. Malden, v. 12, n. 3, p. 391- 400. September, 2004.

BABBITT, K. J. The relative importance of wetland size and hydroperiod for amphibians in southern New Hampshire, USA. **Wetlands Ecology and Management**. Dordrecht, v. 13, p. 269–279. 2005.

BAGER, A. **Aspectos da biologia e ecologia da tartaruga tigre d'água *Trachemys dorbignyi* (Testudines – Emydidae) no extremo sul do Estado do Rio Grande do Sul – Brasil**. 2003. 100 f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003.

BAGER, A. **Aspectos da dinâmica reprodutiva de *Phrynops hilarii* (Duméril e Bibron, 1835) (Testudines - Chelidae) no sul do Rio Grande do Sul**. 1997. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

BAGER, A.; ROSADO, J. L. O. Estimation of core terrestrial habitats for freshwater turtles in southern Brazil based on nesting areas. **Journal of Herpetology**. Athens, v. 44, n. 4, p. 658–662. 2010.

BAKER, R. J.; SHONEWALD-COX, C. M. Management strategies for improving population viability. In: WILCOX, B. A.; BRUSSARD, P. F.; MARCOT, B. G (Ed.). **The Management of Viable Populations: theory, applications and case studies**. Center for Conservation Biology, Stanford University, Palo Alto, p. 73-87.1986.

BARBIER, E. B.; ACREMAN, M. C; KNOWLER, D. **Economic valuation of wetlands: A guide for policy makers and planners**. Switzerland: Ramsar Convention Bureau, 1997. 116 p.

BENCKE *et al.* Revisão e atualização da lista das aves do Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia - Série Zoologia**. Porto Alegre, v. 100, n. 4, p. 519-556, 2010.

BOBBINK, R. *et al.* Wetlands: functioning, biodiversity conservation, and restoration. **Ecological Studies**. Berlin, v. 191, 2006. 315 p.

BORGES-MARTINS, M. *et al.* Répteis. In: BECKER, F.G.; RAMOS, R.A.; MOURA, L.A. (Orgs.). **Biodiversidade: Regiões da Lagoa do Casamento e dos Butiazais de Tapes, Planície Costeira do Rio Grande do Sul**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007. Cap. 21, p. 292-315.

BORKHATARIA *et al.* Temporal variation in local wetland hydrology influences post dispersal survival of juvenile wood storks (*Mycteria americana*). **The Auk**. Lawrence, v. 129, n. 3, p. 517–528. 2012.

BRASIL. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos** (1997). Lei Federal n. 9433, de 8 de janeiro de 1997. Publicada no Diário Oficial da União em 09 de janeiro de 1997, seção 1, p. 470, v. 135, n. 6.

BRASIL. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação** (2000). Lei Federal n. 9985. Brasília, 18 de julho de 2000. Disponível em:< [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm)>. Acessado em: 04 de mar. 2013.

BRATTEBO, S. K. *et al.* Development of Periphyton, Benthic Macroinvertebrate, and Macrophyte Habitat Suitability Indices for Assessment of Reservoir Quality and Potential Production on the Pend Oreille River. In: Waterpower XVI Copyright PennWell Corporations. Washington, 2009. **Annals of Congress**. 14 p. 2009.

BRAVO, J. M. *et al.* Avaliação de projeções de anomalias de temperatura e precipitação em cenários climáticos futuros na região do sistema hidrológico do Taim, RS. In: XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. **Anais**. Maceió, 2011.

BROTONS *et al.* Presence-absence versus presence-only modelling methods for predicting bird habitat suitability. **Ecography**. Copenhagen, v. 27, p. 437-448, 2004.

BROWN, J. R.; HARTWICK, E. B. A habitat suitability index model for suspended tray culture of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* Thunberg. **Aquaculture Research**. Oxford, n. 19, v. 2, p. 109–126. 1988.

BUNN, S. E.; ARTHINGTON, A. H. Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. **Environmental Management**. New York, n. 30, p. 492-507. 2002.



BURGER, M. I. **Situação e ações prioritárias para a conservação de banhados e áreas úmidas da zona costeira**. Porto Alegre: Fundação Zoobotânica RS, 2000. 60 p.

BURGER, M. I.; RAMOS, R. A. Áreas importantes para conservação na Planície Costeira do Rio Grande do Sul. In: BECKER, F. G.; RAMOS, R. A.; MOURA L. de A. (Org.). **Biodiversidade: Regiões da Lagoa do Casamento e dos Butiazais de Tapes, Planície Costeira do Rio Grande do Sul**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, p. 46-56. 2007.

CABRERA, M. R. **Las tortugas continentales de Sudamérica Austral**. Córdoba: BR cópias, 1998. 108 p.

CARREIRA, S.; MENEGHEL, M.; ACHAVAL, F. **Reptiles de Uruguay**. Montevideo: Edición División Relaciones y Actividades Culturales, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, 2005. 639 p.

CARVALHO, A. B. P.; OZORIO, C. P. Avaliação sobre os banhados do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista de Ciências Ambientais**. Canoas, v. 1, n. 2, p. 83-95. 2007.

CHOMENKO, L. Recursos hídricos e áreas úmidas: ambientes a serem preservados. In: ZAKRZEWSKI, S. B. (Org.). **Conservação e uso sustentável da água : múltiplos olhares**. Erechim: EdiFapes, RS. 2007. 138 p.

CISRERP. Committee on Independent Scientific Review of Everglades Restoration Progress. **Progress Toward Restoring the Everglades: The Fifth Biennial Review, 2014**. Washington: National Research Council of the National Academies. The National Academies Press, 2014. 240 p.

CORDAZZO, C. V.; SEELIGER, U. **Guia ilustrado da vegetação costeira do extremo sul do Brasil**. Rio Grande: FURG, 2. ed., 1988. 275p.

CORREA, F. *et al.* Pisces, Gymnotiformes, Hypopomidae, *Brachyhypopomus gauderio* Giora and Malabarba, 2009: New species record at Taim Ecological Reserve, south Brazil. **Check List**. v. 7, n. 1, p. 19-20. 2011. Disponível em: <<http://www.checklist.org.br/archive?vol=7&num=1>>. Acessado em: <26 de setembro, 2014>.

COULTER, M. C. *et al.* Wood Stork (*Mycteria Americana*). In: The American Ornithologists' Union (Ed.). **The birds of North America**. Ithaca: Cornell Lab of Ornithology; Retrieved from the Birds of North America. n. 409, 1999. p. 1-28.

COULTER, M. C.; BRYAN, Jr. A. L. Foraging ecology of Wood Storks (*Mycteria americana*) in east-central Georgia. I. Characteristics of Foraging Sites. **Colonial Waterbirds**, De Leon Springs, n. 112, p. 237-243. 1993.

DALE, V. H.; BEYELER, S. C. Challenge in the development and use of ecological indicators. **Ecological Indicators**. *Athens*, v. 1, p. 3–10. 2001.

DARK-SMILEY, D.; KEINATH, D. A. **Species assessment for white-faced-ibis (*Plegadis chihi*) in Wyoming**. Wyoming: United States Department of the Interior Bureau of Land Management Wyoming State Office Cheyenne. 2003. 59 p.

DEPKIN, F. C.; COULTER, M. C.; BRYAN JR, A. L. Food of nestling wood stork in east-central Georgia. **Colonial Waterbirds**. De Leon Springs, n. 15, p. 219-225. 1992.

DONAVAN, T. M. *et al.* Quantifying home range habitat requirements for bobcats (*Lynx rufus*) in Vermont, USA. **Biological Conservation**. *Essex*, n. 144, p. 2799–2809. 2011.

DUBERSTEIN, C. A. *et al.* **Development of a Habitat Suitability Index Model for the Sage Sparrow on the Hanford Site**. Washington: U.S. Department of Energy under Contract/Pacific Northwest National Laboratory Richland, 2008. 25 p.

ESTEVEZ, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 3. ed., 2011. 826 p.

FERNANDES, I. M. *et al.* **Biodiversidade no Pantanal de Poconé**. Cuiabá: Attema Design Editorial/Centro de Pesquisa do Pantanal, 2010. 196 p.

FERREIRA, T. F. **Ecologia e aplicabilidade de métodos para avaliação da produção primária de *Zizaniopsis bonariensis*: uma macrófita aquática emergente, no Sistema Hidrológico do Taim, RS**. 2005. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal do rio Grande do Sul. Porto Alegre, 135 f, 2005.

FETT, M. S. **Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas**. Porto Alegre: SENAI – RS, 29 set. 2005. Disponível em:<<http://www.sbrt.ibict.br>>. Acesso em: 12 de agosto de 2014.

FLORIDA FISH AND WILDLIFE CONSERVATION COMMISSION. **Plants for lakefront revegetation**. Florida: Division of Habitat and Species Conservation. 2002. 25 p.

FRAGOSO-JÚNIOR, C. R. *et al.* Simulação de Eutrofização em Lagos Rasos II: Sistema do Taim (RS). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre, v. 12, n. 4, p. 37-48, Out/Dez, 2007.

GARCIA, A. M. *et al.* Preliminary examination of food web structure of Nicola Lake (Taim Hydrological System, south Brazil) using dual C and N stable isotope analyses. **Neotropical Ichthyology**. Porto Alegre, RS, v. 4, n. 2, p. 279-284, 2006.

GAWLIK, D. E. *et al.* **A summary of recent studies showing how prey availability affects wading bird habitat selection, physiology, and production**. Homestead: South Florida Natural Resources Center, Everglades National Park. 2010.

GAYER, S. M. P.; KRAUSE, L.; GOMES, N. Lista preliminar dos anfíbios da Estação Ecológica do Taim. **Revista Brasileira de Zoologia**. São Paulo, v. 5, n. 3, p. 419-425. 1988.

GIANNINI, T. C. *et al.* Artigo de revisão/Desafios atuais da modelagem preditiva de distribuição de espécies. **Rodriguésia**. Rio de Janeiro, v. 3, n. 63, p. 733-749. 2012.

GIOVANNINI, S. G. T. **Estudo da variabilidade espacial da vegetação no banhado do Taim**. 2004. 267 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2004.

GOMES, N.; KRAUSE, L. Lista preliminar de répteis da Estação Ecológica do Taim, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zoologia**. São Paulo, v. 1, n. 1, p. 71-77. 1982.

GOPAL, B.; JUNK, W. J. Biodiversity in wetlands: an introduction. In: GOPAL, B.; JUNK, W. J.; DAVIS, J. A. (Eds.). **Biodiversity in Wetlands: Assessment, Function and Conservation**. Leiden: Backhuys Publishers, v. 1, p. 1-10. 2000.

GRINNELL, J. Field tests of theories concerning distributional control. **The American Naturalist**. Chicago, v. 51, n. 602, p. 115-128, Feb 1917.

GUASSELLI, A. L. **Dinâmica da vegetação no banhado do Taim, RS**. 2005. 157 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.

GUTZWILLER, K. J.; ANDERSON, S. H. Habitat suitability index models: marsh wren. U.S. Fish and Wildlife Service. **Biological Report**. *Washington*, June, 1987. 13 p.

HAHN, A. T. **Análise da Dieta de *Trachemys dorbigni* (Duméril e Bibron, 1835) no Sul do Rio Grande do Sul, Brasil (Testudines: Emydidae)**. 2005. 53 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.

HIRZEL, A. H.; LAY, G. Habitat suitability modelling and niche theory. **Journal of Applied Ecology**. Oxford, v. 45, p. 1372–1381. 2008.

HUTCHINSON, G. E. Concluding remarks. **Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology**. New York, n. 22, p. 415-427. 1957.

HYDRA AQUATIC INC. **Plant Catalog**. Albuquerque, 2006. 8 p. Disponível em: <<http://www.hydraaquatic.com/catalog.htm>>. Acesso em: 27 mar. 2014.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Banhados**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br>> Acesso em: 06 ago. 2013. 2000.

IUCN. International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources. **Vision for water and nature - a world strategy for conservation and sustainable management of water resources in the 21st century**. Canada. 2000. 58 p.

JUNK, W. J. **Definição e Classificação das Áreas Úmidas Brasileiras**. Disponível em: <[http://www.inau.org.br/classificacao\\_areas\\_umidas\\_completo.pdf](http://www.inau.org.br/classificacao_areas_umidas_completo.pdf)>. Acessado em: 27 ago. 2013.

JUNK, W. J. Wetlands of Tropical South America. In: WHIGHAM, D.; HEJNY, S.; DYKYJOVA, D. (Eds.): **Wetlands of the world**. Dordrecht, p. 679-739. 1993.

JUNK, W. J. *et al.* **The Pantanal: Ecology, Biodiversity and Sustainable Management of a large Neotropical Seasonal Wetland.** Sfia: Pensoft Publishers, 2011. 857 p.

JUNK, W. J.; WANTZEN, K. M. The flood pulse concept: new aspects, approaches and applications - an update. In: WELCOMME, R.; PETR, T. (Eds.). **Proceeding of international Symposium on the Management of Large River for Fisheries.** Bangkok: RAP Publications/FAO, p. 117 – 149. 2004.

KISSMANN, K. G. **Plantas Infestantes e Nocivas.** Tomo I. São Paulo: Basf, 2. ed., 1997.825 p.

KRAUSE, L.; GOMES, N.; LEYSER, L. Observações sobre a nidificação e desenvolvimento de *Chrysemys dorsibigni* (Dumeril & Bibron, 1835) (Testudines, Emydinae) na Estaao Ecológica do Taim, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zoologia.** São Paulo, v. 1, n. 1, p. 79-90. 1982.

KREBS, C. J. **Ecology: the Experimental Analysis of Distribution and Abundance.** Addison Wesley Longman. San Francisco: Benjamin Cummings, 5. ed., 2001. 695p.

KUSHLAN, J. A.; BILDSTEIN, K. L. White Ibis. In: POOLE, A.; STETTENHEIM, P.; GILL, F. (Eds.). **The Birds of North America.** Washington: Academy of Natural Sciences of Philadelphia and American Ornithologist's Union. n. 9, 1992.

LARSSON, M. A. **Landscape-level habitat suitability models for twelve wildlife species in southern Missouri.** St. Paul: U.S. Department of Agriculture/Forest Service/North Central. 2003. 51 p.

LEMA, T.; FERREIRA, M. T. S. Contribuio ao conhecimento dos Testudines do Rio Grande do Sul (Brasil) - Lista sistemática comentada (Reptilia). **Acta Biologica Leopoldensia.** São Leopoldo, v. 12, p. 125-164. 1990.

LO GALBO, A. *et al.* **Wood Stork Foraging Probability Index (STORKI v. 1.0) Ecological and Design Documentation** - Ecological and Design Documentation. 2012. 22 p. Disponível em:< [http://www.cloudacus.com/simglades/docs/WoodStorkEcologicaldoc\\_20120601.pdf](http://www.cloudacus.com/simglades/docs/WoodStorkEcologicaldoc_20120601.pdf) >. Acessado em:<21 de setembro de 2014>.

LO GALBO, A. M. *et al.* Using hydrologic suitability for native Everglades slough vegetation to assess Everglades restoration scenarios. **Ecological Indicators.** Athens, n. 24, p. 294-304. 2013.

LOBO, J. M.; JIMÉNEZ-VALVERDE, A.; REAL, R. AUC: a misleading measure of the performance of predictive distribution models. **Global Ecology and Biogeography**. Oxford, v. 17, p. 145-151. 2008.

LOPES, I. F. **Variabilidade genética em populações de *Jabiru mycteria* (Lichtenstein, 1819) e *Mycteria americana* (Linnaeus, 1758) (Aves, Ciconiidae): fluxo gênico e filogeografia**. 2006. 106 f. Tese (Doutorado em Genética e Evolução) – Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 106 f. 2006.

LOPEZ, R. D.; HEGGEM, D. T. **An ecological and habitat vulnerability assessment of the white river basin**. Las Vegas: U.S. Environmental Protection Agency National Exposure Research Laboratory/Environmental Sciences Division/ORD, 2001. 24 p.

LUZ, L. D. **Hydrology and habitat suitability assessment of a freshwater wetland**. 2002. 158 f. Dissertation (Doctor of Philosophy) - Cornell University, Ithaca, New York, USA. 2002.

MÄHLER Jr, J. K. F.; KINDEL, A.; KINDEL, E. A. I. Lista comentada das espécies de aves da estação ecológica do Taim, Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Biologica Leopoldensia**. São Leopoldo, v. 18, n. 1, jan./jun., p. 69-103. 1996.

MARENGO, J. A.; SILVA DIAS, M. Mudanças climáticas globais e seus impactos nos recursos hídricos. In: REBOUÇAS, C. A.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil - capital ecológico usos múltiplos, exploração racional e conservação**. São Paulo: IEA/USP, 3. ed., p. 63-109. 2006.

MCCARTNEY, M. *et al.* **Wetlands, agriculture and poverty reduction**. Sri Lanka: Colombo International Water Management Institute. IWMI Research Report 137. 39p. 2010.

MELO, M. T. Q. **Dieta de *Caiman latirostris* (Daudin, 1802) (Crocodilia: Aligatoridae) na estação ecológica do Taim, RS**. 1990. 63 f. Dissertação (Mestrado em Biociências) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. 63 p. 1990.

MITSCH, W. J.; GOSSELINK, J. G. **Wetlands**. New York: Van Nostrand Reinhold Company Inc., 2<sup>nd</sup> ed. 1993. 722 p.

MMA. Ministério do Meio Ambiente; ICMBio. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade; Diretoria de criação e manejo de Unidades de Conservação Estação Ecológica do Taim. **Resumo executivo da proposta de ampliação da Estação Ecológica do Taim**. Setembro de 2013. 25 p. Disponível em:<[http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/o-que-fazemos/consultas\\_publicas/RESUMO\\_EXECUTIVO\\_Ampliacao\\_da\\_ESEC\\_do\\_Taim.pdf](http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/o-que-fazemos/consultas_publicas/RESUMO_EXECUTIVO_Ampliacao_da_ESEC_do_Taim.pdf)>. Acessado em:<01 de setembro de 2014>.

MOLINA, F. B.; GOMES, N. Incubação artificial dos ovos e processo de eclosão em *Trachemys dorbigni* (Duméril e Bibron) (Reptilia, Testudines, Emydidae). **Revista Brasileira de Zoologia**. São Paulo, v. 15, p. 135-143. 1998.

MORA, J. W.; MAGER, J. N.; SPIELES, D. J. Habitat and Landscape Suitability as Indicators of Bird Abundance in Created and Restored Wetlands. International Scholarly Research Network. **ISRN Ecology**. 2011. 10 p. Disponível em:<<http://www.hindawi.com>>. Acesso em: 22 mai. 2014.

MORREALE, S. J.; GIBBONS, J. W. Habitat suitability index models: slider turtle. U. S. Fish and Wildlife Service. **Biological Report**. *Washington*, n. 82, 1986. 14 p.

MOTTA-MARQUES *et al.* O sistema Hidrológico do Taim – site 7. In SEELIGER, U. *et al.* (Edit.). **Os sites e o programa brasileiro de pesquisas ecológicas de longa duração**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais/Fundação Universidade do Rio Grande, p. 125-141. 2002.

MOTTA-MARQUES *et al.* O sistema hidrológico do Taim. In: LACERDA, L. D. *et al.* **PELD – CNPQ: dez anos do programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração do Brasil: achados, lições e perspectivas**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco. 2013. 446p.

MOTTA-MARQUES, D. M. L.; IRGANG, B.; GIOVANNINI, S. G. T. A importância do hidroperíodo no gerenciamento de água em terras úmidas (wetlands) com uso múltiplo – o caso da Estação Ecológica do Taim. 1997, Vitória. **Anais**. XII Simpósio de Recursos Hídricos. p. 1-7, 1997.

MOTTA-MARQUES, D.; VILLANUEVA, A. O. N. Regime hidrológico de banhados e sua conservação. **Caderno de Pesquisa série Biologia**. Santa Cruz do Sul, n. 13, p. 63-79. 2001.

MOULTON, T. P.; MAGNUSSON, W. E.; MELO, M. T. Q. Growth of *Caiman latirostris* inhabiting a coastal environment at Ilha do Cardoso, SP, Brazil. **Journal of Herpetology**. Athens, v. 33, p. 479-484. 1999.

MUSHET, D. M.; EULISS Jr., N. H.; STOCKWELL, C. A. Mapping Anuran Habitat Suitability to Estimate Effects of Grassland and Wetland Conservation Programs. **Copeia**. Lawrence, n. 2, p. 321–330. 2012.

NEMA. Núcleo de Educação e Monitoramento Ambiental. **Plano de Desenvolvimento sustentável para as comunidades do entorno da estação ecológica do Taim – RS**. Rio Grande: PROBIO/MMA. setembro, 2002. 85 p.

NETO, W. L. M.; PINTO, J. G.; CAMPOS, A. B. Normas e conflitos sociais na gestão de zonas úmidas em unidades de conservação: o caso do Parque Municipal Serra da Areia em Aparecida de Goiânia, Goiás. **Boletim Goiano de Geografia**. Goiás, v. 31, n. 1, p. 97-112, jan./jun. 2011.

NILSSON, C. *et al.* Restoring riverine landscapes: the challenge of identifying priorities, reference states, and techniques. **Ecology and Society**, Atlanta, v. 12, n. 16. 2007.

NIMER, E. Clima. In: **Geografia do Brasil**. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, v. 2, p. 47-84. 1977.

O'NEIL, L. J. *et al.* A procedure to modify Habitat Suitability Index models. **Wildlife Society Bulletin**. Bethesda, v. 16, n. 4, p. 33-36. 1988.

ODUM, E. P. **Fundamentos de Ecologia**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 7. ed. 2004.

PANESSA, R.; PALO JR., H.; TRESKA, D. **Estação Ecológica do Taim**. Projeto cultural Lloyds Bank. São Paulo: Empresa das Artes, 1989. 44 p.

PAZ, A. R. **Análise dos principais fatores intervenientes no comportamento hidrodinâmico do banhado do Taim (RS)**. 2003. 176 f. Dissertação. (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2003.

PERONI, N.; HERNÁNDEZ, M. I. M. **Ecologia de Populações e Comunidades**. Florianópolis: CCB/EAD/UFSC. 2011. 125 p.

PETERSON, A. T. Uses and requirements of ecological niche models and related distributional models. **Biodiversity Informatics**. Kansas, n. 3, p. 59-72. 2006.



PINHEIRO, M. S.; SILVA, J. J. C. **Caracterização de Aves Escolhidas para Avaliação de Indicadores de Sustentabilidade na Planície Costeira Sul do Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2013. 28 p.

PINTO, L. F. S. *et al.* Caracterização de solos de várzea. In: **Manejo do solo e da água em áreas de várzea**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, Documentos, p. 11-36. 1999.

PRATES, A. P. L. *et al.* **Cuidar das áreas alagadas uma resposta às mudanças climáticas**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente/Secretaria da Convenção de Ramsar. 2010. 27 p.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**. Londrina: Editora Planta, 7ª impressão. 2001. 328 p.

RALEIGH, R. F.; ZUCKERMAN, L. D.; NELSON, P. C. Habitat suitability index models and instream flow suitability curves: Brown trout, revised. U.S. Fish and Wildlife Service. **Biological Report**, Washington, n. 82, September. 1986. 65 p.

RAMSAR. **What is the Ramsar Convention on Wetlands ?**. Gland: The Ramsar Convention Secretariat, Information Paper, n. 2. 2002. 5 p.

RICHTER, B. D. *et al.* Ecologically Sustainable Water Management: managing river flows for ecological integrity. **Ecological Applications**. Tempe, v. 1, n. 13, p. 206–224. 2003.

RICKLEFS, R. E. **A Economia da natureza**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 6. ed., 2010. 546p.

ROCHA, D. F. N. B. **Biologia termal das tartarugas *Trachemys dorbigni* (Duméril & Bibron, 1835) e *Trachemys scripta elegans* (Wied, 1839) dos lagos de Porto Alegre (Testudines, Emydidae)**. 2005. 68 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.

ROLOFF, G. L.; KERNOHAM, B. J. Evaluating reliability of habitat suitability index models. **Wildlife Society Bulletin**. Bethesda, v. 27, n. 4, p. 973-985. 1999.

ROSS, J. P. (Ed.). **Crocodiles**. Status Survey and Conservation Action Plan. United Kingdom: IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, 2. ed., IUCN/SSC Crocodile Specialist Group. 1998. 96 p.

RYDER, R. R.; MANRY, D. E. White-faced ibis (*Plegadis chihi*). In: POOLE, A.; GILL, F. (Eds.). **The birds of North America**. Ithaca and Philadelphia: Cornell Lab of Ornithology and Academy Natural Sciences. n. 130, 24 p., 1994.

SAFRAN, R. J. *et al.* Foraging site selection by nonbreeding white-faced ibis. **The Condor**. Los Angeles, n. 102, p. 211-215, 2000.

SAITO, C. H. (Coord.) **Educação Ambiental PROBIO**. Brasília: Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília/MMA. 2006. 136p.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SCDV. Secretariado da Convenção sobre Diversidade Biológica. **Panorama da Biodiversidade Global 2**. Montreal. 2006. 81 p. Disponível em: [www.biodiv.org/GBO2](http://www.biodiv.org/GBO2). Acesso em 02 abr. 2013.

SCHÄFER, A. E. *et al.* Métodos de geoprocessamento como auxílio na geração de um Atlas Socioambiental de quatro municípios litorâneos do Rio Grande do Sul. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 2009, Natal. **Anais**. p. 4377-4384, 2009.

SCHWARZBOLD, A.; SCHÄFER, A. Gênese e Morfologia das Lagoas Costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. **Amazoniana**. Manaus, v. 1, n. 9, p. 87-104. 1984.

SETE, L. R. **Relações entre Estação Ecológica do Taim e Comunidade Local: Conflitos e Cooperação**. 2010. 127 f. Dissertação (Mestrado em Extensão Rural) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2010.

SHAFFER, J. A. Pattern and potential causes of White-faced Ibis, *Plegadis chihi*, establishment in the northern prairie and parkland region of North America. **Canadian Field Naturalist**. Ottawa, v.121, p. 46–57. 2007.

SICK, H. **Birds in Brazil: a natural history**. Princeton: University Press. 1993. 932 p.

SICK, H. **Ornitologia Brasileira**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 3ª impressão. 1997. 912 p.

SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F. **Gestão de recursos hídricos – Aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais**. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, Universidade Federal de Viçosa, Associação Brasileira de Recursos Hídricos. 2000. 659 p.

SIQUEIRA, M. F. **Uso de modelagem de nicho fundamental na avaliação do padrão de distribuição geográfica de espécies vegetais**. 2005. 106 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo: São Carlos, 2005.

SKIDDS, D. E.; GOLET, F. C. Estimating hydroperiod suitability for breeding amphibians in southern Rhode Island seasonal forest ponds. **Wetlands Ecology and Management**. Dordrecht, v. 13, p. 349–366. 2005.

SOUZA, A. S. M. C. 73f. **Caracterização genética populacional e parentesco em tapicuru, *Plegadis chihi* (Vieillot, 1817) (Threskiornithidae), do Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado em Genética e Evolução) - Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2011. 73 f.

TARBOTON, K. C. *et al.* **Habitat suitability indices for evaluating water management alternatives**. Office of Modelling Technical Report, South Florida Water Management District. Florida, 2004. 148p.

TASSI, R. **Gerenciamento Hidroambiental de Terras Úmidas**. 2008. 240 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

TROST, C. H. White-faced Ibis (*Plegadis chihi*). In: (CLARK, T. W *et al.*, (Eds.). **Rare, Sensitive, and Threatened Species of the Greater Yellowstone Ecosystem**. Wyoming: Northern Rockies Conservation Cooperative/Montana Natural Heritage Program/The Nature Conservancy-Idaho.1989. 153 p.

TUCCI, C. E. M. (Org.). **Comportamento Hidrológico do Taim**. Porto Alegre: IPH/UFRGS/IBAMA, v. 1 e 2. 1996.

U.S. FISH AND WILDLIFE SERVICE. **Federal Register**. Endangered and Threatened Wildlife and Plants; Reclassification of the U.S. Breeding Population of the Wood Stork From Endangered to Threatened. Department of the Interior. Final Rule. Part III. Washington, v. 79, n. 125, June 30, 2014.

U.S. FISH AND WILDLIFE SERVICE. **Habitat a Basis for Environmental Assessment**. Washington: Division Ecological Services/U.S. Fish and Wildlife Service Department of Interior, September, 1980. 29 p.

U.S. FISH AND WILDLIFE SERVICE. **South Florida Multi-Species Recovery Plan for the threatened and endangered species**. Atlanta, 1999. Disponível em:<<http://www.fws.gov/VeroBeach/ListedSpeciesMSRP.html>>. Acessado em:<13 de agosto de 2014>.

VALLE, M. P. **Sociabilidade e territorialidade em população de *Chauna torquata* (Oken, 1816) (Aves, Anseriformes, Anhimidae) na Estação Ecológica do Taim**. 1991.158 f. Dissertação (Mestrado em Zoologia) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1991.

VAN METER, V. B. **Florida's Wood Storks**. Miami: Florida Power and Light Company, 1985. 26 p.

VERDADE, L. M.; LAVORENTI, A.; PACKER, I. U. Manejo Reprodutivo do jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*) em cativeiro. In: III Workshop sobre Conservação e Manejo do Jacaré-de-Papo-Amarelo (*Caiman latirostris*). 1993, Piracicaba. **Anais**. p. 143-152, 1993.

VILLANUEVA, A. O. N. *et al.* Preservação do banhado do Taim. In: XII Simpósio de Recursos Hídricos. **Anais**. Vitória, p. 9-16. 1997.

VILLANUEVA, A. O. N. **Simulação de áreas de inundação dinâmicas: canais compostos e wetlands**. 1997. 164 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS. 1997.

VILLWOCK J. A. *et al.* Geology of the Rio Grande do Sul coastal province. In: J. Rabassa (Ed.). **Quaternary of South America and Antarctic Peninsula**. Rotterdam, v. 4, p. 79-97. 1986.

WAECHTER, J. L. Aspectos ecológicos da vegetação de restinga no Rio Grande do Sul, Brasil. Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologias da PUCRS - **Série Botânica**. Porto Alegre, RS. v. 1, p. 49-68. 1985.

WAECHTER, J. L.; JARENKOW, J. A. Composição e estrutura do componente arbóreo nas matas turfosas do Taim, Rio Grande do Sul. **Biotemas**. Florianópolis, v. 11, n. 1, p. 45-69. 1998.

WETLANDS INTERNATIONAL. **Planting trees to eat fish: field experiences in wetlands and poverty reduction**. Wageningen: Wetlands International, 2009. 144 p.

ZACHARIAS, I.; DIMITRIOU, E. Identifying microclimatic, hydrologic and land use impacts on a protected wetland area by using statistical models and GIS techniques. **Mathematical and Computer Modelling**. Oxford, v. 51, p. 200-205. 2010.

ZEDLER, J. B; KERCHER, S. Wetland Resources: Status, Trends, Ecosystem Services, and Restorability. **Annual Review of Environment and Resources**. Palo Alto, v. 30, p. 39–74. 2005.

ZOHARY, T.; OSTROVSKY, I. Z. Ecological impacts of excessive water level fluctuations in stratified freshwater lakes. **Inland Waters**. United Kingdom, p. 47-59. 2011.