

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

RENATA BRITO DE OLIVEIRA

CORRELAÇÃO ENTRE TESTEMUNHOS DA LAGOA DOS PATOS ATRAVÉS DA  
ASSOCIAÇÃO FOSSILÍFERAS E ISÓTOPOS DE CARBONO E OXIGÊNIO:  
IMPLICAÇÕES PALEOAMBIENTAIS

Porto Alegre

2024

RENATA BRITO DE OLIVEIRA

CORRELAÇÃO ENTRE TESTEMUNHOS DA LAGOA DOS PATOS ATRAVÉS DA  
ASSOCIAÇÃO FOSSILÍFERAS E ISÓTOPOS DE CARBONO E OXIGÊNIO:  
IMPLICAÇÕES PALEOAMBIENTAIS

Trabalho de Conclusão de Curso de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Apresentado na forma de monografia, junto a disciplina de Projeto Temático III, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Baitelli

Coorientadora: Dr<sup>a</sup> Carla Ennes de Barros

Supervisora: Dr<sup>a</sup> Beatriz Appel Dehnhardt

Porto Alegre

2024

# UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

**Reitor:** Carlos André Bulhões Mendes

**Vice-Reitor:** Patrícia Helena Lucas Pranke

## INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**Diretor:** Nelson Luiz Sambaqui Gruber

**Vice-Diretor:** Tatiana Silva da Silva

Oliveira, Renata Brito de

Correlação entre testemunhos da lagoa dos patos através da associação fossilíferas e isótopos de carbono e oxigênio: implicações paleoambientais. / Renata Brito de Oliveira. - Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2024. [45 f.] ils.

Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia). - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia. Instituto de Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2024.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Baitelli  
Coorientadora: Dr<sup>a</sup> Carla Ennes de Barros  
Supervisora: Dr<sup>a</sup> Beatriz Appel Dehnhardt

1. Moluscos. 2. Lagoa dos Patos. 3. Isótopos estáveis. 4. Assembleias fósseis. 5. Datações por radiocarbono. 6. Holoceno. 7. Geologia Marinha. I. Título.

CDU 551.468.1

---

Catálogo na Publicação  
Biblioteca Instituto de Geociências - UFRGS  
Renata Cristina Grun

CRB 10/1113

RENATA BRITO DE OLIVEIRA

CORRELAÇÃO ENTRE TESTEMUNHOS DA LAGOA DOS PATOS ATRAVÉS DA  
ASSOCIAÇÃO FOSSILÍFERAS E ISÓTOPOS DE CARBONO E OXIGÊNIO:  
IMPLICAÇÕES PALEOAMBIENTAIS

Trabalho de Conclusão de Curso de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Apresentado na forma de monografia, junto a disciplina de Projeto Temático III, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Porto Alegre, 15 de janeiro de 2024

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Fernando Erthal

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

---

Dra. Daiana Boardman

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

---

Dra. Cristiane Bahi dos Santos

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico esta monografia ao meu avô, Renato Alves de Oliveira.

## **Agradecimentos**

Aos meus pais, Rui e Iraci, pelo constante apoio e amor. Os senhores costumam dizer que sou seu orgulho, e vocês também são o meu. Obrigada por serem pais tão presentes e dedicados. Esta conquista é nossa.

Aos meus irmãos e cunhadas, Marcelo, Felipe, Lílian e Juliana por serem exemplo de profissionais e incentivadores do meu futuro.

Aos meus orientadores, por ensinarem como se faz pesquisa e terem tanta paciência no processo (imagino que esta monografia seja a culpa de alguns cabelos brancos a mais). Trabalho algum se faz sozinho, e este é tão meu quanto de vocês. Não tenho palavras para agradecer o esforço que tiveram! Em especial à Carla, que muitas vezes foi como uma mãe e amiga para mim.

Ao grupo de amigos que fiz ao longo da graduação, Pedro, Laís, Caroline, Amanda, Adriana, Christian, Raíssa, Priscila, Misael, Cassia, Natália, Jordana, Laura, Maurício e Lucca. Pelo companheirismo e carinho em todos os momentos. Vocês me deram forças, muitas vezes sem saber (até porque sou um tanto fechada), por estarem junto ou tornando um momento feliz e mais leve. Todos estarão sempre comigo, tanto no coração como nas memórias. A vida é boa e com amigos é melhor ainda!

Ao Colégio Tiradentes e os amigos feitos ao longo do ensino médio. Vocês foram fundamentais na formação da pessoa que me tornei.

Aos queridos professores e professoras, que se dedicam tanto para formarem profissionais de qualidade. Seus ensinamentos e lições serão carregados comigo, independente dos caminhos da vida.

À equipe do CECO, que esteve sempre disposta a ajudar e ensinar.

Ao Instituto de Geociências e Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pela disponibilidade da infraestrutura e estenderem a mão quando necessário.

Ao CNPq, pela bolsa de Iniciação Científica e o constante incentivo à pesquisa no Brasil.

## RESUMO

O presente trabalho foi realizado em três testemunhos holocênicos (PT04, PT06 e PT07) extraídos do interior da Lagoa dos Patos, região centro-sul, Rio Grande do Sul, Brasil. As amostras foram coletadas de 10 em 10 centímetros ao longo dos testemunhos, sendo separada a fração biogênica, identificada, fotografada e moída para as análises dos isótopos estáveis de  $\delta^{13}\text{C}$  e de  $\delta^{18}\text{O}$ . As amostras coletadas identificam as seguintes espécies de moluscos bivalves: *Tawera gayi*, *Caryocorbula caribea*, *Caryocorbula tryoni*, *Caryocorbula* sp., *Brachidonte* sp., *Macra* sp. e *Mytella* sp. (marinhas rasas) e *Erodona mactroides* (mixohalina) e de gastrópodes: *Acteocina bidentata* (marinha rasa), *Heleobia australis* e *Heleobia* sp. (mixohalinas). *Heleobia australis* e *Heleobia* sp., espécies mixohalinas, foram identificadas ao longo dos três testemunhos e adaptam-se a mudanças de salinidade podendo ocorrer também em ambientes marinhos, por essa razão elas não foram, aqui, consideradas. Nos três testemunhos, ocorre a predominância de moluscos marinhos rasos na base, e no topo predominam as *Erodona mactroides*, mixohalinas, associadas a espécies marinhas pequenas e quebradas. Os testemunhos apresentam características semelhantes com predomínio de ambiente marinho raso na base e de ambiente mixohalino no topo, podendo ocorrer pequenos pulsos entre um ou outro intervalo. Com base nos fósseis de moluscos identificados, nos ambientes reconhecidos e nas idades anteriormente estabelecidas pode-se fazer uma correlação entre os testemunhos. Observa-se uma variação das idades nos testemunhos, onde os localizados mais a norte tem sua equivalência de fósseis de moluscos, de ambiente e de idade indicando um intervalo de profundidade maior em direção ao sul, e assim sucessivamente. A idade obtida no testemunho PT04 a 0,50 m (3457 - 3588 AP) corresponderia a do PT06 na profundidade de 1,50 m (3455 - 3578 AP), e provavelmente a do PT07, na profundidade de 1,80 m ou mais profundo, em um ambiente marinho raso. Observa-se que no PT04, o ambiente é mixohalino, enquanto no PT06 e no PT07, o ambiente permanece marinho raso. Isso pode estar relacionado à localização do paleojacuí, que atuava próximo ao testemunho PT04 e já se encontrava fechado e a interferência marinha era menos evidente. Os testemunhos PT07 e PT06 sofreram influência do paleocamaquã que permanecia aberto. O testemunho mais ao norte, PT04 é mais antigo do que o PT06 e este mais antigo que o PT07, mais ao sul, isso pode estar ligado ao fechamento dos canais do paleojacuí e do paleocamaquã.

Palavras-chave: moluscos, Lagoa dos Patos, isótopos estáveis, assembleias fósseis, datações por radiocarbono, Holoceno.

## ABSTRACT

The present work was carried out on three Holocene cores (PT04, PT06, and PT07) extracted from the interior of Lagoa dos Patos, central-southern region, Rio Grande do Sul, Brazil. Samples were collected every 10 centimeters along the cores, with the biogenic fraction separated, identified, photographed, and ground for analyses of  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  isotopes. The collected samples identified the following species of bivalve mollusks: *Tawera gayi*, *Caryocorbula caribea*, *Caryocorbula tryoni*, *Caryocorbula* sp., *Brachidonte* sp., *Macra* sp., and *Mytella* sp. (shallow marine) and *Erodona mactroides* (mixohaline) among gastropods: *Acteocina bidentata* (shallow marine), *Heleobia australis*, and *Heleobia* sp. (mixohaline). *Heleobia australis* and *Heleobia* sp., mixohaline species, were identified along all three cores and adapted to salinity changes, potentially occurring in marine environments as well; for this reason, they were not considered here. In all three cores, there is a predominance of shallow marine mollusks at the base, and at the top, mixohaline species like *Erodona mactroides* prevail, associated with small and fragmented marine species. The cores exhibited similar characteristics with a predominance of shallow marine environment at the base and mixohaline environment at the top, with possible small pulses between intervals. Based on the identified mollusk fossils, recognized environments, and previously estimated ages, a representation can be made between the cores. A variation in ages is observed in the cores, where those located further north have their fossil, environmental, and age equivalence decreasing in a deeper interval towards the south, and so on. The age obtained in core PT04 at 0.50 m (3457 - 3588 BP) would correspond to that of PT06 at a depth of 1.50 m (3455 - 3578 BP) and probably to that of PT07 at a depth of 1.80 m or deeper, in a shallow marine environment. Note that in PT04, the environment is mixohaline, while in PT06 and PT07, the environment remains shallow marine. This may be related to the location of the paleojacuí, which operated near core PT04 and was already closed, with less evident marine interference. Cores PT07 and PT06 were influenced by the paleocamaquã, which remains open. The northernmost core, PT04, is older than PT06, and PT06 is older than PT07, further south; this may be linked to the closure of the paleojacuí and paleocamaquã channels.

Keywords: mollusks, Lagoa dos Patos, stable isotopes, fossil assemblages, radiocarbon dating, Holocene.



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	10
<b>2. OBJETIVOS E METAS</b>	13
<b>3. JUSTIFICATIVA</b>	14
<b>4. REFERENCIAL TEÓRICO</b>	15
4.1. GEOLOGIA DA ÁREA DA PLANÍCIE COSTEIRA DO RIO GRANDE DO SUL (PCRS)	15
4.2. SISTEMA LAGUNAR DA LAGOA DOS PATOS	16
4.3. PALEOCANAIS DA PLANÍCIE COSTEIRA	17
4.4. ISÓTOPOS ESTÁVEIS EM CONCHAS DE MOLUSCOS	19
<b>5. MÉTODOS E ESTRATÉGIA DE AÇÃO</b>	22
5.1. COLETA DOS TESTEMUNHOS	22
5.2. AMOSTRAGEM DOS TESTEMUNHOS	23
5.3. SEPARAÇÃO, IDENTIFICAÇÃO E REGISTRO DAS CONCHAS DE MOLUSCOS	24
5.4. ANÁLISES DOS ISÓTOPOS DE CARBONO E DE OXIGÊNIO	25
5.5. DATAÇÕES POR RADIOCARBONO	25
<b>6. RESULTADOS</b>	27
<b>7. DISCUSSÃO</b>	31
<b>8. CONCLUSÕES</b>	38
<b>9. REFERÊNCIAS</b>	39

## 1. INTRODUÇÃO

A região costeira e lagunar é um ambiente dinâmico que registra as variações e influências ambientais ao longo do tempo geológico (Baitelli (2012); Santos (2015); Dehnhardt (2017) Wingard & Surge (2017)). No contexto do Holoceno superior, a porção central da Lagoa dos Patos, situada no Rio Grande do Sul, Brasil, revela-se como um local de interesse para compreender as mudanças paleoambientais e os efeitos da influência marinha sobre o seu desenvolvimento.

Através da análise de testemunhos holocênicos, especificamente os testemunhos PT04, PT06 e PT07, este trabalho visa reconstruir e interpretar o paleoambiente predominante nessa região. Com o foco nas conchas de moluscos e nas análises dos isótopos estáveis de carbono e oxigênio, busca-se desvendar os padrões e as transformações que moldaram o ambiente lagunar ao longo do tempo.

A análise dos isótopos de carbono e oxigênio possibilita a identificação de ambientes antigos e flutuações de temperatura que ocorreram no passado. Esses dados fornecem informações essenciais para reconstruir o ambiente paleoambiental de uma região específica (Cerling & Hay, 1986). A obtenção de análises isotópicas de alta precisão, aliada a uma interpretação meticulosa dos resultados, desempenha um papel fundamental no avanço das pesquisas nesse campo.

Os moluscos habitam uma ampla variedade de ambientes, incluindo estuários, água doce, áreas de transição salobra e ambientes marinhos. Uma característica marcante desses organismos é a preservação significativa de suas conchas ao longo do tempo. Isso se deve à composição das conchas, principalmente composta de carbonato de cálcio, que pode apresentar-se na forma de calcita ou aragonita. Segundo Leng & Lewis (2016), o crescimento das conchas por deposição em camadas e a baixa mobilidade dos moluscos adultos contribuem para essa preservação. Os autores concluem que estudos que analisam as assembleias de moluscos oferecem indicações sobre mudanças ambientais, como variações no nível do mar, condições climáticas e salinidade. Essas informações também são relevantes para compreender outros aspectos do habitat bentônico e da química ambiental, auxiliando no desenvolvimento de modelos que estimam a idade e evolução dos ecossistemas (Leng & Lewis, 2016).

No âmbito dos estudos paleoambientais, a identificação e caracterização das assembleias de moluscos constituem um ponto chave para compreender as condições ecológicas e as variações ambientais ocorridas (Andreasson *et al.*, 1999; Salvador *et al.*, 2018; Barros *et al.*, 2021). Além disso, a análise dos isótopos estáveis de carbono e oxigênio proporciona conhecimentos valiosos sobre os processos biogeoquímicos e as condições ambientais prevalentes durante o Holoceno superior.

A interdisciplinaridade entre a paleontologia, a geoquímica e a ecologia fornece um arcabouço metodológico robusto para a reconstrução dos paleoambientes (Leng & Lewis (2016), Wingard & Surge (2017)). A integração dessas abordagens permite não apenas identificar os ambientes passados, mas também compreender as interações complexas entre os organismos e o ambiente ao longo do tempo.

Diversos estudos já foram realizados por pesquisadores do Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica, do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (CECO/IG/UFRGS) na Lagoa dos Patos com os mais variados temas.

Nas pesquisas na região utilizando biogênicos destacam-se os trabalhos sobre bioestratigrafia, paleoecologia e distribuição geográfica realizadas por Ihering (1885), Closs (1962), Closs & Medeiros (1965), Cordeiro & Lorscheitter (1994), Medeanic, Dillenburg & Toldo Jr. (2001), Wiggers (2003), Leite *et al.* (2013), Santos (2015), Santos-Fischer *et al.* (2016) e Dehnhardt (2017).

Estudos sedimentológicos, morfológicos, sobre a variação do nível do mar e/ou paleomagnéticos para caracterizar a laguna foram feitos por Martins *et al.* (1989), Toldo Jr. (1989, 1994), Toldo Jr. *et al.* (1991), Toldo Jr. *et al.* (2000), Corrêa, Aliotta & Weschenfelder (2003, 2004), Toldo Jr. *et al.* (2006), Baitelli *et al.* (2007) Calliari *et al.* (2009), Manzolli *et al.* (2018), Miranda *et al.* (2019), Ivanoff *et al.* (2020), Bueno *et al.* (2021), Lopes *et al.* (2022), Miranda *et al.* (2022) e Silva *et al.* (2023).

Análises sismoestratigráficas para estudos de paleocanais na região foram executados por Abreu & Calliari (2005), Weschenfelder, Corrêa & Aliotta (2006), Vasconcellos (2006), Weschenfelder *et al.* (2008 a, b), Pereira, Weschenfelder & Corrêa (2009), Weschenfelder *et al.* (2010 b), Bortolin (2011), Baitelli (2012), Bortolin & Weschenfelder (2012, 2014), Weschenfelder *et al.* (2014) e Bortolin, Weschenfelder & Cooper (2018, 2019).

Entre outras áreas de estudo se destacam Weschenfelder & Corrêa (2018) que pesquisaram sobre sedimentos geradores de gás e Bueno *et al.* (2019) que investigaram impactos antropogênicos na laguna.

Barros *et al.* (2021) efetuaram um trabalho sobre isótopos com o testemunho PT07 (Fig. 2), que também será utilizado neste projeto temático. Neste trabalho, além do testemunho PT07, foram utilizados mais dois testemunhos (PT04 e PT06) coletados na parte centro-sul da Lagoa dos Patos, que está inserida na área da Planície Costeira do Rio Grande do Sul.

## 2. OBJETIVOS E METAS

O objetivo do trabalho é reconstruir o paleoambiente dominante no Holoceno superior na porção central da Lagoa dos Patos a partir do estudo de moluscos retirados de três testemunhos coletados no interior da laguna. Este estudo será feito através da identificação das conchas de moluscos e das análises dos isótopos estáveis de carbono e de oxigênio. Deste modo, ficam definidas as seguintes metas:

⇒ Identificar e caracterizar os paleoambientes através das assembleias de moluscos existentes nos testemunhos.

⇒ Associar e comparar as assembleias de moluscos aos resultados de isótopos estáveis de oxigênio, de carbono e suas datações para a reconstituição/interpretação do paleoambiente.

⇒ Gerar um modelo entre os três testemunhos que correlacione os valores de  $\delta^{18}\text{O}$ , de  $\delta^{13}\text{C}$ , do ambiente e das idades a partir das espécies de moluscos.

### 3. JUSTIFICATIVA

Pesquisas com isótopos estáveis de carbono e de oxigênio podem ser usadas para auxiliar no estudo evolutivo de regiões costeiras. Análises em conchas de moluscos são utilizadas como ferramentas para caracterizar o paleoambiente. Hoje se sabe da importância deste estudo continuado que, quando interpretado em associação às espécies de moluscos, pode fornecer informações paleoambientais representativas sobre a evolução do Holoceno superior na porção central da Lagoa dos Patos.

A integração dos dados obtidos, neste trabalho, permitirá identificar como a influência marinha ocorreu no centro da laguna através de pulsos locais de subida e descida do nível do mar durante o Holoceno superior. Estas informações permitirão a comparação com eventos análogos ocorridos em diversas partes do mundo viabilizando assim melhores interpretações sobre a influência marinha na evolução dos paleoambientes.

## 4. REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1. GEOLOGIA DA ÁREA DA PLANÍCIE COSTEIRA DO RIO GRANDE DO SUL

A Bacia de Pelotas originou-se de eventos tectônicos relacionados à formação do Atlântico Sul. Classificada como uma bacia marginal passiva aberta, situa-se na porção mais meridional da margem brasileira, acumulando aproximadamente 12.000 m de sedimentos continentais, de transição e marinhos. Na parte superior desta sequência encontra-se a Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS) que representa uma extensa área de terras baixas com 33.000 km<sup>2</sup>, caracterizada por um sistema de lagos e lagoas (Jost, 1971; Villwock & Tomazelli, 1995).

A linha de costa da PCRS possui uma extensão de 620 km, partindo da desembocadura do Rio Mampituba, ao norte, até a foz do Arroio Chuí. Na parte norte, a largura é mais estreita devido à proximidade da escarpa da Serra Geral, atingindo entre 10 a 15 km. Na parte sul, pode chegar a até 100 km de largura (Tomazelli *et al.*, 2007).

A análise sedimentar em amostras de poços perfurados na PCRS aponta que esta possui composição siliciclástica e com espessura máxima de 1.515 m. O embasamento na parte sul e central é composto por rochas granítico-gnáissicas pré-cambrianas e na parte norte, por rochas sedimentares e vulcânicas de idade Mesozoica da Bacia do Paraná (Closs, 1970).

Os sedimentos que estão depositados na PCRS, na parte central e sul, têm como fonte as rochas ígneas e metamórficas do Escudo Uruguaio-Sul-rio-grandense. A parte norte recebeu material das rochas sedimentares e vulcânicas da Bacia do Paraná. As duas áreas fontes possuem diferenças tanto na composição quanto no relevo, ficando marcadas pelos padrões dos sedimentos detritais nelas depositados (Tomazelli *et al.*, 2007).

## 4.2. SISTEMA LAGUNAR DA LAGOA DOS PATOS

A Lagoa dos Patos se formou ao mesmo tempo da consolidação da atual linha de costa do estado do Rio Grande do Sul e está protegida das águas do Oceano Atlântico por um sistema de barreiras arenosas. Na porção ao sul da Lagoa dos Patos, a água oceânica entra por um único canal, localizado na cidade de Rio Grande, responsável pelo “diálogo” da laguna com o oceano.

A planície costeira, ao lado da Lagoa dos Patos, possui elevações médias de 6 m e é composta por depósitos arenosos que são cruzados por pequenos cursos de água. Os depósitos arenosos marginais estão relacionados aos 4 eventos transgressivos/regressivos que ocorreram na região, e que desenvolveram 4 sistemas deposicionais do tipo Laguna Barreira, os sistemas I, II e III ocorreram durante o Pleistoceno e o sistema IV formou-se durante o Holoceno (Jost, 1971; Villwock *et al.*, 1986; Baitelli *et al.*, 2007; Baitelli, 2012).

A laguna, segundo seu eixo maior, tem orientação NE-SW (Fig.2), paralela à costa (Toldo Jr., 1994), situada entre os paralelos 30°12'S e 32°30'S (Asmus, 1998). Apresentando 240 km de extensão, largura média de 40 km e profundidade média de 6 m, cobrindo uma área de aproximadamente 10.000 km<sup>2</sup>, o que corresponde aproximadamente a um terço da Planície Costeira gaúcha (Baitelli *et al.*, 2007). O segmento central corresponde a aproximadamente 80% da laguna e é margeado por pântanos de água doce e praias arenosas. O estuário liga a laguna ao Oceano Atlântico através do canal de Rio Grande na parte sul representando 10% da área com 971 km<sup>2</sup> (Asmus, 1998).

A área de drenagem que abastece a laguna é de aproximadamente 170.000 km<sup>2</sup>, grande parte dessas águas vêm dos rios Jacuí, Sinos, Caí e Gravataí, que fazem parte do sistema do rio Guaíba, localizado ao oeste da cidade de Porto Alegre. Por conta da grande quantidade de água doce, a salinidade na laguna apresenta valores em torno de 3 psu. O Rio Camaquã também faz parte do abastecimento, mas com menor aporte de água doce (Baitelli, 2012). Segundo (Baitelli *et al.*, 2007), apesar de estar protegida do oceano pelo sistema de barreiras arenosas, a laguna ainda passa por influência do oceano em maior intensidade na parte sul onde a água entra pelo canal de Rio Grande.



As margens da laguna são arenosas, enquanto o fundo é lamoso e plano. Os sedimentos do fundo possuem menos de 4% de areia e são constituídos de silte e silte argiloso na metade norte, e na metade sul, são compostos por uma argila siltosa, de cor verde acinzentada. As lamas são trazidas principalmente pelo Rio Guaíba e sua deposição acontece nas profundidades abaixo do nível base de erosão (Baitelli *et al.*, 2007).

Na elaboração deste trabalho, foram utilizados três testemunhos (PT04, PT06 e PT07) que foram coletados na célula central da Lagoa dos Patos.

#### 4.3. PALEOCANAIS DA PLANÍCIE COSTEIRA

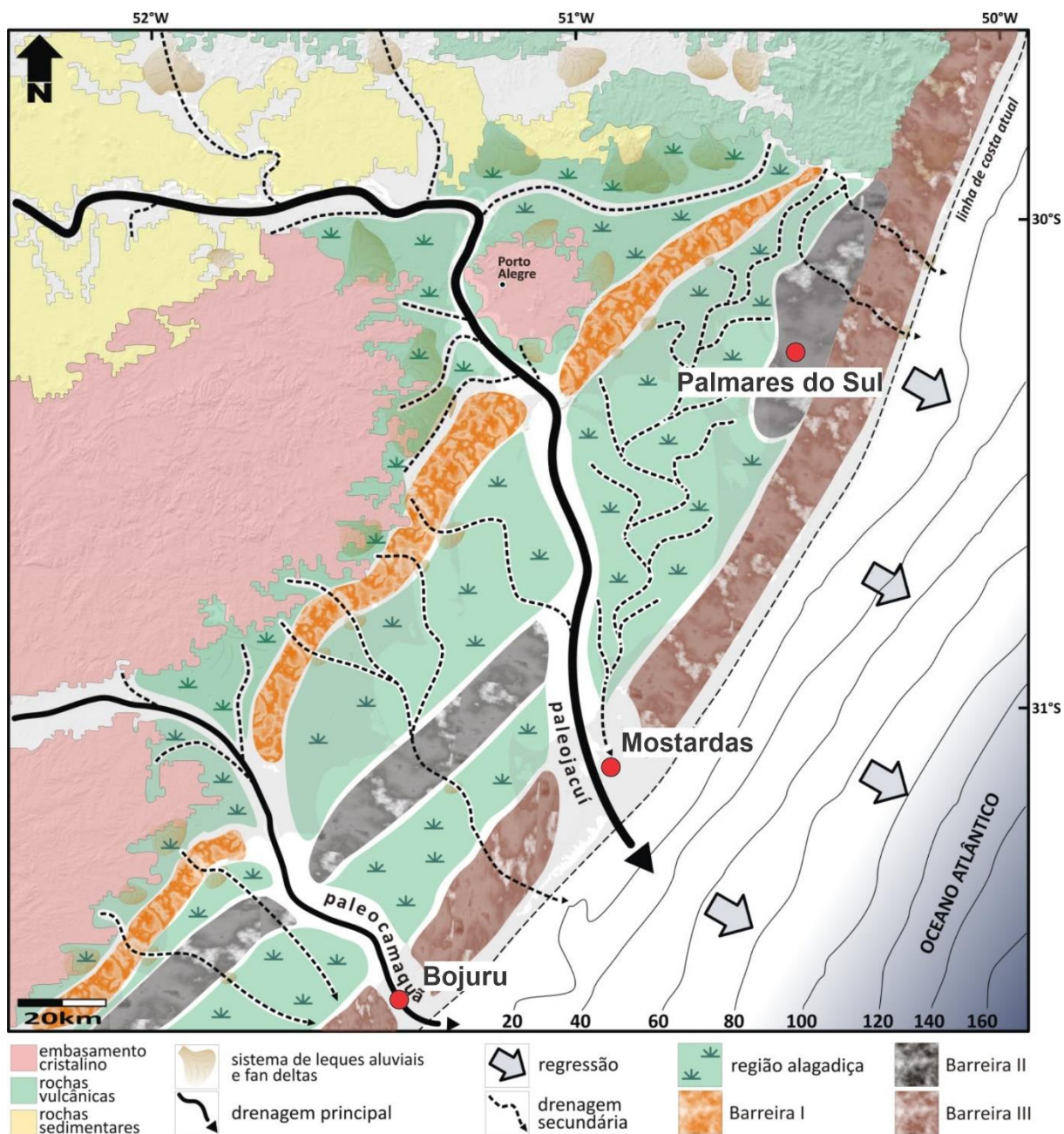
A metade leste do estado do Rio Grande do Sul é drenada por diversos rios que deságuam na Lagoa dos Patos, a maior lagoa do Brasil em área. As nascentes localizadas ao norte sobre a sequência vulcânica do Serra Geral e os principais cursos d'água que se formam são os rios Jacuí, Sinos e Taquari. Estes rios se unem para dar origem ao Rio Guaíba, cuja vazão média anual atinge 2.000 m<sup>3</sup>/s (Marques, 2005). Nas regiões centrais do estado, as nascentes se desenvolvem sobre o embasamento e têm como canal de maior importância o Rio Camaquã, que é o principal curso d'água dessa área e deságua diretamente na laguna com uma vazão média anual é de 400 m<sup>3</sup>/s (Vaz, 2003).

No passado, estes canais cruzavam a área da laguna antes da formação final da Barreira IV. Estudos realizados por Ortiz (1995) através de ecogramas de 7kHz auxiliaram na identificação do canal fluvial do Rio Camaquã durante o Pleistoceno. Segundo o autor, devido ao seu curso baixo, escavou os leques aluviais do Plioceno e Pleistoceno. O desenvolvimento do vale nesta porção do rio possivelmente ocorreu durante o Pleistoceno Inferior e Médio, em especial durante a queda de 130 m do nível do mar que é relacionada ao máximo glacial Wisconsiniano. O autor ainda define que durante os episódios transgressivos pós-glaciais, o vale inciso formado pelo Rio Camaquã funcionava como local de deposição de sedimentos costeiros e continentais de diversos processos sedimentares.

Weschenfelder *et al.* (2010a e b) utilizaram registros de alta resolução (3,5 e 7,0 kHz) realizados na Lagoa dos Patos. Através da interpretação destes registros,

observaram a existência de canais soterrados profundos na zona costeira do Rio Grande do Sul que existiam antes da formação da planície costeira atual. Ao correlacionar com o continente este sistema de paleodrenagem pode ser ligado ao atual curso do Rio Camaquã. Na planície costeira e na plataforma continental, pode-se reconhecer o percurso da paleodrenagem, que representa um sistema fluvial-plataformal ligando a bacia de drenagem continental aos depocentros da bacia marginal, atravessando a plataforma continental durante um evento de regressão forçada.

Baitelli (2012) e Weschenfelder et al. (2008a, 2010a e b e 2014) realizaram uma análise profunda da evolução dos paleocanais dos rios Camaquã e Jacuí, empregando dados sísmicos e estudos isotópicos em fósseis. Durante episódios de mar alto, ambos os paleocanais se transformaram em *inlets*, enquanto durante os períodos de mar baixo, atuaram como canais incisivos. Ao longo dos últimos 500 ka AP, o curso do paleocamaquã permaneceu relativamente estável, seguindo em direção à cidade de Bojuru (RS). Durante os períodos de mar baixo, o paleojacuí escavava a Planície Costeira do Rio Grande do Sul e a plataforma adjacente, resultando em cotas de leito que alcançavam até 5 metros abaixo do nível do mar atual. Durante esses episódios, a saída para o mar do paleojacuí situava-se entre as latitudes 30° S e 31° S, na região de Palmares do Sul (RS). Esta primeira saída esteve ativa durante o sistema Barreira II, sendo bloqueada posteriormente pelos sedimentos do sistema Barreira III, que se desenvolveu há 133 ka AP. Conforme observado por Baitelli (2012), esse evento ocorreu na direção oeste, sobre a planície de inundação e os depósitos do antigo Rio Jacuí. O paleojacuí estabeleceu sua segunda saída na região de Mostardas (RS), ao sul de sua primeira saída. Ambas as saídas dos paleocanais (Jacuí e Camaquã) foram obstruídas pelos sedimentos que moldaram a Barreira IV, com formação ocorrida há 6 ka AP.



**Figura 1.** Localização dos antigos cursos dos rios Jacuí e Camaquã. Modificado de Baitelli (2012).

#### 4.4. ISÓTOPOS ESTÁVEIS EM CONCHAS DE MOLUSCOS

O uso das razões isotópicas de oxigênio ( $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ), registradas em conchas carbonáticas de moluscos, é um modo de obter informações sobre o ambiente em determinado período. Segundo Leng & Lewis (2016), o  $^{18}\text{O}$ , que não foi alterado pela diagênese e está presente na concha do molusco, se precipita em equilíbrio isotópico

em função da água e da temperatura no momento de formação da concha, quando o animal viveu. Em moluscos de ambientes estuarinos, as espécies de água doce registram e preservam as mudanças na água (evaporação, precipitação e temperatura) através do  $^{18}\text{O}$ . Nos ambientes aquáticos, tanto de água doce como marinha, o  $\text{CO}_2$  e o carbono inorgânico dissolvido (CID) são as principais fontes de carbono para as conchas de moluscos. O  $\delta^{13}\text{C}$ , que é a razão entre  $^{13}\text{C}$  e o  $^{12}\text{C}$ , pode refletir processos de mudança na salinidade da água (Leng & Lewis, 2016).

Moluscos são excelentes para reconstruções de paleoambiente na área costeira, pois são formados por calcita com baixo teor de magnésio, por isso são resistentes à recristalização (Al-Aasm & Veizer, 1986), possuem uma grande distribuição temporal e espacial e passam sua vida fixos no substrato, o que permite a reconstrução ambiental através de parâmetros locais de temperatura e de salinidade (Briard *et al.*, 2020).

A utilização de isótopos estáveis para a reconstrução ambiental tem sido um método amplamente utilizado para a interpretação de paleoambientes. Andreasson *et al.* (1999) utilizaram análises isotópicas de carbono e de oxigênio em conchas de moluscos de amostras extraídas na costa sul do fiorde Gullmarn (Suécia), para testar a aplicabilidade deste tipo de análise na avaliação paleoambiental de áreas marinhas costeiras. Para conchas de água doce, os perfis de  $\delta^{18}\text{O}$  e de  $\delta^{13}\text{C}$  foram congruentes com a faixa anual de temperatura da superfície da água, indicando precipitação das conchas durante as temperaturas mínimas no inverno. Os picos de  $\delta^{18}\text{O}$  na época da primavera indicam a detecção de sazonalidade em áreas próximas a descargas de água. Andreasson *et al.* (1999) também observam uma correlação negativa (comportamento espelhado) entre o  $\delta^{18}\text{O}$  e o  $\delta^{13}\text{C}$  na superfície d'água durante o verão provavelmente causada pelo aumento de  $\delta^{13}\text{C}$ , devido ao fitoplâncton.

No sudeste da Alemanha (Sandelzhausen), Salvador *et al.* (2018) realizaram uma reconstrução ecológica utilizando análises isotópicas do carbonato das conchas de moluscos de água doce e moluscos terrestres junto da paleoecologia dos mesmos durante o Mioceno. Mediante esses parâmetros, foi possível a identificação de ambientes ao longo das profundidades, com a porção basal correspondendo a uma área pantanosa com lagoas e/ou lagos marginais. A classificação deste ambiente é suportada/confirmada pela covariação (comportamento concordante) entre dados isotópicos de carbono e de oxigênio, indicando um sistema fechado e propenso a eventos sazonais de inundação. Conforme o ambiente evoluiu, tornou-se um lago

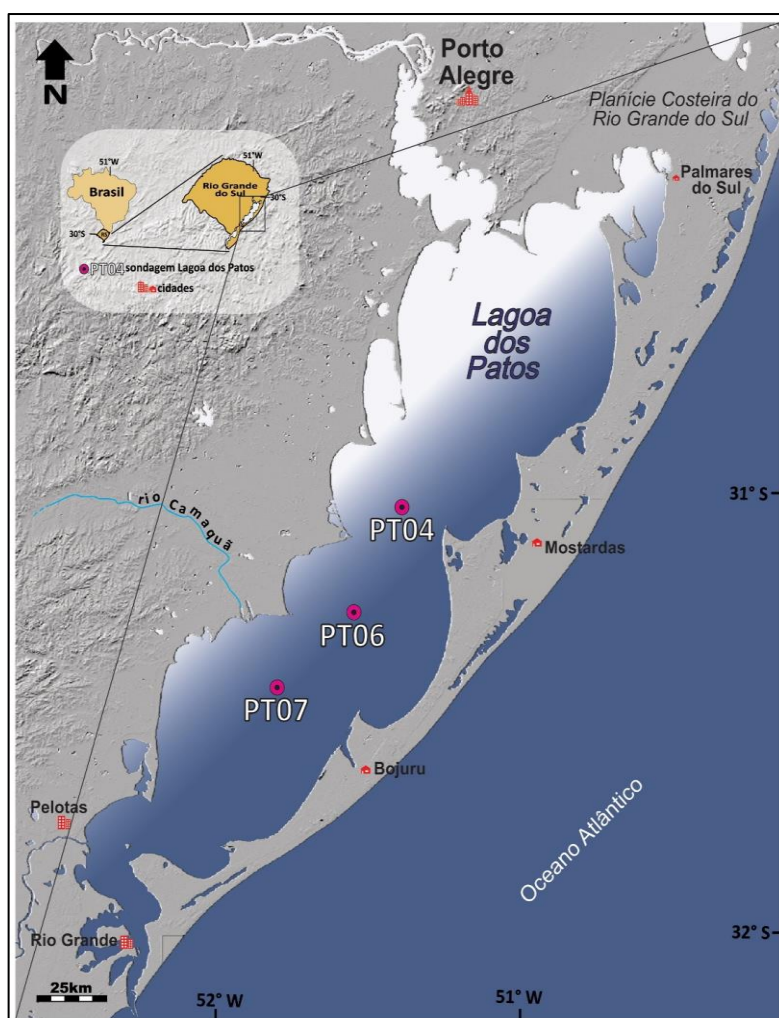
perene, indicado pelo aparecimento de espécies aquáticas intolerantes à dessecação e a desconexão entre os sinais isotópicos (comportamento espelhado).

Barros *et al.* (2021) efetuaram uma reconstrução paleoambiental utilizando conchas de moluscos da Lagoa dos Patos, através de análises isotópicas no testemunho PT07, de interesse deste Projeto Temático. Três zonas distintas foram identificadas. Uma Zona Marinha Rasa, base do testemunho, composta por *Carycorbula tryoni*, *Acteocina bidentata* e *Tawera gayi* de comportamento isotópico de caráter espelhado entre os valores de  $\delta^{18}\text{O}$  e de  $\delta^{13}\text{C}$  e a temperatura média de 17 °C. Uma Zona de Transição, logo acima, onde não foram encontrados moluscos fósseis. E uma Zona Mixohalina, topo do testemunho, constituída por moluscos da espécie *Erodona mactroides* onde os valores de  $\delta^{18}\text{O}$  e de  $\delta^{13}\text{C}$  expressam um comportamento concordante e um aumento da temperatura em 5 °C atingindo 22 °C.

## 5. MÉTODOS E ESTRATÉGIA DE AÇÃO

### 5.1. TESTEMUNHOS

Os testemunhos, utilizados nesse trabalho foram coletados na parte centro-sul da Lagoa dos Patos e são denominados PT04, PT06 e PT07 (Fig. 2), tendo sido coletados por testemunhagem de gravidade (Ivanoff (2020) e Lopes *et al.* (2022)) (Tab. 1).



**Figura 2.** Mapa da região da Lagoa dos Patos com os locais de coleta dos testemunhos (modificado de Baitelli, 2012).

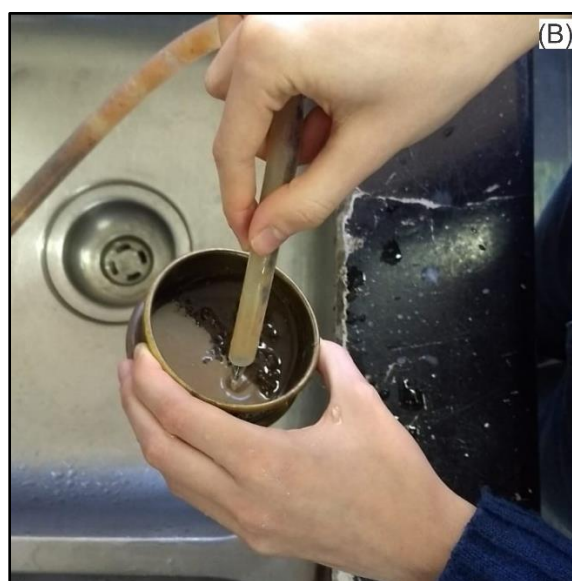


**Tabela 1.** Coordenadas, profundidade da lâmina d'água e comprimento dos testemunhos PT04 (Ivanoff, 2020), PT06 (Lopes *et al.*, 2022) e PT07 (Ivanoff, 2020).

TESTEMUNHO	LATITUDE (S)	LONGITUDE (W)	LÂMINA D'ÁGUA (m)	COMPRIMENTO (m)
<b>PT04</b>	31° 01' 55"	51° 18' 04"	5,69	3,79
<b>PT06</b>	31° 16' 44"	51° 26' 36"	6,12	3,49
<b>PT07</b>	31° 26' 52"	51° 40' 10"	6,44	3,55

## 5.2. AMOSTRAGEM DOS TESTEMUNHOS

No laboratório, os testemunhos foram serrados longitudinalmente ao meio, do topo até a base, então as amostras foram coletadas em intervalos de 10 cm com auxílio de uma seringa adaptada. Cerca de 25 g de sedimento inconsolidado foram retirados em cada amostra. As amostras foram lavadas em água corrente com o auxílio de uma peneira com malha igual a 0,062 mm, colocadas em cadinhos de cerâmica e aquecidos em uma estufa a constantes e controlados 60 °C. Esse processo foi repetido até que as amostras estivessem completamente desagregadas (Fig.3).



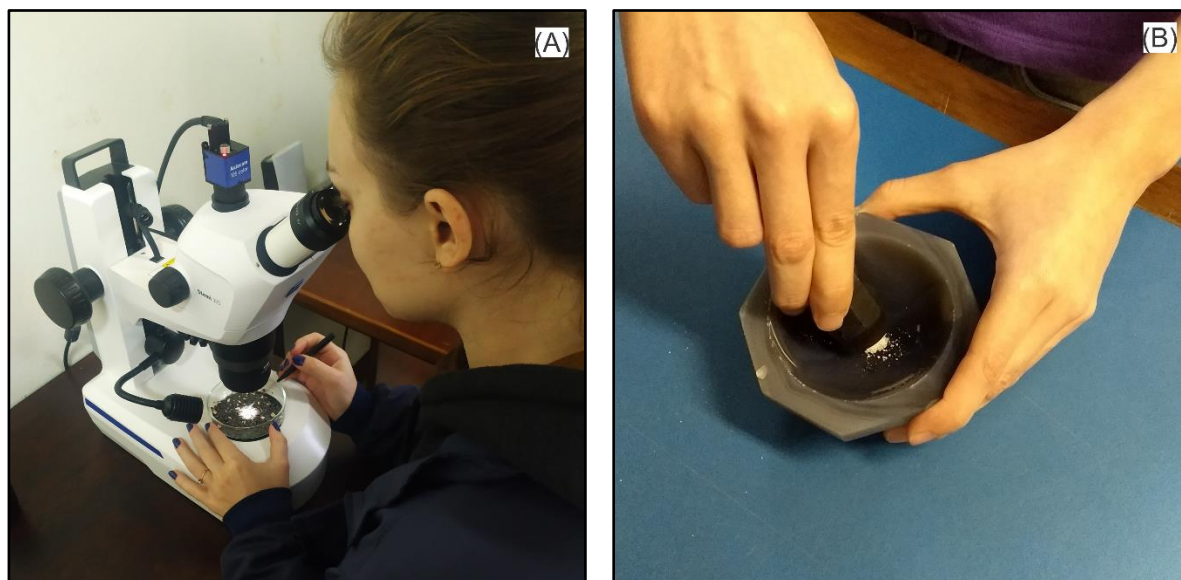


**Figura 3.** (A) Amostragem, (B), lavagem e (C) secagem das amostras. Acervo pessoal.

### 5.3. SEPARAÇÃO, IDENTIFICAÇÃO E REGISTRO DAS CONCHAS DE MOLUSCOS

Os espécimes foram retirados manualmente do sedimento e armazenados em lâminas micropaleontológicas para classificação taxonômica sob um estereomicroscópio da marca ZEISS® modelo Stemi 305. A identificação foi feita com base em Rios (2009) e os dados ecológicos sobre as espécies baseados nas publicações: Closs & Forti (1971), Forti-Esteves (1974), Veitenheimer-Mendes (1993), Silva (2003) e Rios (2009). No seguimento, as conchas foram moídas utilizando-se um almofariz de ágata seguindo critérios de classificação por táxon e por profundidade para serem enviadas ao laboratório de análises isotópicas (Fig. 4).





**Figura 4.** (A) separação e identificação dos moluscos e (B) moagem. Acervo pessoal.

#### 5.4. ANÁLISES DOS ISÓTOPOS DE CARBONO E DE OXIGÊNIO

As razões estáveis dos isótopos, utilizadas para a caracterização do paleoambiente, serão obtidas no Laboratório de Geologia Isotópica (LGI), Centro de Estudos em Petrologia e Geoquímica (CPGq) do Instituto de Geociências (IGEO) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) usando um espectrômetro de massa Delta V Advantage acoplado a um Dispositivo Gas Bench II. Todos os dados de  $\delta^{13}\text{C}$  e de  $\delta^{18}\text{O}$  são relatados por mil em relação ao VPDB (*Vienna Pee Dee Belemnite*, padrão de referência internacional para isótopos de carbono).

#### 5.5. DATAÇÕES POR RADIOCARBONO

As datações utilizadas foram realizadas no Laboratório de Radiocarbono (LAC) da Universidade Federal Fluminense (UFF), a partir da técnica de Espectrometria de Massa com Aceleradores (AMS) (Tab. 2).

**Tabela 2.** Idades AMS dos testemunhos PT04, PT06 e PT07 analisados no presente estudo. Informações sobre número das amostras, idade convencional ( $C^{14}$  idade AP) e idades calibradas (idades cal AP) e o material usado nas datações. A tabela mostra quais tipos de materiais foram usados para a datação, o laboratório onde o procedimento foi realizado, a profundidade de cada amostra, as idades encontradas, sigma final e as referências.

Testemunho	Prof. (m)	Idade (anos)	Corrigidas (Int Cal 20) AP	$\delta^2$	Laboratório	Material	Referência
PT04	0,50	3319 ± 29	3457 - 3588	0,96	UFF	<i>Erodona mactroides</i> , <i>Heleobia</i> sp., Cirrípede, <i>Acteocina bidentata</i> , <i>Mactra isabelleana</i>	Lopes et al. (2022)
	1,10	3572 ± 29	3825 - 3931	0,81	UFF	<i>Erodona mactroides</i> , <i>Tawera gayi</i>	Ivanoff (2020)
	2,00	3772 ± 30	4080 - 4240	0,92	UFF	<i>Mactra isabelleana</i> , <i>Heleobia australis</i> , <i>Acteocina bidentata</i>	Lopes et al. (2022)
	3,00	3947 ± 28	4291 - 4447	0,83	UFF	<i>Acteocina bidentata</i> , <i>Nucula semiornata</i> , <i>Tawera gayi</i> , <i>Heleobia</i> sp.	Lopes et al. (2022)
PT06	1,20	3146 ± 27	3334 - 3446	0,77	UFF	<i>Caryocorbula</i> sp.	Lopes et al. (2022)
	1,50	3311 ± 27	3455 - 3578	1,00	UFF	<i>Tawera gayi</i> , <i>Heleobia</i> sp., <i>Mactra isabelleana</i>	Lopes et al. (2022)
	2,00	3477 ± 29	3688 - 3833	0,94	UFF	<i>Mactra isabelleana</i> , <i>Erodona mactroides</i> , <i>Heleobia</i> sp.	Lopes et al. (2022)
	3,20	3967 ± 27	4398 - 4453	0,50	UFF	<i>Mactra isabelleana</i>	Lopes et al. (2022)
PT07	1,20	3054 ± 27	3205 - 3355	0,95	UFF	<i>Erodona mactroides</i>	Ivanoff (2020)
	2,50	3461 ± 26	3876 - 4004	1,00	UFF	<i>Heleobia australis</i> , <i>Heleobia</i> sp., <i>Tawera gayi</i> , <i>Caryocorbula</i> sp.	Ivanoff (2020)

## 6. RESULTADOS

A identificação taxonômica realizada nos testemunhos PT04, PT06 e PT07 permitiu o reconhecimento de onze espécies de moluscos: *Erodona mactroides*, *Tawera gayi*, *Caryocorbula caribea*, *Caryocorbula tryoni*, *Caryocorbula* sp., *Brachidonte* sp., *Mactra isabelleana* *Nucula semiornata*, *Mactra* sp. e *Mytella* sp. de bivalves e *Acteocina bidentata*, *Heleobia australis* e *Heleobia* sp. de gastrópodes (Fig. 5). As espécies foram separadas em marinhas e mixohalinas, conforme as características ecológicas de seus ambientes típicos (Closs & Forti, 1971, Forti-Esteves, 1974, Veitenheimer-Mendes, 1993; Silva, 2003 e Rios, 2009). Ivanoff (2020) e Lopes *et al.* (2022) também encontraram nestes testemunhos espécimes de *Mactra isabelleana* e *Nucula semiornata*. As espécies *Tawera gayi*, *Caryocorbula caribea*, *Caryocorbula tryoni*, *Caryocorbula* sp., *Brachidonte* sp., *Mactra* sp., *Mytella* sp. e *Acteocina bidentata* são típicas de ambiente marinho e *Erodona mactroides*, *Heleobia australis* e *Heleobia* sp. caracterizam um ambiente mixohalino (Tab. 3).

**Tabela 3.** Dados ecológicos dos moluscos estudados nos testemunhos. (1) Rios (2009), (2) Silva (2003). Os gêneros com asterisco (\*) em Habitat não tiveram o mesmo definido pois não se pode identificar a espécie. Na coluna Referência, estão os trabalhos que primeiro identificaram esta espécie nestes testemunhos.

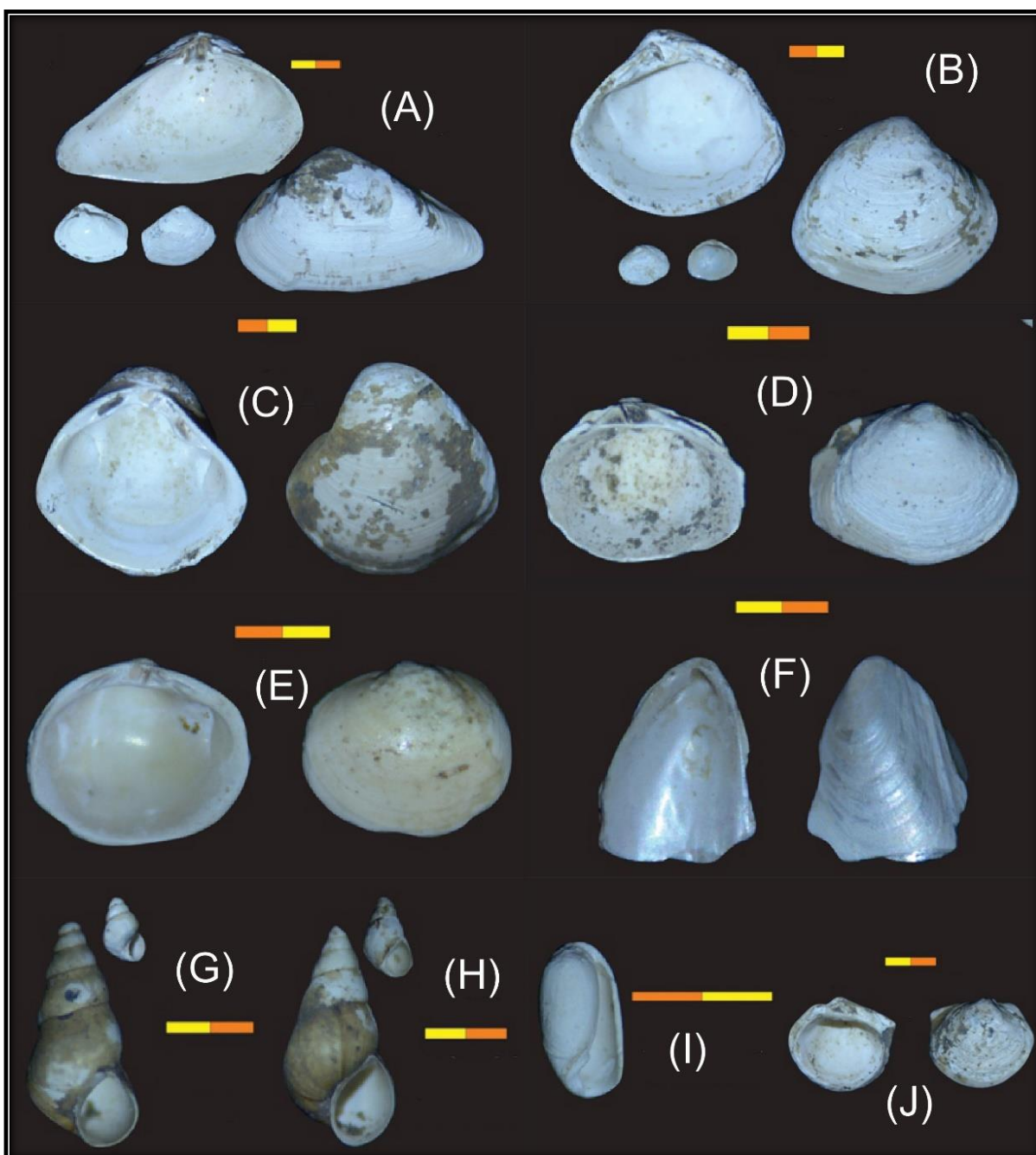
	Moluscos	Habitat	Referência
<b>Gastrópodes</b>	<i>Acteocina bidentata</i> (Orbigny, 1811) (1)	Marinho (1)	Barros <i>et al.</i> (2021)
	<i>Heleobia australis</i> (Orbigny, 1835) (2)	Mixohalino (2)	Barros <i>et al.</i> (2021)
	<i>Heleobia</i> sp. (?)	*	Barros <i>et al.</i> (2021)
<b>Bivalves</b>	<i>Tawera gayi</i> (Hupe, 1851) (1)	Marinho (1)	Ivanoff (2020)
	<i>Caryocorbula tryoni</i> (E.A. Smith, 1880) (1)	Marinho (1)	Barros <i>et al.</i> (2021)
	<i>Erodona mactroides</i> (Bosc, 1802) (2)	Mixohalino (1)	Ivanoff (2020)
	<i>Caryocorbula caribea</i> (Orbigny, 1842) (1)	Marinho (1)	
	<i>Mactra isabelleana</i> (Orbigny, 1846)	Marinho (1)	Lopes <i>et al.</i> (2022)
	<i>Nucula semiornata</i> (Orbigny, 1846)	Marinho (1)	Lopes <i>et al.</i> (2022)
	<i>Caryocorbula</i> sp.	*	Barros <i>et al.</i> (2021)
	<i>Mactra</i> sp.	*	
<i>Mytella</i> sp.	*		

As espécies *Heleobia australis* e *Heleobia* sp. estão presentes nos três testemunhos e são adaptáveis para o ambiente marinho e mixohalino, pois segundo

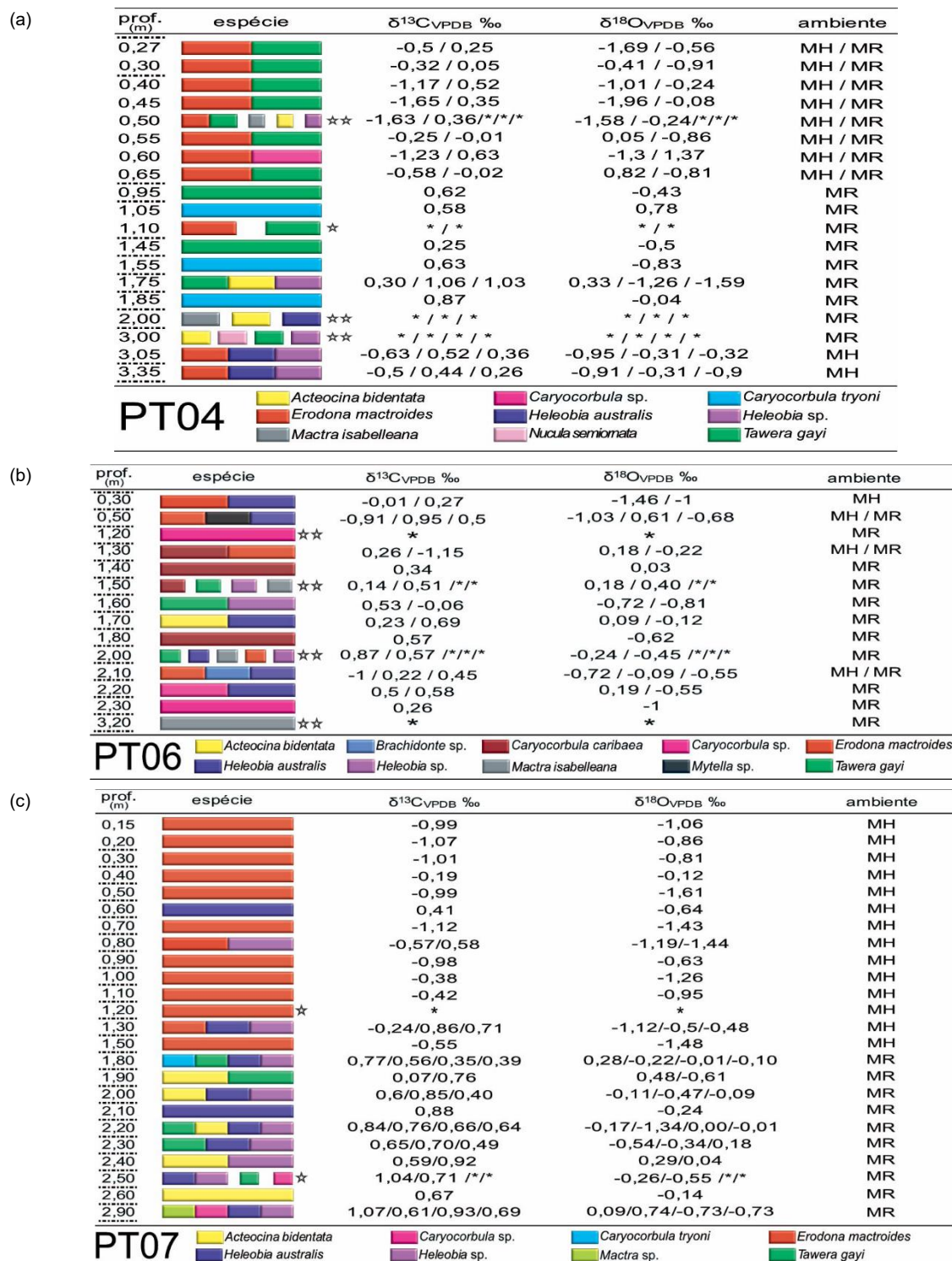
Neves *et al.* (2011), este gênero consegue suportar maiores salinidades ao enterrar-se 2 cm no substrato, o que facilita a filtração da água pelo organismo.

Análises isotópicas realizadas nas conchas dos moluscos forneceram os valores de  $\delta^{18}\text{O}$  e de  $\delta^{13}\text{C}$  utilizados neste trabalho (Fig. 6). A espécie *Erodona mactroides* apresenta em sua maioria valores isotópicos negativos tanto para  $\delta^{18}\text{O}$  quanto para  $\delta^{13}\text{C}$ , com exceção das profundidades 0,55 m e 0,65 m no testemunho PT04 em que os valores de  $\delta^{18}\text{O}$  foi negativo. As espécies marinhas apresentam valores positivos para  $\delta^{13}\text{C}$ , exceto nas profundidades 0,55 m e 0,65 m no testemunho PT04 com a espécie *Tawera gayi* em que os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  foram negativos. Para  $\delta^{18}\text{O}$ , as espécies marinhas apresentam valores positivos e negativos.

O cálculo das temperaturas teve como resultado a variação temperatura entre 11 °C e 26 °C e estão representados na tabela 4. Para as espécies mixohalinas a média da temperatura foi 21 °C e para as espécies marinhas foi 17 °C.



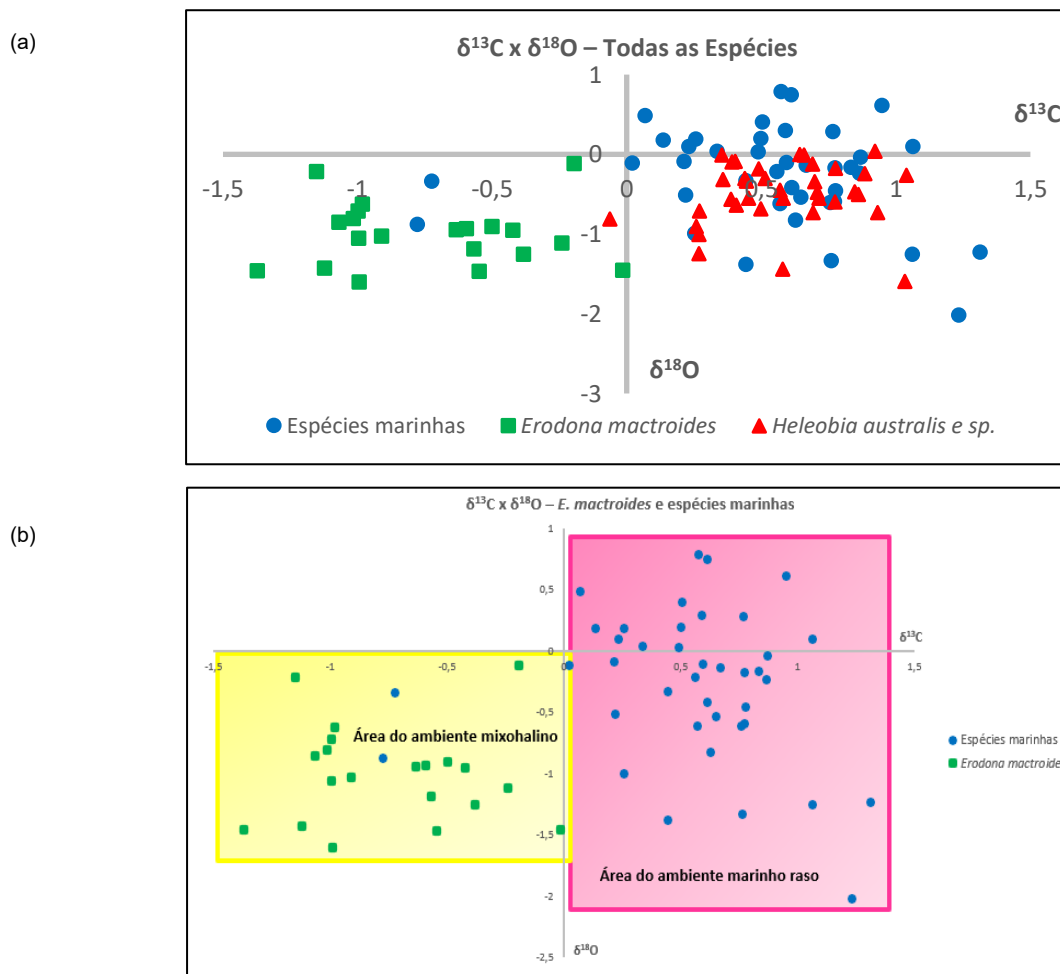
**Figura 5.** Espécies de conchas de moluscos registradas nos testemunhos PT04, PT06 e PT07. (A) *Erodona mactroides*, (B) *Tawera gayi*, (C) *Caryocorbula tryoni*, (D) *Caryocorbula caribea*, (E) *Mactra* sp., (F) *Brachidonte* sp., (G) *Heleobia* sp., (H) *Heleobia australis*, (I) *Acteocina bidentata*, (J) *Caryocorbula* sp. Escala das barras = 1 mm. Fotos obtidas com estereomicroscópio (ZEISS® Stemi 305) com câmera acoplada (ZEISS® Axiocam 105).



**Figura 6.** Testemunhos PT04 (a), PT06 (b) e PT07(c) com as respectivas profundidades, espécies de moluscos e seus valores de  $\delta^{18}\text{O}$  e de  $\delta^{13}\text{C}$  e ambiente ecológico. Os moluscos com uma estrela foram identificados por Ivanoff (2020) e os com duas estrelas por Lopes *et al.* (2022) nas profundidades determinada. Na coluna de ambiente, MR significa "Marinho Raso" e MH "MixoHalino". Os dados do PT07 foram retirados de Barros *et al.* (2021)

## 7. DISCUSSÃO

As espécies *Heleobia australis* e *Heleobia* sp. caracterizam ambiente mixohalino, conseguem suportar mudanças de salinidade e viver também em ambientes marinhos. Entretanto, estudos sobre isótopos de carbono e de oxigênio realizados por Oliveira & Corrêa (2022) e Barros *et al.* (2022) mostram que elas não refletem o ambiente onde estão inseridas. Para a caracterização de um ambiente, os valores isotópicos do gênero *Heleobia* não forneceram dados representativos, apesar de servirem como bons delineadores paleontológicos. Por esta razão elas não serão consideradas neste trabalho (Fig. 7).



**Figura 7.** (a) Gráfico de  $\delta^{13}\text{C} \times \delta^{18}\text{O}$  de espécies encontradas nos testemunhos PT04, PT05, PT06 e PT07 com *E. mactroides*, *H. australis*, *Heleobia* sp. e espécies marinhas. (b) Gráfico de  $\delta^{13}\text{C} \times \delta^{18}\text{O}$  de espécies encontradas nos testemunhos PT04, PT05, PT06 e PT07 com *E. mactroides* e espécies marinhas, áreas definidas no gráfico para cada ambiente. Retirados de Barros *et al.* (2022)



O testemunho PT04 (Fig. 6) mostra a presença de *Erodona mactroides* na base entre as profundidades de 3,35 m a 3,05 m, caracterizando um ambiente mixohalino. Na profundidade de 3,00 m a 2,95 m, ocorrem as espécies *Acteocina bidentata*, *Nucula semiornata* e *Tawera gayi*, indicando ambiente marinho raso. De 2,95 m a 2,05 m não foram encontrados moluscos. Na profundidade de 2,0 m, encontram-se as espécies *Mactra isabelleana* e *Acteocina bidentata* identificando um ambiente marinho raso. No intervalo de 1,85 m a 0,95 m *Acteocina bidentata*, *Tawera gayi* e *Caryocorbula tryoni* indicam um ambiente marinho raso. Nas profundidades entre 0,90 m e 0,70 m, não foram identificados moluscos. De 0,65 m a 0,27 m, topo do testemunho, foram reconhecidas as espécies *Erodona mactroides* e *Tawera gayi*, a primeira com espécimes bem preservados, e a segunda com espécimes pequenos e quebrados. A frequência com que os espécimes de *Erodona mactroides* estão registradas neste intervalo e o seu estado de preservação (Oliveira & Corrêa, 2023), nesta porção do testemunho, poderia caracterizar um ambiente mixohalino.

No testemunho PT06 (Fig. 6), a 3,20 m de profundidade, base do testemunho, ocorre a espécie *Mactra isabelleana*, indicando ambiente marinho raso. Na profundidade de 3,15 m até 2,35 m, não foram encontrados fósseis de moluscos. De 2,30 m a 1,20 m, ocorrem os fósseis de moluscos de espécies marinhas (*Caryocorbula caribea*, *Tawera gayi*, *Acteocina bidentata* e *Brachidonte* sp.), caracterizando um ambiente marinho raso. O intervalo anterior (3,15 - 2,35 m), onde não foram encontrados fósseis de moluscos, infere-se que também seja considerado como de ambiente marinho raso. A *Erodona mactroides* é encontrada em duas profundidades (2,10 m e em 1,30 m) com espécimes não tão bem preservados e raros. De 1,15 m a 0,55 m de profundidade não foram observados moluscos, podendo caracterizar uma zona de transição, devido à presença da espécie mixohalina *Erodona mactroides* (1,30 m) no topo do intervalo anterior, e de *Mytella* sp. (0,50 m), gênero característico de ambiente marinho, na base do intervalo mixohalino que vem no seguimento. No intervalo de 0,50 m a 0,30 m, topo do testemunho, ocorre *Erodona mactroides*, indicando ambiente mixohalino.

Segundo Barros *et al.* (2021), no testemunho PT07 (Fig. 6), intervalo de 2,90 m até 1,80 m são identificadas as espécies *Acteocina bidentata*, *Tawera gayi*, *Caryocorbula tryoni* e *Mactra* sp., características de ambiente marinho raso. Neste intervalo marinho raso, em algumas, profundidades não foram encontrados fósseis de moluscos (2,85 - 2,65 m; 2,55 m; 2,45 m; 2,35 m; 2,15 - 2,05 m e 1,95 m). Entre as



profundidades de 1,50 m e 0,10 m, foram encontrados espécimes de *Erodona mactroides*, caracterizando um ambiente mixohalino. Neste intervalo, também ocorrem profundidades em que não foram encontrados fósseis de moluscos (1,45 - 1,35 m; 1,25 m; 1,15 m; 1,05 m; 0,95 m; 0,65 - 0,55 m; 0,45 m; 0,35 m e 0,27 m).

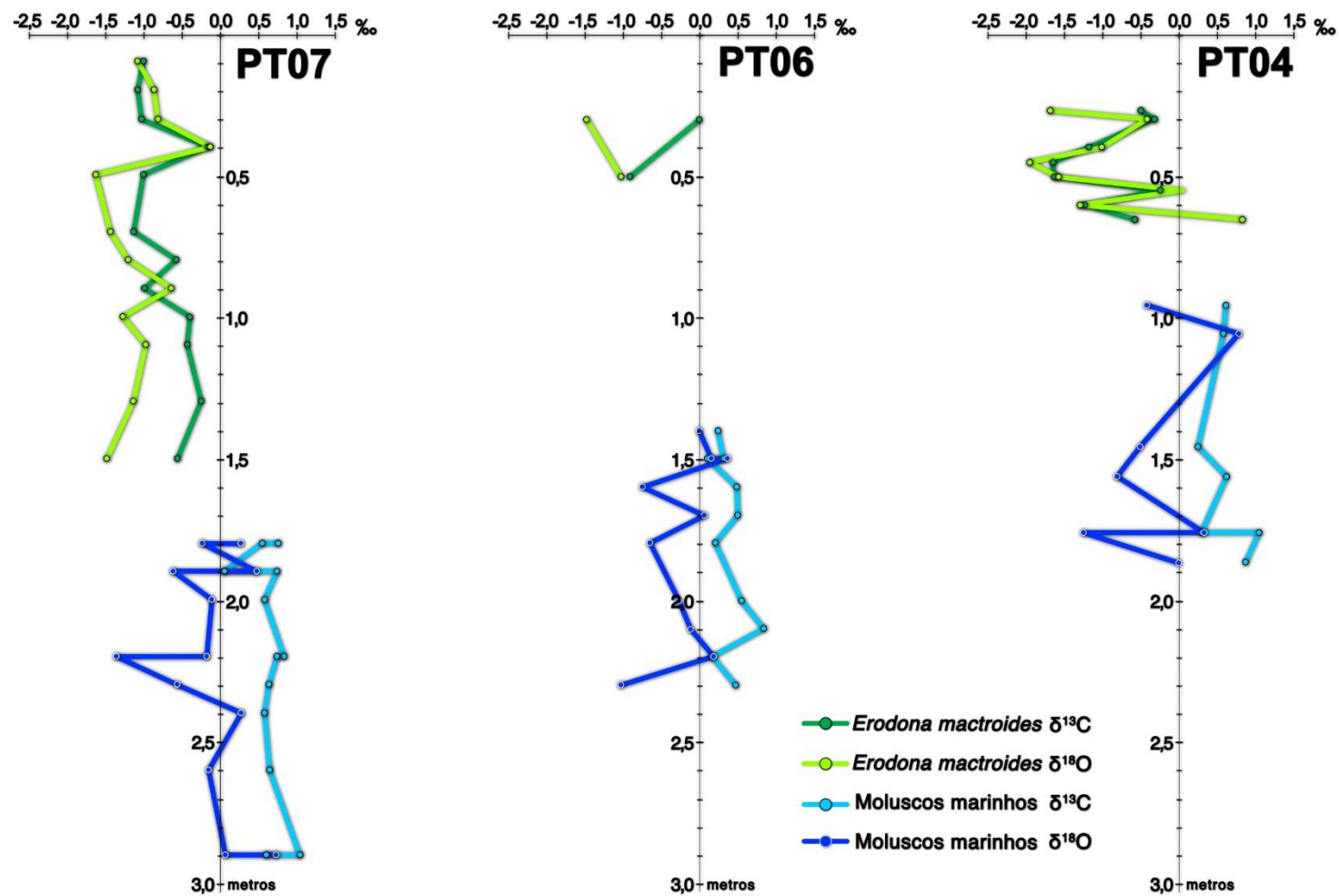
Observa-se uma correlação entre os testemunhos estudados com uma predominância de ambiente marinho raso ocorrendo na base e do ambiente mixohalino no topo. Isso corrobora com as pesquisas de Barros *et al.* (2021) que identificam a presença de espécies marinhas de moluscos na base do testemunho PT07 e de espécies mixohalinas no topo. Estudos realizados por Santos (2015) com diatomáceas também detecta uma influência marinha alta entre 3,370 e 2,150 AP. Dehnhardt (2017) com base nos estudos de diatomáceas e de moluscos identifica um ambiente marinho a marinho mixohalino com influência marinha e observa evidências de pequenos pulsos entre os eventos de transgressão e regressão reconhecidos ao longo dos três testemunhos (Mo, Pa e Bo) estudados, extraídos do interior da Lagoa dos Patos. Santos-Fischer *et al.* (2018) efetuaram análises de perfis sísmicos nos testemunhos Mo, Pa e Bo combinados com análises de tamanho de grão e de diatomáceas e observaram um rápido aumento do nível do mar responsável por inundar a costa nos últimos 11,000 anos AP, que coincide com um acelerado período de subida do nível do mar, intimamente ligado ao evento global de 8,2 ka.

Para as zonas mixohalinas, os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{18}\text{O}$  são negativos (-1,23 a -0,91 e -1,96 a -0,12, respectivamente) com exceção dos intervalos 0,65 m (0,82 de  $\delta^{18}\text{O}$ ) e 0,55 m (0,05 de  $\delta^{18}\text{O}$ ) do testemunho PT04; e para as zonas marinhas rasas, os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  são positivos (0,07 a 1,07), já os valores de  $\delta^{18}\text{O}$  variam entre valores positivos e negativos (-1,34 a 1,37) nos três testemunhos. Nas zonas marinhas rasas, o comportamento isotópico é espelhado, isto é, a cada profundidade, o valor de um parâmetro aumenta e o outro diminuiu ou vice-versa. Já nas zonas mixohalinas ambos os parâmetros aumentam ou diminuem conforme as profundidades. Salvador *et al.* (2018) identificam que o lago Sandelzhausen era um sistema fechado e propenso a eventos sazonais de inundação evoluindo para um lago perene. As linhas de tendência de  $\delta^{18}\text{O}$  e de  $\delta^{13}\text{C}$  dos moluscos analisados forneceram resultados covariantes indicando um ambiente fechado com linhas de tendência espelhadas resultando em um ambiente aberto. Barros *et al.* (2021) observam, para o testemunho PT07, que as análises isotópicas da *Erodona mactroides* (ambiente mixohalino), fornecem um comportamento das linhas do  $\delta^{18}\text{O}$  e do  $\delta^{13}\text{C}$  de forma concordante, ou

seja, quando aumenta o  $\delta^{13}\text{C}$  aumenta também o  $\delta^{18}\text{O}$  e vice-versa. Já o comportamento isotópico dos moluscos marinhos (*Tawera gayi*, *Caryocorbula caribea*, *Caryocorbula tryoni* e *Acteocina bidentata*) se apresenta de forma espelhada, isso é, quando diminui o  $\delta^{13}\text{C}$ , aumenta o  $\delta^{18}\text{O}$ , da mesma forma, para os dois testemunhos ora estudados, o PT04 e o PT06 (Fig. 8).

Os três testemunhos estudados neste trabalho apresentam características semelhantes com uma predominância de ambiente marinho raso na base e do ambiente mixohalino no topo, podendo ocorrer pequenos pulsos entre um ou outro intervalo como fica demonstrado na figura 10.

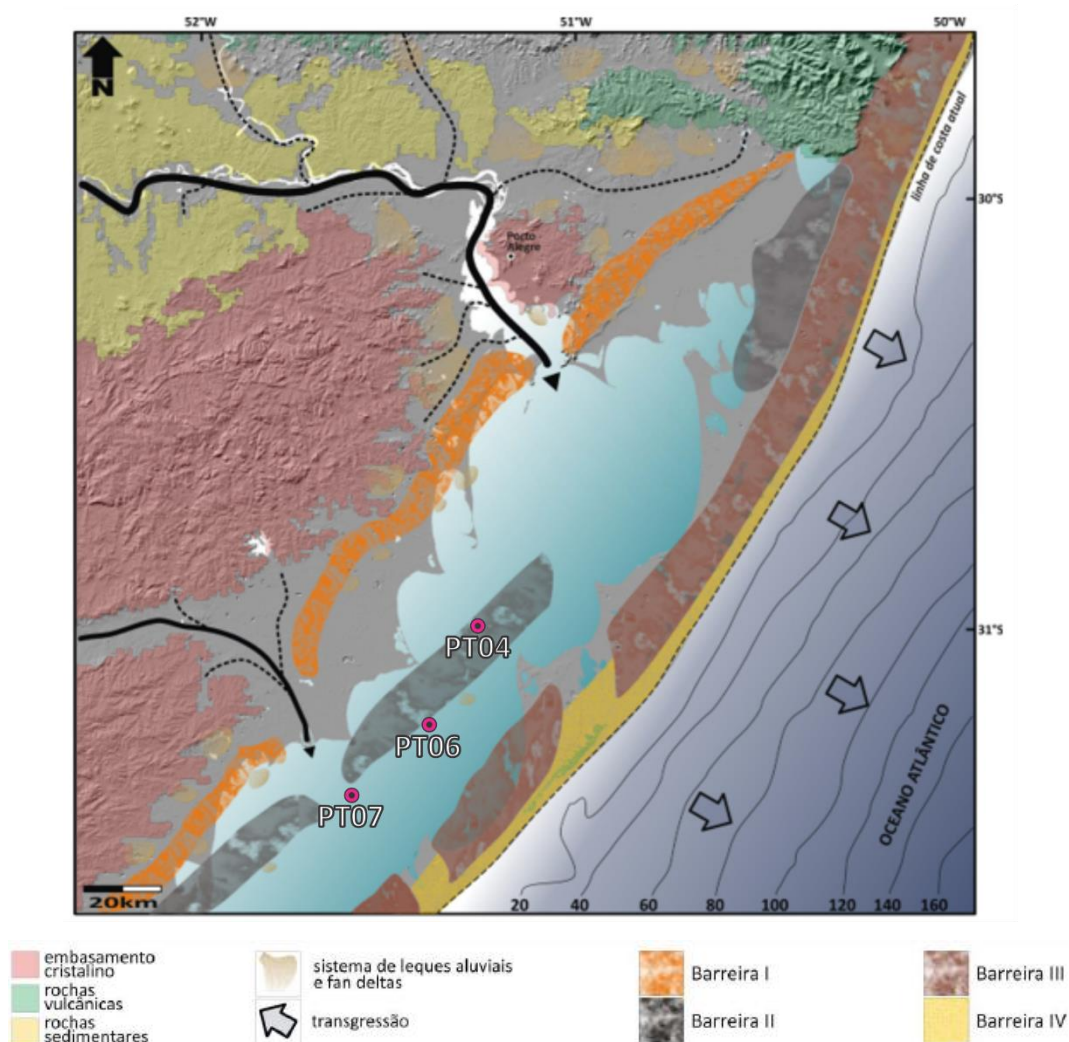
A idade da base do testemunho PT04 (Tab. 2 e Fig. 10) na profundidade de 3,00 m (4291 - 4447 AP - Lopes *et al.*, 2022), ambiente marinho raso, pode ser correlacionada com o ambiente marinho raso do PT06 na profundidade de 3,20 m (4398 - 4453 AP - Lopes *et al.*, 2022). No PT04, a idade na profundidade de 2,00 m (4080 - 4240 AP - Lopes *et al.*, 2022), ambiente marinho raso, poderia ser correlacionada com a do testemunho PT06, provavelmente, entre 2,00 a 3,00 m de profundidade. As idades podem ser correlacionadas nos ambientes marinhos dos testemunhos PT04 na profundidade de 1,10 m (3825 - 3931 AP - Ivanoff, 2020), no PT06 a 2,00 m (3688 - 3833 AP - Lopes *et al.*, 2022) e no PT07 a 2,40 m (3876 - 4004 AP - Ivanoff, 2020). A idade obtida no testemunho PT04 a 0,50 m (3457 - 3588 AP - Lopes *et al.*, 2022) corresponderia a do PT06 na profundidade de 1,50 m (3455 - 3578 AP - Lopes *et al.*, 2022), e provavelmente a do PT07, na profundidade de 1,80 m ou mais profundo, ainda em um ambiente marinho raso. Sendo que no PT04, o ambiente é mixohalino, enquanto no PT06 e no PT07, o ambiente permanece marinho raso. Isso pode estar ocorrendo, pela localização do paleojacuí, que atuava próximo ao testemunho PT04 e já se encontrava fechado e a interferência marinha se dá de modo menos evidente. Os testemunhos PT07 e PT06 sofreram influência do paleocamaquã que permanece aberto até a idade de  $3054 \pm 27$  AP segundo Toldo Jr. *et al.* (1991). Estudos de Santos (2015) corroboram no mesmo sentido, de identificar a alta influência marinha entre 3370 e 2150 AP e indicam que o fechamento do canal e o preenchimento do vale ocorreram após 2000 AP na região da Barra Falsa (paleojacuí).



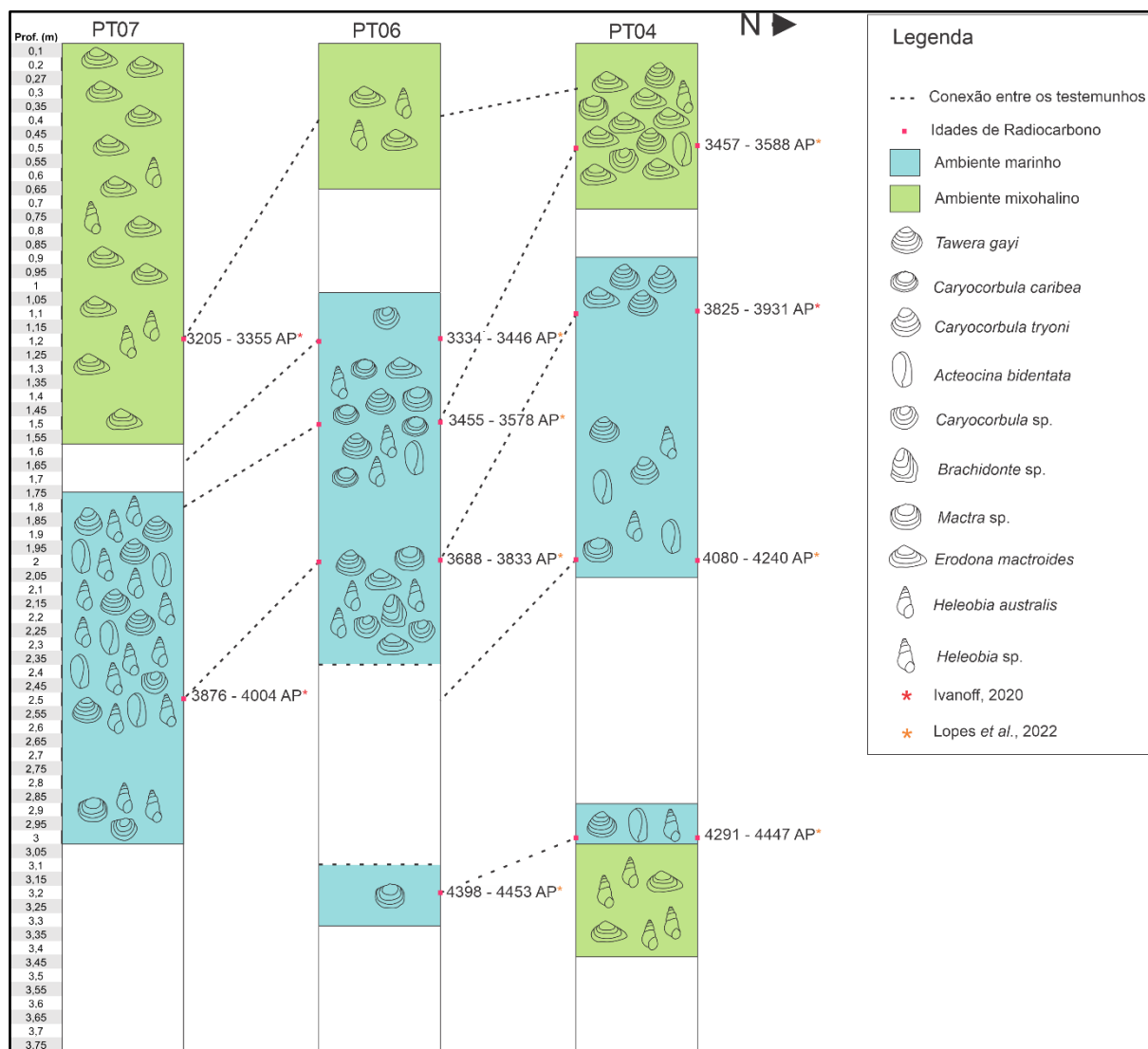
**Figura 8.** Valores de  $\delta^{18}\text{O}$  e de  $\delta^{13}\text{C}$  obtidos das conchas de moluscos (por espécie) que ocorrem na Lagoa dos Patos nos testemunhos PT07, PT06 e PT04 ao longo das profundidades. O gráfico do PT07 é adaptado de Barros *et al.* (2021).

A idade do testemunho PT06 a 1,20 m (3334 - 3446 AP - Lopes *et al.*, 2022), ambiente marinho raso, provavelmente, se correlaciona com a do PT07 na profundidade abaixo de 1,50 m. O testemunho PT07 na profundidade de 1,20 m (3205 - 3355 AP – Ivanoff, 2020), provavelmente, poderia ser correlacionável com as idades dos testemunhos PT06 e PT04 na profundidade acima de 0,50 m em um ambiente mixohalino.

O testemunho mais ao norte, PT04 é mais antigo do que o PT06 e este mais antigo que o PT07, mais ao sul, isso pode estar ligado ao fechamento dos canais do paleojacuí e do paleocamaquã, onde os localizados mais ao norte estão correlacionados com o Rio Jacuí (Baitelli, 2012) e o mais ao sul com o Rio Camaquã (Ortiz, 1995; Weschenfeler *et al.*, 2010a) (Fig. 9).



**Figura 9.** Última transgressão marinha na costa gaúcha com a localização dos testemunhos. Adaptado de Baitelli (2012).



**Figura 10.** Correlação lateral dos testemunhos PT07, PT06 e PT04 através de ambientes marinhos ou mixohalinos definidos anteriormente e datações por radiocarbono. O gráfico do PT07 é adaptado de Barros *et al.* (2021).

## 8. CONCLUSÕES

Uma correlação entre os testemunhos é observada em relação aos fósseis de moluscos identificados, nos ambientes reconhecidos e nas idades anteriormente estabelecidas, onde encontra-se na base ambiente marinho raso e no topo ambiente mixohalino.

As zonas mixohalinas possuem os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  e de  $\delta^{18}\text{O}$  negativos (-1,23 a -0,91 e -1,96 a -0,12, respectivamente) exceto os intervalos 0,65 m (0,82 de  $\delta^{18}\text{O}$ ) e 0,55 m (0,05 de  $\delta^{18}\text{O}$ ) do testemunho PT04; nas zonas marinhas rasas, os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  são positivos (0,07 a 1,07) e os valores de  $\delta^{18}\text{O}$  variam entre valores positivos e negativos (-1,34 a 1,37) nos três testemunhos.

As zonas marinhas rasas são caracterizadas pelo comportamento isotópico espelhado, isto é, a cada profundidade, o valor de um parâmetro aumenta e o outro diminuiu ou vice-versa. Já nas zonas mixohalinas os parâmetros são concordantes e aumentam ou diminuem conforme as profundidades.

A idade obtida no testemunho PT04 a 0,50 m (ambiente mixohalino) corresponderia a do PT06 na profundidade de 1,50 m (ambiente marinho raso), e provavelmente a do PT07, na profundidade de 1,80 m ou mais profundo (ambiente marinho raso). Esta mudança de ambiente entre os testemunhos pode estar relacionada à localização do paleojacuí, que atuava próximo ao testemunho PT04 e já se encontrava fechado, enquanto, os testemunhos PT06 e PT07 sofreram influência do paleocamaquã que permanecia aberto.

O testemunho mais ao norte, PT04 é mais antigo do que o PT06 e este mais antigo do que o PT07, mais ao sul, isso pode estar ligado ao fechamento dos canais do paleojacuí e do paleocamaquã.

## 9. REFERÊNCIAS

- Abreu, J.G.N. & Calliari, L.J. 2005. Paleocanais da plataforma continental interna do Rio Grande do Sul: evidências de drenagem fluvial pretérita. *Revista Brasileira de Geofísica*, 23(2):123-132.
- Al-Aasm, I.S. & Veizer, J., 1986. Diagenetic stabilization of aragonite and low-Mg calcite, I, Trace elements in rudists. *Journal of Sedimentary Research*, 56(1):138–152.
- Andreasson, F.P., Schmitz, B. & Jönsson, E. 1999. Surface-water seasonality from stable isotope profiles *Littorina littorea* shells: implications for paleoenvironmental reconstructions of coastal areas. *Palaios*, 14:273-281.
- Asmus, M.L. 1998 A Planície Costeira e a Lagoa dos Patos. *In*: SEELIGER U., ODEBRECHT C., CASTELLO J.P. (eds). Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil. 341p.
- Baitelli, R., Corrêa, I.C.S., Toldo Jr., E.E., Martins, L.R.S., Weschenfelder, J. & Ayup-Zouain, R.N. 2007. Sistema Lagunar: Síntese dos conhecimentos sobre a Lagoa dos Patos. *In*: IANNUZZI, R. & FRANTZ, J.C. (org). 50 Anos de Geologia Instituto de Geociências, 1:317-325.
- Baitelli, R. 2012. *Evolução Paleogeográfica do Sistema de Paleodrenagem do Rio Jacuí na Planície Costeira do Rio Grande do Sul*. Tese de Doutorado, Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 148p.
- Barros, C.E., Baitelli, R., Carvalho, D.S., Dehnhardt, B.A., Bernardi, C.Z., Becker, C.D., Martins, A.A. & Savian, J. 2021. Aplicações de isótopos de oxigênio e carbono na reconstrução paleoambiental do interior da Lagoa dos Patos, RS, Brasil: um estudo de caso. *Quaternary and Environmental Geosciences*, 12(1):36-45.
- Barros, C.E., Baitelli, R., Dehnhardt, B.A., Oliveira, R.B. & Corrêa, I.C.S. 2022. Caracterização dos ambientes marinho raso e mixohalino a partir do comportamento dos isótopos de  $\delta^{13}\text{C}$  e de  $\delta^{18}\text{O}$  em amostras de testemunhos do interior da Lagoa dos Patos, RS. *In*: IV Simpósio Brasileiro de Geologia e Geofísica Marinha, 2022, Salvador/BA. IV Simpósio Brasileiro de Geologia e Geofísica Marinha 53<sup>a</sup>. Reunião do Programa de Geologia e Geofísica Marinha. Salvador: Editora dos Autores, 1:70-70.
- Bortolin, E.C. 2011. *Análise Sismoestratigráfica no Estudo Evolutivo de Paleocanais da Planície Costeira do Rio Grande do Sul*. Trabalho de Conclusão do Curso de

Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 64p.

Bortolin, E.C. & Weschenfelder, J. 2012. Sismo-estratigrafia de paleocanais quaternários da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 46., Anais, São Paulo, 1p.

Bortolin, E.C. & Weschenfelder, J. 2014. Evolução de paleovales quaternários por meio de interpretações de fácies sísmicas na Lagoa dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil. *In: CONGRESSO GEOLÓGICO ARGENTINO*, 19., Anais, Córdoba, 2p.

Bortolin, E.C., Weschenfelder, J. & Cooper, A. 2018. Incised valley paleoenvironments interpreted by seismic stratigraphic approach in Patos Lagoon, Southern Brazil. *Brazilian Journal of Geology*, 48:533-551. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/2317-4889201820170133> >. Acesso em: 27 dez. 2023.

Bortolin, E.C., Weschenfelder, J. & Cooper, A. 2019. Holocene Evolution of Patos Lagoon, Brazil: The Role of Antecedent Topography. *Journal of Coastal Research*, 35: 357. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.2112/jcoastres-d-17-00195.1> >. Acesso em: 27 dez. 2023.

Briard, J., Pucéat, E., Vennin, E., Daëron, M., Chavagnac, V., Jaillet, R., Merle, D. & de Rafélis, M. 2020. Seawater paleotemperature and paleosalinity evolution in neritic environments of the Mediterranean margin: Insights from isotope analysis of bivalve shells. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 543:109582.

Bueno, C., Figueira, R.C.L., Ivanoff, M.D., Toldo Jr., E.E., Fornaro, L., Garcia-Rodriguez, F. 2019. A Multi Proxy Assessment of Long-Term Anthropogenic Impacts in Patos Lagoon, Southern Brazil. *Journal of Sedimentary Environments*, 4: 276-290. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.12957/jse.2019.44612> >. Acesso em: 27 dez. 2023.

Bueno, C., Figueira, R.C.L., Ivanoff, M.D., Toldo Jr., E.E., Ferreira, P.A.L., Fornaro, L., García-Rodríguez, F. 2021. Inferring centennial terrigenous input for Patos Lagoon, Brazil: the world's largest choked coastal lagoon. *Journal of Paleolimnology*, 67:1-14. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1007/s10933-021-00197-7> >. Acesso em: 27 dez. 2023.

Calliari, L.J., Winterwerp, J.C., Fernandes, E., Cuchiara, D., Vinzon, S.B., Sperle, M. & Holland, T. 2009. Fine grain sediment transport and deposition in the Patos Lagoon Cassino beach sedimentary system. *Continental Shelf Research*, 29(3):515-529.



Cerling, T.E. & Hay, R.L. 1986. An isotopic study of paleosol carbonates from Olduvai Gorge. *Quaternary Research*, 25:63-78.

Closs, D. 1962. Foraminíferos e tecamebas da Lagoa dos Patos (RS). *Boletim da Escola de Geologia*, 11:1-130

Closs, D. 1970. Estratigrafia da Bacia de Pelotas, Rio Grande do Sul. *Iheringia, Série Geologia*, 3:3-76.

Closs, D. & Forti, I.R.S. 1971. Quaternary Mollusks from the Santa Vitória do Palmar county. *Iheringia Geology*, 4:19-58.

Closs, D. & Medeiros, V.M.F. 1965. New observation on the ecological subdivision of the Patos Lagoon in Southern Brazil. *Boletim do Instituto de Ciências Naturais*, 24:1-35.

Cordeiro, S.L. & Lorscheitter, M.L. 1994. Palynology of Lagoa dos Patos sediments, Rio Grande do Sul, Brazil. *Journal of Paleolimnology*, 10(1):35-42.

Corrêa, I.C.S., Aliotta, S. & Weschenfelder, J. 2003. Evidências de estruturas de barreira no canal de acesso à laguna dos Patos. *In: CONGRESSO ABEQUA, 9., Anais, Recife, PE, p. 122.*

Corrêa, I.C.S., Aliotta, S. & Weschenfelder, J. 2004. Estrutura e evolução dos cordões arenosos pleistocênicos no canal de acesso à Laguna dos Patos, Brasil. *Pesquisas em Geociências*, 31(2):69-78.

Dehnhardt, B.A. 2017. *Evolução Paleogeográfica da Planície Costeira Média do Rio Grande do Sul: análise de fósseis calcários e silicosos em testemunhos da Lagoa dos Patos*. Tese de Doutorado, Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 160p.

Faure, G. 1977. *Principles of Isotope Geology*. John Wiley & Sons, Inc., 463p.

Forti-Esteves, I.R.S. 1974. Bioestratigrafia e Paleoecologia (Mollusca) do Quaternário da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (Brasil). *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., 1974, SBG, Porto Alegre, RS. Anais, Porto Alegre, 3:133-149.*

Ihering, H. Von. 1885. Die Lagoa dos Patos. *Deutsche Geographie*, 8(2):164-205.

Ivanoff, M.D., Toldo Jr., E.E., Figueira, R.C.L. & Ferreira, P.A.L. 2020. Use of <sup>210</sup>Pb and <sup>137</sup>Cs in the assessment of recent sedimentation in Patos Lagoon, southern

Brazil. *Geo-Marine Letters*, 1:1-11. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1007/s00367-019-00633-8> >. Acesso em: 27 dez. 2023.

Jost, H. 1971. *O Quaternário da Região Norte da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil*. Dissertação de Mestrado, Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 80p.

Leite, A.M., Barbalho, F., Weschenfelder, J. & Pinto, R.L. 2013. Ostracodes quaternários da Lagoa dos Patos. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA*, 23., 2013, SBP, Gramado, RS. Boletim de Resumos, p.132.

Leng, M.J. & Lewis, J.P. 2016. Oxygen isotopes in Molluscan shell: Applications in environmental archaeology. *Environmental Archaeology*, 21(3):295-306.

Lopes, C.T., Savian, J.F., Frigo, E., Endrizzi, G., Hartmann, G.A., Santos, N.O., Trindade, R.I.F., Ivannoff, M.D., Toldo Jr., E.E., Fauth, G., Oliveira, L.V. & Bom, M.H.H. 2022. Late Holocene paleosecular variation and relative paleointensity records from Lagoa dos Patos (southern Brazil). *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 332:106935. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1016/j.pepi.2022.106935> >. Acesso em: 27 dez. 2023.

Manzoli, R.P., Portz, L.C., Bitencourt, V.J.B., Leal, R.A., Martins, E.M., Silva, A.B., Barboza, E.G., Caron, F., Carrio, J.A. & Sawakuchi, A.O. 2018. Process Control in the Geneses and Evolution of a Lagoon-Barrier System inside of The Patos Lagoon, South of Brazil. *Journal of Coastal Research*, 85:651-655. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.2112/SI85-131.1> >. Acesso em: 27 dez. 2023.

Martins, I.R., Villwock, J.A., Martins, L.R. & Benvenuti, C.E. 1989. The Lagoa dos Patos Estuarine System. *Pesquisas*, 22:5-44.

Medeanic, S., Dillenburg, S.R. & Toldo Jr., E.E. 2001. Novos dados palinológicos da transgressão marinha pós-glacial em sedimentos da Laguna dos Patos. *Revista Universidade Guarulhos*, 6:64-76.

Miranda, I.M., Toldo Jr., E.E. Klein, A.H.F. & Da Silva, G.V. 2019. Shoreline Evolution of Lagoon Sandy Spits and Adjacent Beaches, Lagoa dos Patos, Brazil. *Journal of Coastal Research*, 35:1010-1023. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-18-00092.1> >. Acesso em: 27 dez. 2023.

Miranda, I.M., Toldo Jr., E.E., Klein, A.H.F., Da Silva, G.V. & Strauss, D. 2022. Sediment budget of a cusped shoreline and its influence on spit development-Lagoa dos Patos, Brazil. *Geo-Marine Letters*, 42:4. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1007/s00367-021-00724-5> >. Acesso em: 27 dez. 2023.

Neves, R.A.F., Echeverría, C.A. & Pessoa, L.A. 2011. Resposta da espécie *Heleobia australis* (Gastropoda: Hydrobiidae) a Variações de Salinidade e Exposição a Hidrocarbonetos. *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, 24(2):19-25.

Oliveira, R.B. & Corrêa, I.C.S. 2022. Comportamento dos isótopos de  $^{13}\text{C}$  e de  $^{18}\text{O}$  em ambientes marinho raso e mixohalino em amostras de testemunhos do interior da Lagoa dos Patos – RS. *In: XXXIV SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA 2022*, Porto Alegre. Anais do XXXIV Salão de Iniciação Científica 2022. Porto Alegre: UFRGS, 2022.

Oliveira, R.B. & Corrêa, I.C.S. 2023. Assinatura tafonômica em *Erodona mactroides* holocênicas no testemunho PT-04 no interior da Lagoa dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil. *In: XXXIV SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA 2023*, Porto Alegre. Anais do XXXIV Salão de Iniciação Científica 2023. Porto Alegre: UFRGS, 2023.

Ortiz, J.D.R. 1995. *O preenchimento sedimentar do vale inciso do Rio Camaquã, Quaternário da Província Costeira do RS*. Dissertação de Mestrado, Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 182p.

Pereira, C.M., Weschenfelder, J. & Corrêa, I.C.S. 2009. Reconhecimento e mapeamento de fácies sísmicas nos pontais arenosos da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. *Pesquisa em Geociências*, 36(1):23-35.

Rios, E.C. 2009. *Compendium of Brazilian Seashells*. Rio Grande, RS. Evangraf, 676p.

Salvador, R.B., Tütken, T., Tomotani, B.M., Berthold, C., & Rasser, M.W. 2018. Paleoenvironmental and isotopic analysis of fossil continental mollusks of Sandelzhausen (Miocene, Germany). *Palz*, 92:395-409.

Santos, C.B. 2015. *Paleoecologia de diatomáceas como subsídio para o conhecimento da evolução paleogeográfica da região costeira do Rio Grande do Sul, Brasil*. Tese de Doutorado, Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 221p.

Santos-Fischer, C.B. dos, Corrêa, I.C.S., Weschenfelder, J., Torgan, L.C. & Stone, J.R. 2016. Paleoenvironmental insights into the Quaternary Evolution of the Southern Brazilian coast based on fossil and modern diatom assemblages. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 466:108-124.

Santos-Fischer, C.B., Weschenfelder, J., Corrêa, I.C.S., Stone, J.R., Dehnhardt, B.A., Bortolin, E.C. 2018. A Drowned Lagunar Chanel in the Southern Brazilian Coast in

Response to the 8.2-ka Event: Diatom and Seismic Stratigraphy. *Estuaries and Coast*, 41: 1601-1625.

Santos, N., Savian, J.F., Hartmann, G.A., Trindade, R.I.F., Toldo Jr., E.E., Ivanoff, M.D. & Frigo, E. 2015. Análise preliminar de variações de campo magnético em registros sedimentares da Lagoa dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil. *In: 4th Bienal Meeting LATINMAG 2015*, 2015, São Paulo. Anais do LATINMAG 2015. São Paulo: USP, 2015. p. 1-4.

Silva, M.C.P. 2003. *Hydrobiidae (Gastropoda, Neotaenioglossa, Rissoidea) da Planície Costeira do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, 364p. Tese de Doutorado, Pós-Graduação em Biologia Animal, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Silva, M.J.B., Corrêa, I.C.S., Fontoura, J.A.S. & Serpa, C.G. 2023. Sedimentation processes in the navigation channel of Patos Lagoon Estuary, southern Brazil. *Regional Studies in Marine Science*, 61:102931. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1016/j.rsma.2023.102931> >. Acesso em: 27 dez. 2023.

Toldo Jr., E.E. 1989. Variações Relativas do Nível do mar na Lagoa dos Patos durante o Holoceno. *In: CONGRESSO ABEQUA, 2.*, 1989, Rio de Janeiro, RJ. Anais, p. 59.

Toldo Jr., E.E. 1994. *Sedimentação, predição do padrão de ondas e dinâmica sedimentar da ante praia e zona de surfe do sistema lagunar da Lagoa dos Patos*. Tese Doutorado, Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 143p.

Toldo Jr., E.E., Ayup-Zouain, R.N. Corrêa, I.C.S. & Dillenburg, S.R. 1991. Barra Falsa: hipótese de um paleocanal holocênico de comunicação entre a Laguna dos Patos e o Oceano Atlântico. *Pesquisas em Geociências*, 18(2):99-103.

Toldo Jr., E.E., Dillenburg, S.R., Corrêa, I.C.C., Almeida, L.E.S.B., Weschenfelder, J. & Gruber, N.L.S. 2006. Sedimentação de longo e curto período na Lagoa dos Patos. *Pesquisas em Geociências*, 33(2):79-86

Toldo Jr., E.E., Dillenburg, S.R., Corrêa, I.C.S. & Almeida, L.E.S.B. 2000. Holocene sedimentation in Patos Lagoon, Rio Grande do Sul, Brazil. *Journal of Coastal Research*, 16(3):816-822.

Tomazelli, L.J., Dillenburg, S.R., Villwock, J.A., Barboza, E.G., Bachi, F.A., Dehnhardt, B.A. & Rosa, M.L.C.C. 2007. Sistemas Depositionais e Evolução Geológica da Planície Costeira do Rio Grande do Sul: uma Síntese. *In: LANNUZZI, R., FRANTZ, J.C. (Org.)*. 50 Anos de Geologia - Instituto de Geociências. Porto Alegre, 1:327-33

Vasconcellos, V.E.B. 2006. *Acumulações de gás raso no substrato da Lagoa dos Patos reveladas por sísmica de alta resolução*. Trabalho de Conclusão (Projeto Temático em Geologia III), Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 73 p.

Vaz, A.C. 2003. *Efeito da descarga de água doce em processos ocorrentes no estuário da Lagoa dos Patos*. Rio Grande, 68p. Monografia do Curso de Oceanologia, Fundação Universidade Federal de Rio Grande.

Vettenheimer-Mendes, I.L. 1993. *Malacofauna, paleoecologia e biofácies de sedimentos holocênicos da Planície Costeira e Imbituba e Imaruí, Santa Catarina, Brasil*. Porto Alegre, 309p. Tese (Doutorado em Geociências). Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Villwock, J.A. & Tomazelli, L.J. 1995. Geologia Costeira do Rio Grande do Sul. *Notas Técnicas*, 8: 1-45.

Villwock, J.A., Tomazelli, L.J., Loss, E.L., Dehnhardt, E.A., Horn, N.O., Bachi, F.A. & Dehnhardt, B.A. 1986. Geology of the Rio Grande do Sul Coastal Province. In: Rabassa, J. (ed.). Quaternary of South America and Antarctic Peninsula. Rotterdam: A.A. Balkema, 4:79-97.

Weschenfelder, J., Corrêa, I.C.S., Toldo Jr., E.E. & Baitelli, R. 2008a. Paleocanais como indicativo de eventos regressivos quaternários do nível do mar no Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Geofísica*, 26 (3):367-375.

Weschenfelder, J., Corrêa, I. C. S., Aliotta, S. & Baitelli, R. 2010a. Paleochannels related to late quaternary sea-level changes in Southern Brazil. *Brazilian Journal Of Oceanography*, 58: 35-44.

Weschenfelder, J., Corrêa, I. C. S., Toldo Jr, E. E. & Baitelli, R. 2010b. A drenagem pretérita do rio Camaquã na costa do Rio Grande do Sul. *Pesquisas em Geociências* (Online), 37: 13-23.

Weschenfelder, J., Baitelli, R., Corrêa, I.C.S., Bortolin, E.C. & Santos, C.B. 2014. Quaternary incised valleys in southern Brazil coastal zone. *Journal of South American Earth Sciences*, 55:83-93.

Weschenfelder, J. & Corrêa, I.C.S. 2018. Shallow gas features and distribution in the Patos Lagoon: a coastal trap for gas-generator sediments. *Pesquisas em Geociências*, 45(3):e0683. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.22456/1807-9806.91385> >. Acesso em: 27 dez. 2023.

Weschenfelder, J., Corrêa, I.C.S. & Aliotta, S. 2006. Elementos arquiteturais do substrato da Lagoa dos Patos revelados pela sísmica de alta resolução. *Pesquisas em Geociências*, 32(2):57-67.

Weschenfelder, J., Corrêa, I.C.S., Aliotta, S. & Baitelli, R. 2010a. Paleochannels related to late Quaternary sea-level changes in Southern Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography* (Impresso), 58:35-44.

Weschenfelder, J. Corrêa, I.C.S., Toldo Jr., E.E. & Baitelli, R. 2008a. Paleocanais como indicativo de eventos regressivos quaternários no nível do mar no sul do Brasil. *Revista Brasileira de Geofísica*, 3(26):367-375.

Weschenfelder, J., Corrêa, I.C.S., Toldo Jr., E.E. & Baitelli, R. 2010b. A drenagem pretérita do Rio Camaquã na costa do Rio Grande do Sul. *Pesquisas em Geociências*, 37(1):13-23.

Weschenfelder, J., Medeanic, S., Corrêa, I.C.S. & Aliotta, S. 2008b. Holocene Paleoinlet of the Bojuru Region, Lagoa dos Patos, Southern Brazil. *Journal of Coastal Research*, 24(1A):99-109.

Wiggers, F. 2003. *Moluscos Fósseis da Plataforma Continental Externa e Talude Continental ao largo da Laguna dos Patos, Rios Grande do Sul, Brasil*. Dissertação Mestrado em Biociências, Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 136p.