



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

GILDERLANIA SILVA DE SOUSA

**PADRÕES ESPACIAIS E DIRECIONADORES DA INVASÃO DE *MELANOIDES*
TUBERCULATA (MULLER, 1774) EM RIACHOS INTERMITENTES NO
SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

MOSSORÓ

2025

GILDERLANIA SILVA DE SOUSA

**PADRÕES ESPACIAIS E DIRECIONADORES DA INVASÃO DE *MELANOIDES*
TUBERCULATA (MULLER, 1774) EM RIACHOS INTERMITENTES NO
SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal Rural do Semiárido como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Linha de Pesquisa: Ecologia e conservação de ecossistemas terrestres

Orientador: Prof.^a Dr.^a Eveline de Almeida Ferreira (Laboratório de Ecologia de Comunidades e de Paisagens)

MOSSORÓ

2025

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central Orlando Teixeira (BCOT)
Setor de Informação e Referência (SIR)

S719p Sousa, Gilderlania Silva de.
Padrões espaciais e direcionadores da invasão
de *Melanoides tuberculata* (Muller, 1774) em
riachos intermitentes no semiárido brasileiro /
Gilderlania Silva de Sousa. - 2025.
44 f. : il.

Orientadora: Eveline de Almeida Ferreira .
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Ecologia e Conservação, 2025.

1. Invasão Biológica. 2. Molusco. 3. Filtro
ambiental. 4. Dispersão. I. Ferreira , Eveline
de Almeida , orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

GILDERLANIA SILVA DE SOUSA

PADRÕES ESPACIAIS E DIRECIONADORES DA INVASÃO DE *MELANOIDES TUBERCULATA* (MULLER, 1774) EM RIACHOS INTERMITENTES NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal Rural do Semiárido como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Linha de Pesquisa: Ecologia e conservação de ecossistemas terrestres

Defendida em: 28 / 03 / 2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Eveline de Almeida Ferreira (UFERSA)
Presidente

Prof. Dr Rodrigo Fernandes (UFERSA)
Membro Examinador

Prof^a. Dr^a. Danielle Peretti Filgueira (UERN)
Membro Examinador

*Dedico ao meu filho, minha força maior.
E ao meu pai (agricultor), e minha mãe (empregada doméstica),
que nunca tiveram oportunidade de estudar.*

AGRADECIMENTOS

Este documento, representa mais um fechamento de ciclo em minha vida. Um ciclo, repleto de dificuldades e superações, um ciclo, que me mostrou que sou mais forte do que imaginava, ao mesmo tempo me mostrou que não tenho superpoderes, e que está tudo bem não dar de conta de tudo o tempo todo, e que às vezes, precisamos de um suspiro, longo e demorado, para colocar a cabeça no lugar, afinal saúde mental é tudo! Contudo, foi um ciclo de amadurecimento pessoal e profissional, e de grandes experiências. Nesse momento, o único sentimento que tenho é de gratidão, gratidão à Deus por todas as permissões e realizações durante minha jornada até aqui, e por nunca me abandonar. Agradeço à CAPES pela bolsa de mestrado, e à UFERSA por toda a estrutura necessária para o desenvolvimento da pesquisa. À minha orientadora Eveline, por ter feito parte de mais um ciclo importante em minha vida, e por mais uma vez acreditar em mim, e me incentivar a continuar no caminho da ciência. Agradeço ao professor Rodrigo Fernandes por todo apoio durante a pesquisa. Agradeço a toda equipe do LECOMP por toda parceria nessa jornada, em especial o Neudo, que nunca mediu esforços para me ajudar. Agradeço ao meu esposo por sempre ser meu porto seguro.

RESUMO

Invasões biológicas representam um dos principais fatores associados à perda da biodiversidade aquática em ecossistemas fluviais. Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo investigar os fatores que influenciam a distribuição e abundância do molusco invasor *Melanoides tuberculata* em riachos intermitentes do semiárido brasileiro. Hipotetizamos que a combinação de filtragem ambiental e restrição de dispersão determinam a distribuição e a abundância de *M. tuberculata*. A pesquisa foi realizada em 34 sites na bacia do rio Apodi-Mossoró, no Rio Grande do Norte, nos quais foram medidos parâmetros limnológicos, sedimentológicos e morfométricos. Para a análise dos dados, três conjuntos de variáveis foram consideradas: abióticas, como turbidez, pH, argila, morfometria do canal e características do sedimento, bióticas, expressa pela riqueza de macroinvertebrados e espaciais, os quais foram baseados em distâncias fluviais e vizinhança. Modelos lineares foram usados para avaliar as relações entre os conjuntos de variáveis e a abundância de *M. tuberculata*. A partição de variância foi usada para determinar a contribuição relativa dos diferentes conjuntos de variáveis. Observamos que o molusco invasor esteve presente em 44% dos sites estudados. A espécie foi registrada em ambientes com diferentes tipos de atividades antrópicas, sendo mais prevalente em áreas com intensa atividade humana. A abundância total do molusco foi de 2.006 indivíduos, com uma média de 59 indivíduos. A abundância entre os sites variou de 1 a 387 indivíduos, representando 71% da comunidade no site com maior abundância. Os modelos lineares indicaram que as variáveis abióticas turbidez, pH e largura do canal foram associadas positivamente à abundância do molusco, enquanto a argila foi relacionada negativamente. A partição da variância indicou que fatores abióticos puros explicaram 20% da abundância da espécie, enquanto o espaço apenas 4%, e a variável biótica não apresentou influência. A ausência de correlação significativa com a riqueza de espécies sugere baixa resistência biótica nos riachos estudados. Os resultados indicam que condições ambientais degradadas favorecem o crescimento populacional de *M. tuberculata*, ressaltando a importância de estratégias de manejo ambiental para conter sua dispersão. Além disso, nosso estudo fornece evidências de que a filtragem ambiental atua como principal mecanismo regulador da distribuição e abundância de *M. tuberculata* em riachos intermitentes do semiárido brasileiro.

Palavras-chave: Invasão Biológica. Molusco. Filtro ambiental. Dispersão.

ABSTRACT

Biological invasions represent one of the main factors associated with the loss of aquatic biodiversity in riverine ecosystems. In this context, the present study aims to investigate the factors that influence the distribution and abundance of the invasive mollusk *Melanoides tuberculata* in intermittent streams of the Brazilian semi-arid region. We hypothesize that a combination of environmental filtering and dispersal limitation determines the distribution and abundance of *M. tuberculata*. The research was conducted at 34 sites in the Apodi-Mossoró river basin, in the state of Rio Grande do Norte, where limnological, sedimentological, and morphometric parameters were measured. For data analysis, three sets of variables were considered: abiotic, such as turbidity, pH, clay content, channel morphometry, and sediment characteristics; biotic, expressed by macroinvertebrate richness; and spatial, based on fluvial distances and neighborhood structure. Linear models were used to assess the relationships between the variable sets and the abundance of *M. tuberculata*, and variance partitioning was applied to determine the relative contribution of the different sets of variables. We observed that the invasive mollusk was present in 44% of the studied sites. The species was recorded in environments with different types of anthropogenic activity, being more prevalent in areas with intense human influence. The total abundance of the mollusk was 2,006 individuals, with an average of 59 individuals. Abundance across sites ranged from 1 to 387 individuals, representing 71% of the community at the site with the highest abundance. The linear models indicated that the abiotic variables turbidity, pH, and channel width were positively associated with mollusk abundance, while clay content was negatively associated. Variance partitioning indicated that pure abiotic factors explained 20% of the species' abundance, while spatial factors explained only 4%, and biotic variables had no significant influence. The lack of significant correlation with species richness suggests low biotic resistance in the studied streams. The results indicate that degraded environmental conditions favor the population growth of *M. tuberculata*, highlighting the importance of environmental management strategies to contain its spread. Furthermore, our study provides evidence that environmental filtering acts as the main regulatory mechanism of *M. tuberculata* distribution and abundance in intermittent streams of the Brazilian semi-arid region.

Keywords: Biological Invasion. Mollusk. Intermittent Streams. Dispersal.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Localização da Área de Estudo.....	6
Figura 2	–	Representação gráfica da extensão dos sites com seus devidos transectos.....	7
Figura 3	–	Medição da profundidade e comprimento dos sites.....	7
Figura 4	–	Distribuição espacial de <i>Melanoides tuberculata</i> e proporção da espécie em relação a comunidade total de macroinvertebrados.....	12
Figura 5	–	Representação gráfica da regressão linear mostrando a relação entre a abundância da espécie invasora <i>Melanoides tuberculata</i> e as variáveis abiótica selecionadas no modelo ambiental.....	13
Figura 6	–	Diagrama de Veen representando a variação na abundância de <i>Melanoides tuberculata</i> explicada de forma pura e compartilhada por três conjuntos de variáveis (abiótico, biótico e espacial).....	14

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	–	Representação gráfica da regressão linear mostrando a relação entre a abundância da espécie invasora <i>Melanoides tuberculata</i> e as variáveis ambientais (Turbidez, pH, Argila e Largura do trecho dos riachos intermitentes).....	13
Gráfico2	–	Diagrama de Veen representando a variação na abundância de <i>Melanoides tuberculata</i> explicada de forma pura e compartilhada por três conjuntos de variáveis (abiótico, biótico e espacial).....	14

LISTA DE MAPAS

Mapa 1	–	Localização e distribuição dos sites estudados na Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró, RN, Brasil.....	6
Mapa 2	–	Distribuição espacial de <i>Melanoides tuberculata</i> , e proporção da espécie em relação a comunidade total de macroinvertebrados, nos 34 sites estudados.....	12

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Variáveis descritivas da qualidade da água, do sedimento e características morfológicas dos 34 sites intermitentes estudados. São apresentados os valores mínimos, máximos e médios para todas as variáveis.....	13
----------	--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TFSA	Terra fina seca ao ar
PCNM	<i>Principal Coordinates of Neighbor Matrice</i>
VIF	<i>Variance Inflaction Factor</i>
AIC	Critério de Informação de Akaike

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	5
3	RESULTADOS	11
4	DISCUSSÃO	14
5	CONCLUSÕES	19
6	REFERÊNCIAS	20
7	ANEXO.....	31

1. INTRODUÇÃO

Os riachos intermitentes são comuns em regiões áridas, semiáridas, mediterrâneas e subúmidas secas, exercendo um papel fundamental na configuração da paisagem e na distribuição de organismos aquáticos (Lake, 2003; Datry *et al.*, 2018). Esses ambientes são caracterizados pela variação no fluxo hidrológico ao longo do ano, alternando períodos de fluxo elevado, na estação chuvosa, e baixa ou ausência de fluxo na estação seca (Gallart *et al.* 2016). A retração periódica desses riachos resulta na perda da conectividade longitudinal e no isolamento dos trechos dos riachos (Datry *et al.*, 2014; Datry *et al.* 2016; Doretto *et al.* 2020). Essa dinâmica hidrológica provoca alterações periódicas nas propriedades físicas e químicas dos habitats aquáticos, influenciando parâmetros como temperatura da água, turbidez, salinidade, pH, concentração de matéria orgânica e níveis de nutrientes (Abílio *et al.*, 2007; Diniz *et al.* 2020; Silva *et al.*, 2020). Essas alterações, por sua vez, influenciam a distribuição e a diversidade de organismos aquáticos, moldando as interações ecológicas e, consequentemente, a composição e a estrutura das comunidades presentes nesses ambientes (Maltchik; Medeiros, 2006; Barbosa *et al.*, 2012; EL-Wakeil *et al.*, 2013; Xiong *et al.*, 2017; Crabot *et al.*, 2020; Farias *et al.*, 2020).

Esses ambientes fornecem serviços ecossistêmicos valiosos abrigando uma biota diversificada, incluindo organismos aquáticos adaptados à dessecação, que possuem alta capacidade de dispersão e estratégias de dormência (Boersma *et al.*, 2014; Bogan *et al.*, 2015). Esses ecossistemas também são colonizados por táxons terrestres, como artrópodes ribeirinhos, que utilizam os leitos secos como abrigo e fonte de alimento (Leigh *et al.*, 2013; SÁnchez-Montoya *et al.*, 2016). Ademais, os riachos intermitentes funcionam como corredores ecológicos para a biota terrestre, servindo como rotas de dispersão para grandes mamíferos (Steward *et al.*, 2012). Além de sua importância ecológica, esses ambientes aquáticos são essenciais para a subsistência das populações humanas locais, onde são utilizados para irrigação, bem como para o consumo humano e animal (Meehl *et al.*, 2007 Palmer *et al.*, 2008). Além disso, a vegetação que se desenvolve nesses ecossistemas serve como forragem para o gado e como fonte de madeira, contribuindo, assim, para a economia local e a segurança alimentar (Steward *et al.*, 2012).

Apesar de sua importância, esses ecossistemas demonstram uma grande sensibilidade às alterações ambientais, uma vez que seu funcionamento é profundamente influenciado pelas práticas de uso e ocupação do solo adjacente (Allan, 2004). Essas modificações no uso e ocupação do solo, juntamente com descargas de rejeitos industriais e urbanos impactam diretamente a saúde dos riachos intermitentes (Encalada *et al.*, 2010; Booth *et al.*, 2004). A remoção da vegetação ciliar modifica tanto o tipo quanto a quantidade de matéria orgânica que é carregada aos riachos, provocando uma alteração na estrutura da teia alimentar aquática, levando à predominância de herbívoros algívoros em vez de trituradores (Datry *et al.*, 2017). Esses efeitos, em conjunto, podem diminuir a diversidade de invertebrados aquáticos, intensificando o sucesso de invasão nesses ecossistemas (Datry *et al.*, 2017). A dinâmica da invasão nesses ambientes está associada a aspectos como conectividade, distúrbios ambientais, pressão de propágulos, ações antrópicas e a posição geográfica na paisagem (Francis; Chadwick 2012; Woodford *et al.*, 2013; Chapman *et al.*, 2020). Estudar as invasões nesses ecossistemas é crucial, dado seu papel como fonte de água e de biodiversidade em regiões semiáridas, além de sua importância para a subsistência de populações humanas locais (Datry *et al.* 2016; Doretto *et al.* 2020).

De forma geral, o sucesso de estabelecimento de espécies invasoras em ecossistemas aquáticos tem sido atribuído a combinação de mecanismos locais associados à pressão de propágulos, fatores abióticos e bióticos (Catford *et al.*, 2009). A pressão de propágulos tem sido considerada a principal determinante do sucesso de estabelecimento de espécies não nativas e se refere à intensidade (frequência e magnitude) de introdução de uma nova espécie em um ecossistema receptor (Catford *et al.*, 2009; Lockwood *et al.*, 2005 Keller *et al.*, 2011). Nos ambientes aquáticos, fatores abióticos como temperatura, pH, condutividade elétrica e concentração de oxigênio da água, podem atuar como filtros ambientais, restringindo o estabelecimento de espécies não nativas menos tolerantes (Santos; Eskinazi-Sant'Anna 2010; Paiva *et al.*, 2018; Jovem-Azevedo *et al.*, 2022). Fatores bióticos, como predação, competição e parasitismo, podem restringir o estabelecimento de espécies não nativas (resistência biótica), enquanto adaptações como plasticidade ecológica e facilitação (ex.: fusão invasora) podem favorecê-lo (Elton 1958; Shea; Gurevitch *et al.*, 2011; Byun; Lee 2017).

Além dos fatores ambientais locais, existem fatores espaciais que podem atuar na restrição de dispersão de espécies invasoras em ecossistemas fluviais, incluindo a distância entre trechos dentro de uma bacia e a conectividade hidrológica, expressa como a ligação por fluxo hídrico entre diferentes trechos da mesma bacia (Heino *et al.*, 2017; Li *et al.*, 2020). No entanto, a conectividade fluvial pode variar ao longo do ciclo hidrológico, afetando a dispersão das espécies de modo geral. Por exemplo, durante períodos de intensa vazão, o aumento da conectividade e fluxo podem facilitar a dispersão unidirecional de espécies a jusante (Tonkin *et al.*, 2018). Em contraste, durante períodos de seca, a dispersão de organismos aquáticos é restrita e a presença de refúgios, como grandes poças permanentes e açudes, assumem um papel crucial na sobrevivência dessas espécies (Tonkin *et al.*, 2018). A distância fluvial entre segmentos distintos de riachos influencia tanto a probabilidade de invasão de espécies quanto o nível de conectividade entre as populações aquáticas (Havel *et al.*, 2005). A compreensão das dinâmicas espaciais e da conectividade hidrológica é essencial para identificar padrões de invasão e sobrevivência de espécies invasoras. Integrar essas variáveis em modelos de dispersão fornece insights importantes para o manejo e conservação de ecossistemas aquáticos, ajudando a mitigar os impactos negativos das invasões e a promover a resiliência dos ambientes fluviais (Cottenie 2005; Chase; Myers 2011; Chase et al. 2020). Nesse contexto, destaca-se a importância de considerar as estratégias de dispersão de diferentes grupos de organismos aquáticos, como os moluscos, que apresentam mecanismos variados de dispersão, incluindo dispersão ativa no sentido jusante-montante (contra a correnteza), dispersão passiva pela deriva a jusante, e dispersão lateral entre corpos d'água não conectados, podendo se dispersar até mesmo entre bacias regionais (KAPPES et al., 2012).

Nesse contexto, um exemplo relevante de organismo invasor cuja dinâmica de dispersão está fortemente relacionada a esses fatores é o molusco *Melanoides tuberculata* (Müller, 1974) (Gastropoda: Thiaridae) originário da África e do sul da Ásia (Facon *et al.*, 2003). Este molusco de água doce tem sido introduzido em regiões tropicais e subtropicais em todo mundo, de forma accidental (ex. água de lastro, aderido às plantas aquáticas) ou deliberada (ex. biocontrole e aquarismo) (Facon *et al.*, 2003). A espécie é amplamente distribuída em território brasileiro em uma variedade de habitats aquáticos, tais como rios e reservatórios (Giovanelli *et al.*, 2003; Rader *et al.*, 2003; Rocha-Miranda & Martins-Silva,

2006; Santos & Eskinazi-Sant'Anna 2010; Lima et al., 2013; Molozzi *et al.*, 2013; Azevêdo *et al.*, 2015; Azevêdo *et al.*, 2017; Coelho *et al.*, 2018; Miyahira *et al.*, 2020; Jovem-Azevedo, *et al.*, 2022). Seu estabelecimento é facilitado por várias características fisiológicas, como a capacidade de tolerar uma ampla gama de condições ambientais, incluindo variações extremas na temperatura, salinidade e oxigenação (Martins-Silva *et al.*, 2001; Mitchell E Brandt 2005; Weir *et al.*, 2012). A espécie ainda apresenta preferência por ambientes com pouca vegetação e elevada concentração de matéria orgânica (Giovanelli *et al.*, 2005). A espécie possui elevada taxa de natalidade e baixa mortalidade, podendo dobrar a população em duas semanas (Pointier; Delay, 1995; Abílio, 2002).

Essas características desencadeiam sérios problemas ecológicos, visto que a alta densidade populacional de *M. tuberculata* intensifica a competição por espaço e recursos alimentares com outras espécies bentônicas, além de afetar negativamente a qualidade da água (Miyahira; Lacerda, 2010). Além disso, ele atua como hospedeiro intermediário de patógenos e parasitas como *Clonorchis sinensis*, *Paragonimus westermani*, além de trematódeos, que infectam peixes e aves (Pointier & Jourdane, 2000), impactando de diversas formas a saúde humana (Keller *et al.*, 2007). Apesar de ser uma espécie amplamente distribuída no Brasil e no mundo, há uma carência de estudos detalhados sobre os padrões de distribuição e abundância de *M. tuberculata* em riachos intermitentes, bem como sobre a importância de fatores ambientais (abióticos e bióticos) locais e espaciais como determinantes de sua invasão nesses ecossistemas dinâmicos. Essa lacuna dificulta as tomadas de decisão para o combate e controle dessa espécie nesses ambientes.

Considerando essa lacuna e os impactos ecológicos provocados por *M. tuberculata*, torna-se essencial compreender os fatores que favorecem sua invasão em ambientes aquáticos sujeitos a intensas variações, como os riachos intermitentes. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a influência relativa e compartilhada de fatores ambientais (abióticos e bióticos) e espaciais na distribuição e abundância do molusco invasor *Melanoides tuberculata* em riachos intermitentes no semiárido brasileiro. Para isso foram definidos os seguintes objetivos específicos: (i) Avaliar o efeito de filtros abióticos (morfometria de cada site, variáveis químicas e físicas da água e do sedimento) na distribuição e abundância de *M. tuberculata*; (ii) Avaliar o efeito do filtro biótico, expresso

pela riqueza de espécies da comunidade de macroinvertebrados, na distribuição e abundância de *M. tuberculata*; (iii) Avaliar o efeito da estrutura espacial (distância fluvial entre sites) na distribuição e abundância da espécie; (iv) Quantificar a contribuição relativa e combinada do filtro abiótico, biótico e espacial na distribuição e abundância de *M. tuberculata*. Nossa hipótese é que a combinação de filtragem ambiental e restrição de dispersão determinam a distribuição e a abundância de *M. tuberculata*. Com base em estudos anteriores, prevemos que locais com maior concentração de matéria orgânica e nutrientes apresentem maior abundância do molusco invasor, e que a proximidade entre os sites esteja positivamente correlacionada à sua distribuição e abundância.

2. Materiais e Métodos

2.1 Área de estudo

A pesquisa foi conduzida em seis municípios (Martins, Umarizal, Porta Alegre, Viçosa, e Riacho da Cruz) localizados no médio curso superior da Bacia Hidrográfica do rio Apodi-Mossoró (fig. 1), situada no estado do Rio Grande do Norte, região semiárida do Nordeste brasileiro. A bacia compreende todo segmento da Mesorregião Oeste do estado, drenando uma área de 14.270 km² equivalente a 26,8% do estado, sendo considerada a segunda maior bacia do Rio Grande do Norte (Oliveira *et al.*, 2009). Possui temperatura média anual de 28,5°C e precipitação média anual de 700 mm (Alvares *et al.* 2013; Silva 2022). Apresenta duas estações climáticas bem definidas, uma chuvosa (janeiro a julho), enquanto os meses restantes caracteriza-se como estação seca (Alvares *et al.* 2013; Silva, 2022). O clima da região é quente do tipo Bsh, segundo a classificação de Koppen, (1931). A vegetação dessa região é composta por caatinga hiperxerófila, caracterizada por indivíduos de pequeno porte que perdem suas folhas durante a estação seca, e floresta decídua (Santos *et al.*, 2012; Pereira *et al.*, 2014). Os rios exibem um regime hidrológico classificado como intermitente e sazonal, decorrente das precipitações limitadas e irregulares, aliadas a uma alta taxa de evaporação da água (SOUZA, et al., 2012).

O levantamento de campo foi realizado ao final da estação chuvosa, período em que os efeitos da redução do volume hídrico já eram perceptíveis nos riachos intermitentes da região. Nesse contexto, a maioria dos sites estudados apresentava poças isoladas e canais

fragmentados, e apenas uma pequena parcela dos sites mantinha fluxo hidrológico contínuo. Os ambientes ao redor dos sites abrangem uma diversidade de usos e coberturas do solo, o que pode refletir diferentes níveis de pressão antrópica sobre os ecossistemas aquáticos. Parte significativa desses sites encontrava-se inserida em áreas de vegetação savânica, com canais geralmente mais estreitos e fundos pedregosos, características associadas à menor densidade populacional e presença mais restrita de impactos antrópicos visíveis. Outros sites, no entanto, estão inseridos em zonas rurais utilizadas predominantemente para atividades agropecuárias, como o cultivo de milho, sorgo, feijão e cana-de-açúcar, o que potencializa a ocorrência de processos como erosão das margens, retirada de sedimentos do leito e supressão da vegetação ciliar. Além disso, a presença de pequenos centros urbanos, com menos de 10 mil habitantes, próximos aos sites, pode intensificar os impactos, com o lançamento de esgoto doméstico, descarte de resíduos e uso inadequado das margens.

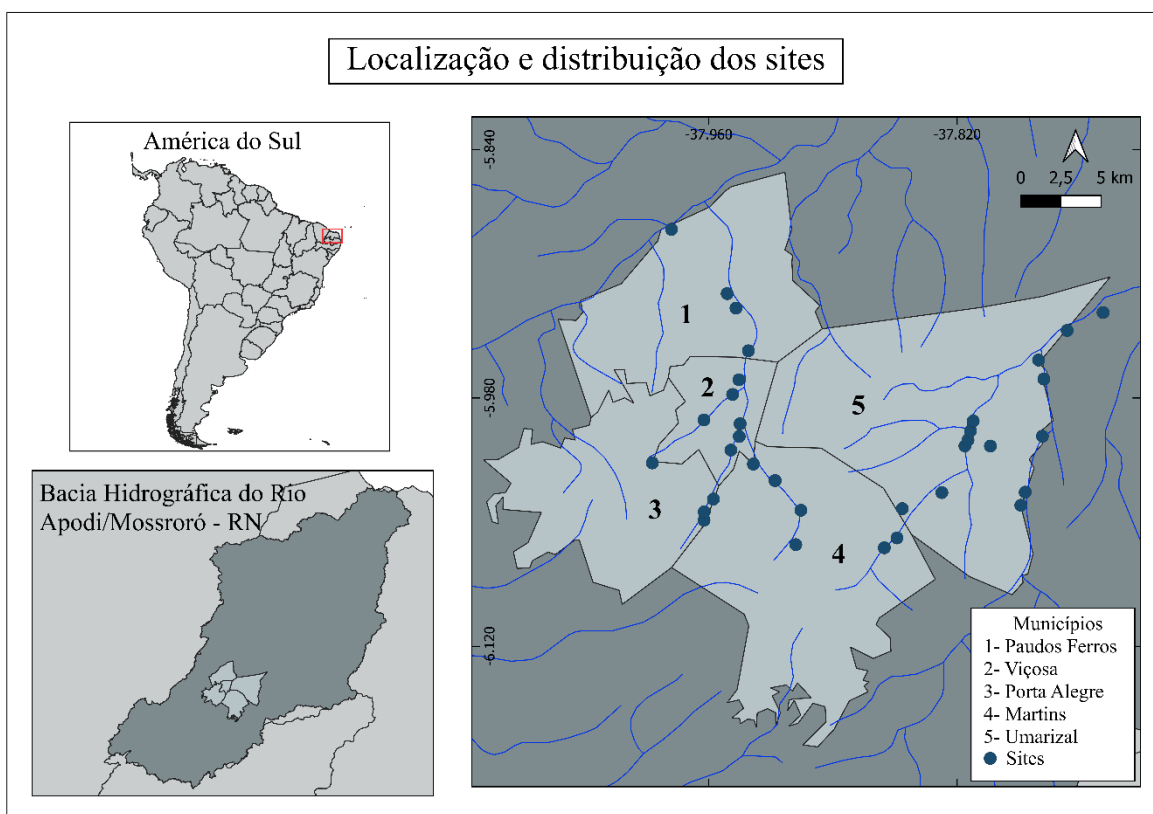


Figura 1: Localização e distribuição dos sites estudados na Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró, RN, Brasil.

2.2 Amostragem de dados

As amostragens foram realizadas entre junho e agosto de 2022 em 34 sites. Cada site, tinha 50 metros dividido em três transectos transversais ao canal, com distâncias de 0 a 16, 16 a 32 e 32 a 50 metros (Fig. 2). Em cada transecto, coletamos amostras de água em frascos de polietileno de 500 ml e uma amostra composta de sedimento. Cada amostra composta de sedimento resultou da junção de cinco sub amostras. Medimos também a largura do canal e as profundidades mínima e máxima em cada transecto dos sites (Fig. 3).

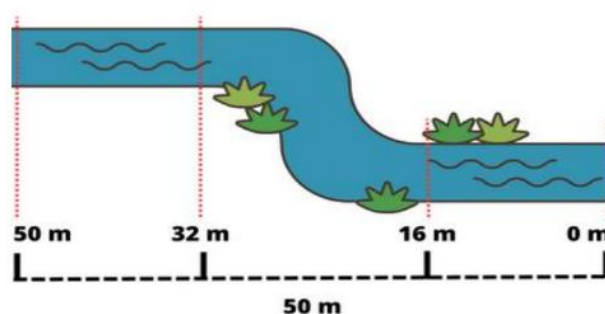


Figura 2. Representação gráfica da extensão dos sites com seus devidos transectos transversais situados à 0, 16, 32 e 50 metros.

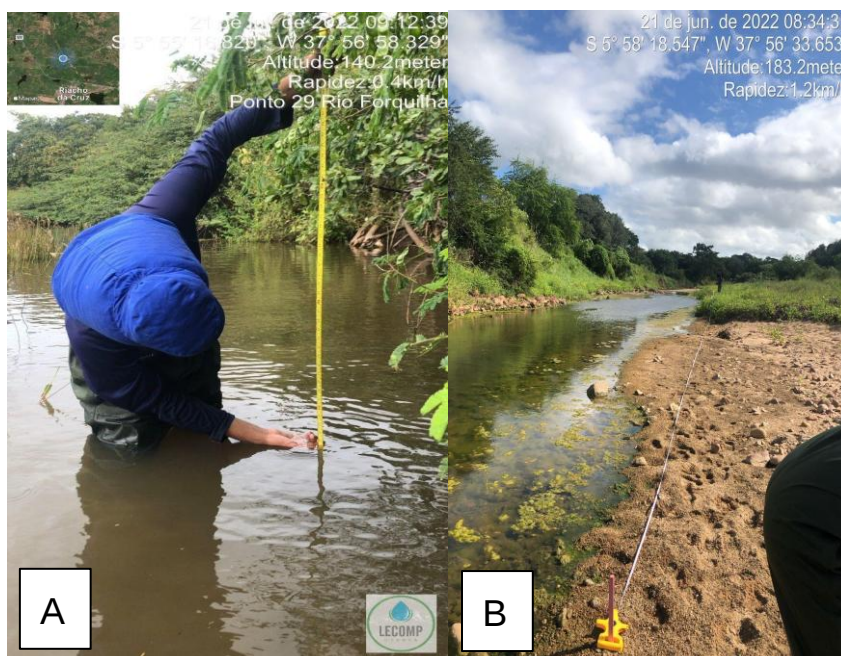


Figura 3. Obtenção dos valores de profundidade (A), e delimitação do comprimento do transecto (B).

2.3 Parâmetros da água e do sedimento

Mensuramos em campo a temperatura (°C), a condutividade elétrica (CE), a turbidez (Turb), oxigênio dissolvido na água (OD) e pH com sonda multiparâmetro. Em laboratório obtivemos os valores cloreto (Cl) e carbono orgânico total (COT) por titulação em triplicata. A determinação do nitrogênio (N) foi realizada pelo método de Kjeldahl.

A análise granulométrica foi realizada de acordo com o método da pipeta, utilizando dispersante químico hexametáfosfato de sódio ($(\text{NaPO}_3)_6$) e água destilada em 20g da terra fina seca ao ar (TFSA), com agitação mecânica lenta em agitador (Tipo Wagner 50 rpm) por um período de 16 horas (Teixeira *et al.*, 2017). A quantidade de areia (2 a 0,05 mm) foi quantificada por tamisagem, no entanto a argila (<0,002 mm) foi estimada por sedimentação e o silte (0,05 a 0,002 mm) por diferença entre as frações areia e argila. A densidade do sedimento foi determinada pelo método do tubo de ensaio Embrapa (1997), e a densidade das partículas pelo método do balão volumétrico (Teixeira *et al.*, 2017). Além da granulometria também realizamos as análises do pH, medido em um extrato saturado de água, enquanto o cálcio (Ca) foi extraído usando cloreto de potássio e quantificado por espectrofotometria de absorção atômica.

2.5 Amostragem das assembleias de macroinvertebrados aquáticos

Utilizamos o Protocolo de Avaliação Rápida para rios e riachos intermitentes proposto por Barbour *et al.* (1999), com amostragem multihabitat e subamostragem do tipo contagem-fixa. Este conjunto metodológico visa maximizar a representatividade dos habitats disponíveis, ao mesmo tempo em que padroniza o esforço de triagem, permitindo comparações robustas entre diferentes sites.

Em cada site, os macroinvertebrados aquáticos foram coletados utilizando redes entomológicas do tipo D (D-frame net 0,25mm, com dimensão **250 μ**), seguindo o sentido jusante – montante, sendo um coletor em cada margem do riacho. Foi obtida uma amostra de macroinvertebrados composta por site, que correspondeu a três varridas por transecto, por pessoa, totalizando 18 varridas por site. Cada varredura consistiu em uma raspagem rápida do fundo do canal, seguindo em direção à superfície, e sob bancos de macrófitas. as varreduras foram realizadas em diferentes tipos de microhabitats a fim de capturar a

heterogeneidade ambiental espaciais presentes no site de 50 m. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e fixados em campo com álcool 70%, e encaminhados para o laboratório, onde realizou-se os procedimentos de lavagem, coloração e triagem.

Em laboratório, as amostras fixadas foram lavadas em peneira (malha de 0,5 mm) e colocadas em frascos com álcool 70% para preservação do material e corante rosa bengala para facilitar a identificação dos organismos no momento da triagem. Para a realização da subamostragem, o material total de um site foi homogeneizado em uma bandeja e sorteada subamostras com tamanhos padronizados, as quais eram triadas até que 540 indivíduos fossem encontrados. Após a triagem os macroinvertebrados foram identificados até o nível de família utilizando-se as chaves de identificação, Mugnai, Nessimian e Baptista (2010) e Mccafferty (1981). Ao finalizar a identificação, os pontos ficaram com números diferentes de indivíduos, isso porque durante a identificação, teve alguns organismos que não deu para serem identificados, por estarem desgastados, impossibilitando assim a identificação. Os moluscos *Melanoides turbecultas* foram separados e observados em lupa para verificar se estavam preenchidos com o organismo, enquanto as conchas vazias foram descartadas. Em seguida, as conchas que continham parte mole, foram contadas e anexadas na planilha de abundância por site.

2.6 Processamento de dados

Para testar a hipótese teórica e suas predições selecionamos três conjuntos de variáveis: abióticas, biológicas e espacial. A seleção dessas variáveis foi baseada na literatura, onde são geralmente associadas à distribuição e abundância de moluscos de água doce. Para testar a hipótese de filtragem abiótica, selecionamos as variáveis limnológicas turbidez (NTU), temperatura (°C), pH, condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), fósforo total (ug/L), nitrogênio total (ug/L), oxigênio dissolvido (mg/L), e clorofila-a, e as variáveis obtidas do sedimento porcentagem de silte, areia e argila (%), COT (carbono orgânico total - ug/L) cálcio (mg/L) e pH. Nesse conjunto também foram incluídas as variáveis morfométricas de largura e profundidade médios do canal. Além disso, incluímos no grupo de variáveis abióticas a distância do trecho estudado até o açude mais próximo, a montante, que representa a distância de refúgios aquáticos durante a seca, e possíveis fontes de propágulos com a

retomada do fluxo dos riachos, na estação chuvosa. Para isso, utilizamos a ferramenta régua/caminho do Google Earth Pro e o arquivo de hidrografia da região em kml para orientação.

O conjunto biológico foi representado por uma matriz de riqueza de macroinvertebrados por site, representada pelo número de indivíduos de cada família taxonômica. A matriz foi padronizada através do processo de rarefação. Esse procedimento padronizou o número de indivíduos entre os sites, corrigindo as discrepâncias nos valores totais de indivíduos observadas mesmo após a subamostragem com um número fixo de indivíduos. Com a rarefação, cada local apresentou um total de 300 indivíduos. Os *M. tuberculata* foram incluídos na matriz de rarefação e posteriormente criou-se um vetor com a abundância somente da espécie, para ser utilizada nas análises posteriores.

Para o conjunto de dados espacial utilizamos os três primeiros vetores de uma matriz de vizinhança (PCNM - *Principal Coordinates of Neighbor Matrice*) (DRAY et al., 2006) calculada a partir de uma matriz de distância fluvial calculada entre os pontos de coleta, a partir de coordenadas geográficas dos sites, e um *shapefile* simplificado da hidrografia da região. A aplicação da abordagem PCNM permitiu a modelagem das relações espaciais da estrutura da comunidade em múltiplas escalas, fornecendo fatores espaciais fundamentados nas distâncias entre os locais de amostragem (Li et al., 2019). A técnica PCNM é reconhecida por sua habilidade na modelagem espacial de estruturas em comunidades biológicas, conforme discutido por Legendre e Legendre (2012). A implementação desta técnica foi realizada por meio da função PCNM disponível no pacote *vegan* (OKSANEN et al., 2007), e a distância fluvial disponível no pacote *riverdist* (GRAHAM, 2021).

2.7 Análise de dados

Utilizamos modelos lineares para testar a relação entre os conjuntos de variáveis abióticas, biótica e espacial na distribuição e abundância de *M. tuberculata*. Para cada grupo, calculamos o fator de inflação da variância (VIF ou *Variance Inflation Factor*) para avaliar a multicolinearidade entre as variáveis. Variáveis com $VIF > 10$ foram removidas do modelo. Considerando esse critério, as variáveis Ca e porcentagens de silte e areia do sedimento foram removidas das análises subsequentes. Os modelos de subgrupo de variáveis foram selecionados usando um procedimento *stepwise*, e o melhor modelo determinado através do

menor valor do Critério de Informação de Akaike ($<AIC$) foi selecionado.

Para avaliar as contribuições relativas individuais e compartilhadas das variáveis abióticas, biótica e espacial na explicação da distribuição e abundância de *M. tuberculata* foi usado o método de partição de variância proposto por Boccard et al. (1992). Os pacotes utilizados para calcular a rarefação de dados de abundância e a partição da variância, foram *riverdist* (GRAHAM, 2021) e *vegan* (OKSANEN et al., 2007) (funções *rarefy* e *varpart*), respectivamente, as análises foram realizadas no programa R (R core Team, 2024).

3. Resultados

Foram amostrados um total de 17.634 indivíduos, considerando toda a comunidade de macroinvertebrados aquáticos, os quais foram distribuídos em quatro Filos (Annelida, Platyhelminthes, Mollusca e Arthropoda), compreendendo 65 famílias. O Filo Arthropoda apresentou o maior número de famílias (56 famílias). Em termos de abundância relativa, a família Chironomidae apresentou as maiores contribuições (25%), seguidos da família Planorbidae (12%) e da família Thiaridae (11%).

O molusco invasor *Melanoides tuberculata* foi identificado em 15 dos 34 sites analisados, o que representa 44% dos sites estudados (fig. 4). A espécie foi registrada em ambientes com diferentes tipos de atividades antrópicas, variando de minimamente até altamente antropizados, sendo mais prevalente em áreas com intensa atividade humana.

Nos sites em que *M. tuberculata* ocorreu, a abundância total da espécie (sem rarefação) foi de 2.006 indivíduos, com média de 59,00 indivíduos/site. E entre os sites, a abundância não rarefada variou entre um e 387 indivíduos, representando 71% da comunidade do site onde a espécie apresentou sua maior abundância (fig. 4). Após a rarefação, a abundância total da espécie foi de 1.278, com média de 35,7 indivíduos/site. Abundância entre os sites variou de um a 219 indivíduos, representando 73% da comunidade no site onde a espécie foi mais abundante.

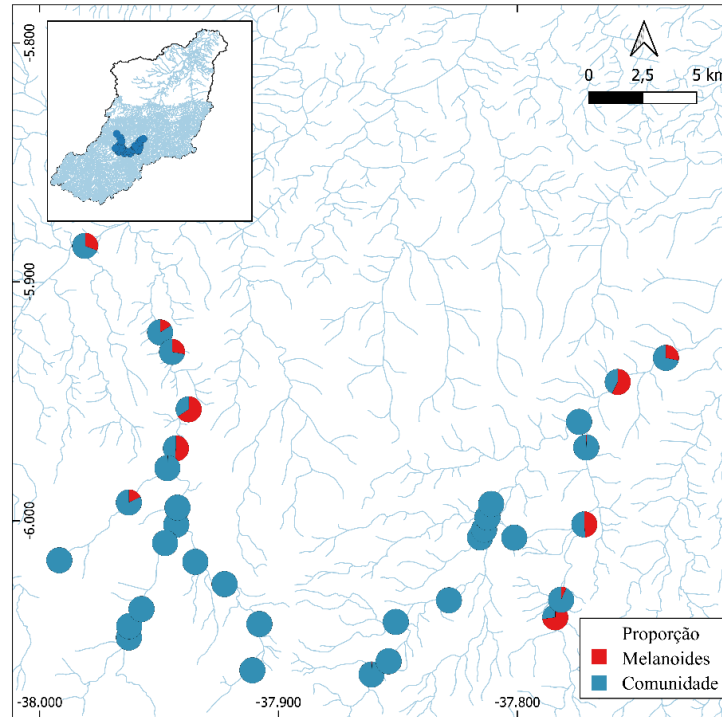


Figura 4: Distribuição espacial de *Melanoides tuberculata*, e proporção da espécie em relação a comunidade total de macroinvertebrados, nos 34 sites estudados.

O procedimento stepwise aplicado às variáveis abióticas (Tabela descritiva em anexo) indicou que o melhor modelo selecionou as variáveis turbidez, pH, argila e largura do canal para explicar a abundância do molusco invasor (AIC = 273,99). Para o modelo espacial o stepwise identificou apenas o vetor espacial PCNM 3 (AIC 278.88) como o melhor modelo. Em relação ao conjunto biótico, o melhor modelo para descrever a distribuição e abundância do molusco não incluiu a variável riqueza da comunidade (AIC = 285.4). A análise de significância das variáveis do melhor modelo ambiental, as variáveis turbidez, largura e pH apresentaram relação positiva com a abundância da espécie ($P= 0.043$; $P= 0.052$), porém, a relação com pH foi marginalmente significativa ($P= 0.066$). Por outro lado, a concentração de argila foi negativamente relacionada à abundância da espécie ($P= 0.054$). O PCNM 3 teve uma relação positiva e significativa ($P=0.004934$). A variável biótica (riqueza da comunidade) não apresentou relação significativa ($P= 0.717$) com a espécie (Tabela 2).

Tabela 1: Resultados dos modelos lineares utilizados para explicar a abundância de *M. tuberculata*, utilizando as variáveis abióticas (turbidez, pH, argila e largura do canal), biótica (riqueza da comunidade de macroinvertebrados) e espacial (vetor PCNM 3) como variáveis preditoras.

	Variáveis	β	<i>t</i> valor	<i>p</i>
Abiótico	Turbidez	0.7914	2.112	0.0434
	pH	35.6212	1.907	0.0664
	Argila	201.7837	-2.004	0.0545
	Largura	2.1974	2.025	0.0522
Biológico	Riqueza	2.5096	0.366	0.717
Espacial	PCNM 3	58.71	3.020	0.004934

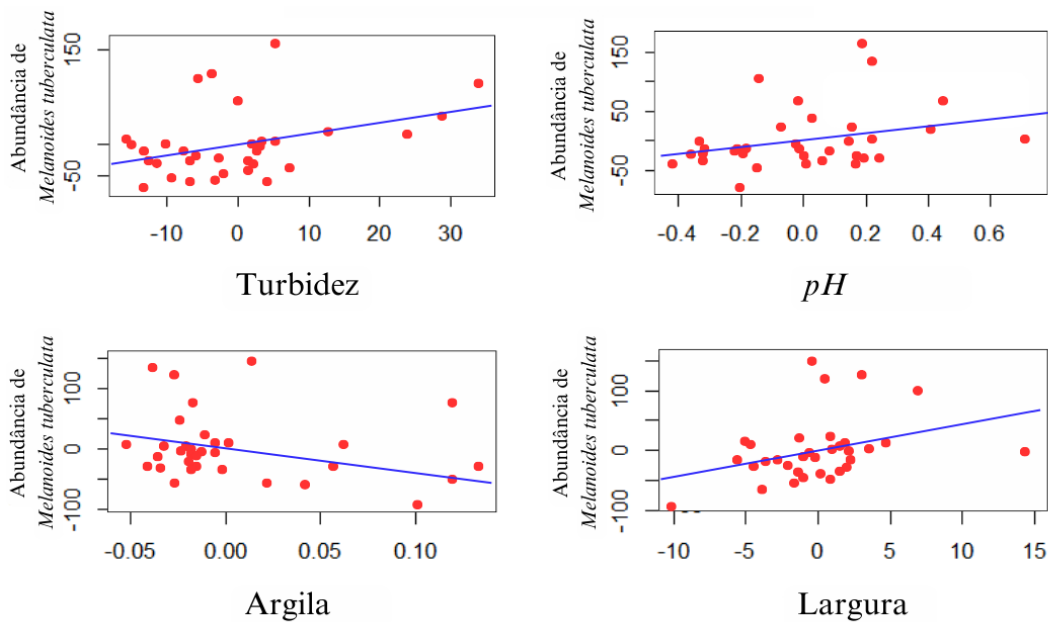


Figura 5: Representação gráfica da regressão linear mostrando a relação entre a abundância da espécie invasora *Melanoides tuberculata* e as variáveis ambientais (Turbidez, pH, Argila e Largura do trecho dos riachos intermitentes).

O método de partição de variância indicou que combinação dos efeitos puros e combinados das variáveis abióticas, bióticas e espaciais explicaram 40% da variação da abundância de *M. tuberculata*. O componente que mais contribuiu foi o ambiente puro (20%),

que superou a explicação compartilhada desse conjunto com o espacial (16%), sendo que o espaço puro apresentou uma baixíssima explicação (4%), e o conjunto biológico (riqueza da comunidade de macroinvertebrados rarefada) não contribuiu na variância explicada do molusco invasor (Fig. 6).

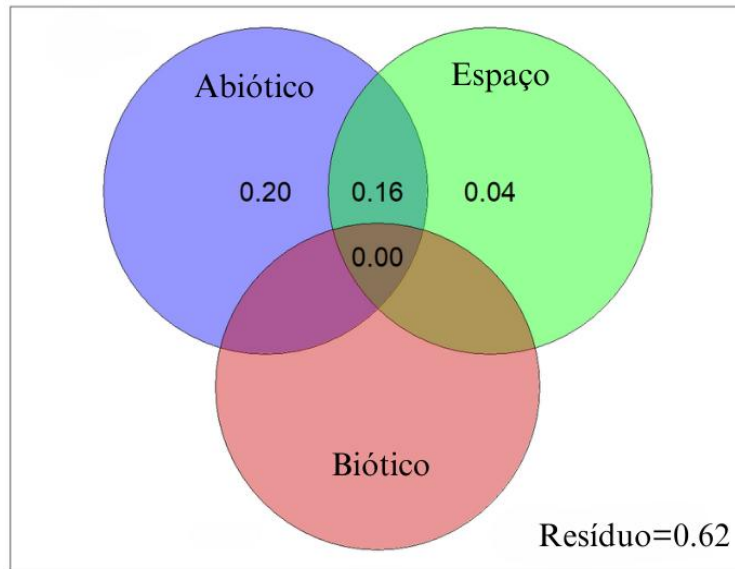


Figura 6: Diagrama de Veen representando a variação na abundância de *Melanoides tuberculata* explicada de forma pura e compartilhada por três conjuntos de variáveis (abiótico, biótico e espacial).

4. Discussão

Nesse estudo, investigamos a influência das variáveis abióticas, bióticas e espacial na abundância e distribuição de *Melanoides tuberculata* em riachos intermitentes no semiárido brasileiro. Nossos resultados demonstraram que a combinação de variáveis ambientais abióticas locais e filtros espaciais explicam uma fração significativa da variação na abundância do invasor nesses ecossistemas. Observou-se, no entanto, pouca evidência de influência das variáveis bióticas. Esse padrão, observado em nosso estudo, suporta parcialmente nossa hipótese inicial (filtragem ambiental e restrição de dispersão). Embora as variáveis abióticas e as restrições espaciais exerçam um impacto significativo, a ausência da influência biótica sugere que a abundância e distribuição da espécie podem ser mais complexas, dependendo de fatores ambientais e espaciais, independentemente das interações entre espécies.

Resultado semelhante foi encontrado por Liu *et al.* (2023) quando estudou a influência do ambiente (variáveis abióticas e bióticas) e espaço sob comunidades de macroinvertebrados. Os autores observaram que as variáveis abióticas e espaciais tiveram maior influência na ocorrência das comunidades. Esses autores discutem que o espaço influencia a composição taxonômica das comunidades de macroinvertebrados. Isso porque a heterogeneidade da paisagem, fornece uma maior quantidade de nichos vagos, bem como barreiras de dispersão (Liu *et al.*, 2023). Em nosso estudo as variáveis abióticas tiveram uma maior influência na distribuição e abundância da espécie. Esse resultado também foi encontrado em reservatórios do semiárido brasileiro, onde fatores abióticos como profundidade, pH, condutividade elétrica e matéria orgânica do sedimento tiveram uma maior relação na abundância de *M. tuberculata* (Jovem-Azevêdo *et al.*, 2022). Nosso estudo ainda mostra que a espécie esteve presente em sites com diferentes condições abióticas e bióticas tais como diferentes concentrações de argila, pH, turbidez e diferentes larguras e interações bióticas. O mesmo foi registrado por Eskinazi-Sant'Anna (2010), na Bacia Piranhas-Assu, no semiárido brasileiro, e por Paula *et al.* (2017) na região sudeste do país, que encontraram a espécie bem distribuída nos sites estudados (reservatórios e riachos). Ainda de acordo com os estudos a espécie apresentou uma maior concentração em reservatórios, além de adaptações em diversos sedimentos como substrato rochoso e arenoso. Esses estudos ainda relataram que a espécie pode estar adaptada às variações na sazonalidade e na concentração de variáveis abióticas, como pH, temperatura, profundidade, condutividade elétrica, largura e oxigênio dissolvido.

A presença de *M. tuberculata* em 44% dos trechos de riachos analisados parecem indicar que a espécie é tolerante a condições adversas do ambiente. Isso pode estar relacionado às adaptações fisiológicas que favorecem sua sobrevivência e sucesso reprodutivo em condições ambientais que se mostram adversas para outras espécies aquáticas (Martins-Silva *et al.*, 2001; Facon *et al.*, 2008). Entre essas adaptações destacam-se a capacidade de tolerar variações extremas na temperatura, salinidade e oxigenação (Martins-Silva *et al.*, 2001; Mitchell & Brandt 2005; Weir *et al.*, 2012), além de preferência por ambientes com pouca vegetação e elevada concentração de matéria orgânica (Giovannelli *et al.*, 2005). Essas possíveis adaptações da espécie podem ameaçar a biodiversidade local, uma vez que a capacidade de *M. tuberculata* de colonizar ambientes alterados pode influenciar de

forma negativa a estrutura da comunidade e as interações ecológicas locais (Guimarães *et al.*, 2001; Giovanelli *et al.*, 2003; Rader *et al.*, 2003; Santos & Eskinazi-Sant'Anna 2010; Molozzi *et al.*, 2013; Azevêdo *et al.*, 2015; Azevêdo *et al.*, 2017; Jovem-Azevedo, *et al.*, 2022). A predominância dessa espécie em áreas com maior presença de atividades antrópicas está em consonância com observações anteriores em outros sistemas aquáticos tropicais (SANTOS & ESKINAZI-Sant'Anna, 2010; Paiva *et al.*, 2018; Almeida *et al.*, 2018; Jovem-Azevêdo *et al.*, 2022), onde habitats perturbados ou eutrofizados favorecem o sucesso de espécies invasoras (Byers, 2002; Vitousek *et al.*, 1997).

A análise de significância das variáveis do melhor modelo ambiental, mostrou que as variáveis pH, turbidez e largura apresentaram relação positiva com a abundância da espécie, enquanto a variável argila teve uma relação negativa. A correlação positiva observada entre *Melanoides tuberculata* e o pH pode ser atribuída à influência dessa variável nos níveis de bicarbonato de cálcio, que é um componente essencial para formação das conchas dos moluscos (Suzuki & Nagasawa 2013). Uma vez que as condições ambientais favoráveis, como o pH alcalino, podem favorecer elevadas densidades populacionais e a dispersão de moluscos pulmonados, como *M. tuberculata* (Vasconcelos *et al.*, 2009; Trinidad-Ocaña *et al.*, 2017). Estudos realizados em reservatórios do semiárido brasileiro, no qual investigam a ocorrência da espécie, também encontraram relação entre o pH e *M. tuberculata* (Santos & Eskinazi-Sant'Anna, 2010; Jovem-Azevêdo *et al.*, 2021) e, em conjunto com nossos resultados obtidos em riachos intermitentes, parecem sugerir o papel do pH como um fator ambiental relevante para a espécie.

A correlação positiva observada entre a turbidez e a abundância da espécie pode estar relacionada à adaptação da espécie a ambientes inóspitos. Isso porque, com o aumento da turbidez, a transmissão de luz é reduzida e o assoreamento de sólidos suspensos se intensifica, ocasionando a diminuição do suprimento e da qualidade dos alimentos, além de alterações no substrato bentônico disponível, o que leva à redução na abundância de invertebrados bentônicos sensíveis (Henley *et al.*, 2000; Bilotta E Braseiro 2008; Bryce *et al.*, 2010; Jones *et al.*, 2012; Chapman *et al.*, 2014; Naden *et al.* 2016; Camargo *et al.*, 2017). O que pode levar a diminuição de competição inter e intraespecífica, podendo favorecer a proliferação de *M. turbeculta*, uma vez que a espécie é considerada generalista, alimentando-se de

detritos, partículas orgânicas, microalgas e bactérias presentes, e ainda demonstra preferência por locais com alta concentração de partículas orgânicas (Giovanelli *et al.*, 2005).

A relação positiva da espécie com a largura dos riachos pode estar relacionada com a maior disponibilidade de recursos alimentares como algas e detritos, que são essenciais para a sobrevivência e reprodução da espécie (Giovanelli *et al.*, 2005). No nosso estudo os riachos mais largos são aqueles mais degradados e assoreados, com presença de atividades antrópicas. Tais atividades levam ao aumento de entradas de nutrientes de fontes difusas e pontuais, em muitos casos estimulando a produção primária de água doce (Bernot *et al.*, 2010). Nesse sentido o molusco invasor pode ter vantagem, por apresentar adaptações a tais condições abióticas, enquanto as espécies nativas, principalmente as sensíveis, declinam. Além do mais, a largura dos riachos pode influenciar a dinâmica hidrológica, como a velocidade do fluxo da água, afetando a dispersão e a colonização desses organismos (Pointier *et al.*, 1994; Rader *et al.*, 2003). Isso porque os riachos mais largos frequentemente apresentam um fluxo de água mais lento, criando condições favoráveis para a fixação de *Melanoides tuberculata*.

A relação negativa da espécie com a argila pode estar relacionada com as modificações do habitat ocasionados pelas atividades desenvolvidas nas áreas adjacentes aos riachos, como a agricultura e o desmatamento. Tais atividades tendem a aumentar a erosão do solo e a deposição de sedimentos finos nos corpos d'água (Bernot *et al.*, 2010). Afetando assim a estrutura do habitat, uma vez que o alto teor de argila pode influenciar a penetração da luz e a disponibilidade de recursos alimentares (Li *et al.*, 2022, Wang *et al.*, 2019), ocasionando a diminuição da biodiversidade (Hu *et al.*, 2024). Isso porque a presença de sedimentos finos, como a argila, pode interferir negativamente na disponibilidade do perifíton, um componente alimentar crucial para muitos organismos aquáticos, incluindo *M. tuberculata* (Cummins *et al.*, 2005; Linares *et al.*, 2020), o que pode limitar a capacidade de forrageamento de *M. tuberculata*, levando a uma relação negativa entre essa espécie e ambientes com predominância de argila.

Ao investigarmos a contribuição pura e compartilhada dos conjuntos de dados abióticos, bióticos e espaciais na abundância do molusco invasor, encontramos que 20% da sua variação foi explicada pelo efeito puro dos fatores abióticos, e 16% pelo componente

abiótico compartilhado com o espaço, indicando que as condições abióticas parecem ser o principal fator regulador de *M. tuberculata* em riachos intermitentes. Além disso, o componente compartilhado entre espaço e ambiente, embora esperado, parece sugerir que a variação ambiental é espacialmente estruturada. Em riachos de cabeceiras assim como do nosso estudo, gradientes longitudinais associados à morfologia do canal, ciclagem de nutrientes e produtividade primária moldam progressivamente as condições ambientais (Vannote *et al.*, 1980). A ausência da espécie em trechos de cabeceira, observada em nosso estudo, reforça que há também uma limitação espacial para a sua dispersão. Isso sugere que a distribuição do molusco não é apenas influenciada pelas condições locais, mas também por condições que variam ao longo do espaço. Apesar do espaço puro contribuir com apenas 4% na explicação da ocorrência da espécie, sugerindo que, embora o fluxo hídrico possa influenciar a dispersão de *Melanoides tuberculata*, sua influência é secundária em comparação aos fatores ambientais. Assim, a distribuição de *M. tuberculata* nos riachos intermitentes do semiárido não é apenas um reflexo das condições ambientais locais, mas também da limitação espacial imposta pelas características do sistema fluvial.

Não encontramos relação significativa entre a distribuição e abundância de *M. tuberculata* e a riqueza local, o que parece indicar que a resistência biótica pode não ser um fator limitante na dinâmica dessa espécie invasora em riachos intermitentes. Resultado parecido foi observado em reservatórios do semiárido brasileiro, onde os autores observaram uma baixa influência da resistência biótica à abundância e distribuição da espécie (Jovem-Azevedo, *et al.*, 2022). Em ambientes altamente modificados, como do nosso estudo, os mecanismos de resistência biótica podem ser atenuados, devido à redução de competição por recursos e o aumento na disponibilidade de nichos vagos (Richardson *et al.*, 2000). Além disso, a capacidade de *M. tuberculata* de ocupar habitats com condições extremas pode minimizar os efeitos competitivos, favorecendo sua coexistência com espécies nativas (Giovanelli *et al.*, 2005). Em ambientes poluídos, a diversidade de organismos nativos pode ser reduzida, diminuindo a competição por recursos e predadores naturais (Datry, *et al.*, 2017), o que pode favorecer o crescimento da população de *M. tuberculata*, que possui elevado crescimento populacional, considerando que a espécie possui altas taxas de natalidade e baixa mortalidade (Abílio 2002; Pointier & Delay 1995).

Nossos achados têm implicações importantes para a gestão de ecossistemas intermitentes em regiões semiáridas. A relação entre a abundância de *M. tuberculata* e sites com menor qualidade ambiental sugere que a restauração da qualidade hídrica e o manejo de áreas degradadas poderiam reduzir a dispersão dessa espécie invasora, além de outras estratégias como restauração da mata ciliar e a redução do assoreamento em riachos. Essas intervenções são importantes porque reduzem o impacto negativo das atividades antrópicas e melhoram a qualidade do habitat, o que pode limitar o sucesso de *M. tuberculata* em riachos intermitentes. Pesquisas futuras devem focar em compreender como a sazonalidade no ciclo hidrológico afeta as populações do molusco invasor bem como a sua dispersão em outros riachos intermitentes. Além disso, seria relevante avaliar como mudanças na comunidade de macroinvertebrados ao longo do tempo influenciam a aceitação/resistência biótica em diferentes estágios da invasão de *M. tuberculata*.

5. Conclusão

Melanoides tuberculata foi mais abundante em comunidades de macroinvertebrados situadas em riachos intermitentes mais antropizados, no entanto, sua presença em diversos riachos florestais sugere que a espécie tolera uma ampla variação nas condições ambientais locais. É possível que uma vez estabelecida em trecho, *M. tuberculata* tem potencial para expandir sua população rapidamente. Além disso, constatamos que a abundância do molusco invasor está mais associada a variáveis ambientais locais do que a fatores espaciais, destacando o papel significativo da filtragem ambiental. Esta predominância da filtragem ambiental, juntamente com a ausência de correlações significativas com a comunidade local de macroinvertebrados, pode ser atribuída à instabilidade dos habitats em riachos intermitentes, que intensifica a seleção ambiental e, simultaneamente, minimiza as interações bióticas. Com base nesses achados, recomendamos a implementação de medidas de mitigação como reflorestamento das matas ciliares e a redução do assoreamento, para tentar limitar o crescimento populacional e reduzir a dispersão dessa espécie invasora em riachos intermitentes e posteriormente outros setores da bacia hidrográfica. Sugerimos, ainda, estudos futuros que avaliem diretamente o impacto dessa espécie na estrutura e no

funcionamento da comunidade nativa de macroinvertebrados, a fim de quantificar as consequências ecológicas da invasão e orientar estratégias de manejo mais específicas.

REFERÊNCIAS

ABÍLIO, Francisco José Pegado et al. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade ambiental de corpos aquáticos da caatinga. **Oecologia brasiliensis**, v. 11, n. 3, p. 397-409, jul./out. 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.4257/oeco.2007.1103.09>>. Acesso em: 20 out. 2024.

ABÍLIO, Francisco José Pegado. **Gastrópodes e outros invertebrados bentônicos do sedimento litorâneo e associados a macrófitas aquáticas em açudes do semi-árido paraibano, nordeste do Brasil**. 2002. 216 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2002. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/1730>>. Acesso em: 20 ago. 2024

ALLAN, J. David. Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems. **Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.**, v. 35, n. 1, p. 257-284, jun./dez. 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.35.120202.110122>>. Acesso em: 20 fev. 2025.

ALMEIDA, P. R. S. et al. Effects of invasive species snails in continental aquatic bodies of Pernambuco semiarid. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 30, p. e103, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S2179-975X10616>>. Acesso em: 20 fev. 2025.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013. Disponível em: https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/8201/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil . Acesso em: 14 maio 2024.

AZEVEDO, D. J. S. et al. Diversity measures in macroinvertebrate and zooplankton communities related to the trophic status of subtropical reservoirs: contradictory or complementary responses? **Ecological Indicators**, v. 50, p. 135-149, mar. 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.10.010>> Acesso em: 13 out. 2024

AZEVEDO, E. L., J. E. Barbosa, L. G. Viana, M. J. P. Anacleto, M. Callisto & J. Molozzi. Application of a statistical model for the assessment of environmental quality in neotropical semi-arid reservoirs. **Environmental Monitoring and Assessment** v. 189, p. 1-13, jan. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10661-016-5723-3>>. Acesso em: 13 out. 2024

BARBOSA, J. E. L. et al. Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 24, p. 103-118, mar. 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S2179-975X2012005000030>>. Acesso em: 13 out. 2024.

BARBOUR, M. T.; GERRITSEN, J.; SNYDER, B. D.; STRIBLING, J. B. *Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish*. 2. ed. Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, 1999. (EPA 841-B-99-002).

BERNOT, Melody J. et al. Inter-regional comparison of land-use effects on stream metabolism. **Freshwater Biology**, v. 55, n. 9, p. 1874-1890, ago. 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2010.02422.x>>. Acesso em: 15 fev. 2025.

BILOTTA, G. S.; BRAZIER, R. E. Understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic biota. **Water research**, v. 42, n. 12, p. 2849-2861, jun. 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.watres.2008.03.018>>. Acesso em: 10 nov. 2024.

BOERSMA, K. S. et al. Invertebrate assemblages of pools in arid-land streams have high functional redundancy and are resistant to severe drying. **Freshwater Biology**, v. 59, n. 3, p. 491-501, dez./jan. 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/fwb.12280>>. Acesso em: 05 fev. 2025.

BOGAN, M. T. et al. Resistance and resilience of invertebrate communities to seasonal and suprasedimental drought in arid-land headwater streams. **Freshwater Biology**, v. 60, n. 12, p. 2547-2558, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/fwb.12522>>. Acesso em: 05 fev. 2025.

BOOTH, D. B. et al. Reviving urban streams: Land use, hydrology, biology, and human behavior 1. **JAWRA Journal of the American Water Resources Association**, v. 40, n. 5, p. 1351-1364, jun. 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2004.tb01591.x>>. Acesso em: 23 fev. 2025.

BRYCE, Sandra A.; LOMNICKY, Gregg A.; KAUFMANN, Philip R. Protecting sediment-sensitive aquatic species in mountain streams through the application of biologically based streambed sediment criteria. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 29, n. 2, p. 657-672, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1899/09-061.1>>. Acesso em: 10 fev 2025.

BYERS, James E. Impact of non-indigenous species on natives enhanced by anthropogenic alteration of selection regimes. **Oikos**, v. 97, n. 3, p. 449-458, jun. 2002. Disponível em: <<https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2002.970316.x>>. Acesso em: 20 out 2024.

BYUN, C., LEE, E. J. Ecological application of biotic resistance to control the invasion of an invasive plant, *Ageratina altissima*. **Ecology and Evolution**, v. 7, n. 7, p. 2181-2192, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/ece3.2799>>. Acesso em: 21 set. 2024.

CAMARGO, Julio A.; ALONSO, Álvaro. Ecotoxicological assessment of the impact of fluoride (F⁻) and turbidity on the freshwater snail *Physella acuta* in a polluted river receiving an industrial effluent. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, p. 15667-15677, mai./jun. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11356-017-9208-x>>. Acesso em: 15 fev. 2025.

CATFORD, J. A. et al. Reducing redundancy in invasion ecology by integrating hypotheses into a single theoretical framework. **Diversity and distributions**, v. 15, n. 1, p. 22-40, dez. 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2008.00521.x>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

CHAPMAN, D. S. et al. Invasion of freshwater ecosystems is promoted by network connectivity to hotspots of human activity. **Global Ecology and Biogeography**, v. 29, n. 4, p. 645-655, dez. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/geb.13051>>. Acesso em: 20 out. 2024.

CHAPMAN, Jacqueline M. et al. Clear as mud: a meta-analysis on the effects of sedimentation on freshwater fish and the effectiveness of sediment-control measures. **Water research**, v. 56, p. 190-202, jun. 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.02.047>>. Acesso em: 15 fev. 2025.

CHASE, J. M. et al. Biodiversity conservation through the lens of metacommunity ecology. **Annals of the new York Academy of Sciences**, v. 1469, n. 1, p. 86-104, mai. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/nyas.14378>>.

CHASE, J. M., MYERS, J. A. Disentangling the importance of ecological niches from stochastic processes across scales. **Philosophical transactions of the Royal Society B: Biological sciences**, v. 366, n. 1576, p. 2351-2363, ago. 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1098/rstb.2011.0063>>. Acesso em: 18 dez. 2024.

COELHO, P. N. et al. Updated distribution and range expansion of the gastropod invader *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774) in Brazilian waters. *BioInvasions Records*, v. 7, n. 4, p. 405-409, nov. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.3391/bir.2018.7.4.08>>. Acesso em: 18 dez. 2024.

COTTENIE, K. Integrating environmental and spatial processes in ecological community dynamics. **Ecology letters**, v. 8, n. 11, p. 1175-1182, set. 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00820.x>>. Acesso em: 18 dez. 2024.

CRABOT, J. et al. Drying determines the temporal dynamics of stream invertebrate structural and functional beta diversity. **Ecography**, v. 43, n. 4, p. 620-635, dez. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/ecog.04835>>. Acesso em: 28 nov. 2024.

CUMMINS, Kenneth W.; MERRITT, Richard W.; ANDRADE, Priscila CN. The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in selected streams and

rivers in south Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 40, n. 1, p. 69-89, fev. 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/01650520400025720>>. Acesso em: 15 mar. 2025.

DATRY, T. et al. Flow intermittence and ecosystem services in rivers of the Anthropocene. **Journal of Applied Ecology**, v. 55, n. 1, p. 353-364, jan. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/1365-2664.12941>>. Acessado em: 16 mar. 2025.

DATRY, T. et al. Intermittent rivers: a challenge for freshwater ecology. **BioScience**, v. 64, n. 3, p. 229-235, jan./mar. 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/biosci/bit027>>. Acesso em: 16 mar. 2025.

DATRY, T. et al. Metacommunity patterns across three Neotropical catchments with varying environmental harshness. **Freshwater Biology**, v. 61, n. 3, p. 277-292, jan. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/fw.b.12702>>. Acesso em: 20 out. 2024

DATRY, Thibault; BONADA, Núria; BOULTON, Andrew. Intermittent rivers and ephemeral streams: Ecology and management. **Hrvatske vode**, v. 25, p. 102, 2017.

DINIZ, L. P. et al. Distribution of planktonic microcrustaceans (Cladocera and Copepoda) in lentic and lotic environments from the semiarid region in northeastern Brazil. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 110, p. e2020002, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1678-4766e2020002>>. Acessado em 23 jan. 2025.

DORETTO, A. et al. Stay with the flow: How macroinvertebrate communities recover during the rewetting phase in Alpine streams affected by an exceptional drought. **River Research and Applications**, v. 36, n. 1, p. 91-101, dez. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/rra.3563>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

DRAY, S. et al. Spatial modelling: A comprehensive framework for principal coordinate analysis of neighbour matrices (PCNM). *Ecological Modelling*, 196(3–4), 483–493. 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2006.02.015>>. Acesso em: 23 jul. 2024.

ELTON, Ch S. The ecology of animal and plant invasions. 1958.

EL-WAKEIL, K. F. A. et al. Community structure of molluscs in River Nile and its branches in Assiut governorate, Egypt. **The Egyptian Journal of Aquatic Research**, v. 39, n. 3, p. 193-198, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ejar.2013.09.002>>. Acesso em: 14 dez. 2025.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212 p.

ENCALADA, Andrea C. et al. Riparian land use and the relationship between the benthos and litter decomposition in tropical montane streams. **Freshwater Biology**, v. 55, n. 8, p. 1719-1733, jul. 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2010.02406.x>>. Acesso em: 23 fev. 2025.

FACON, B. et al. A molecular phylogeography approach to biological invasions of the New World by parthenogenetic Thiarid snails. *Molecular Ecology*, v. 12, n. 10, p. 2647-2655, 2003. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-294X.2003.01972.x>. Acesso em: 14 dez. 2024.

FACON, B.; POINTIER, J.-P.; JARNE, P.; SARDA, V.; DAVID, P. High genetic variance in life-history strategies within invasive populations by way of multiple introductions. *Current Biology*, v. 18, n. 5, p. 363-367, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2008.01.063>. Acesso em: 14 dez. 2024.

FARIAS, R. L. et al. Partitioning of macroinvertebrate assemblages across temporary pools in an intermittent dryland river. **Inland Waters**, v. 10, n. 4, p. 480-492, jun. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/20442041.2020.1738841>>. Acessado em: 28 nov. 2024.

FRANCIS, R. A.; CHADWICK, M. A. Invasive alien species in freshwater ecosystems: a brief overview. **A handbook of global freshwater invasive species**, p. 23-41, 2012.

GALLART, F. et al. Validating alternative methodologies to estimate the regime of temporary rivers when flow data are unavailable. **Science of the Total Environment**, v. 565, p. 1001-1010, set 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.116>>. Acesso em: 16 jan. 2025.

GIOVANELLI, A. et al. Apparent competition through facilitation between *Melanoides tuberculata* and *Biomphalaria glabrata* and the control of schistosomiasis. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 98, p. 429-431, abr. 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0074-02762003000300025>>. Acesso em: 22 dez. 2024.

GIOVANELLI, Alexandre et al. Habitat preference of freshwater snails in relation to environmental factors and the presence of the competitor snail *Melanoides tuberculatus* (Müller, 1774). **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 100, p. 169-176, abr. 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0074-02762005000200010>>. Acesso em: 20 out. 2024.

GRAHAM, J. riverdist: Distance and Connectivity Metrics for River Networks. R package version Versão 0.17.1. 2021. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=riverdist>
GUIMARÃES, C. T. et al. Possible competitive displacement of planorbids by *Melanoides tuberculata* in Minas Gerais, Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 96, p. 173-176, set 2001. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0074-02762001000900027>>. Acesso em: 22 dez. 2024.

GUREVITCH, J. et al. Emergent insights from the synthesis of conceptual frameworks for biological invasions. **Ecology letters**, v. 14, n. 4, p. 407-418, fev. 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01594.x>>. Acesso em: 21 set. 2024.

HAVEL, J. E. et al. Do reservoirs facilitate invasions into landscapes?. **BioScience**, v. 55, n. 6, p. 518-525, 2005.jun. 2005. Disponível em: <[https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2005\)055\[0518:DRFIIL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2005)055[0518:DRFIIL]2.0.CO;2)>. Acesso em: 15 set. 2024.

HEINO, J. et al. Integrating dispersal proxies in ecological and environmental research in the freshwater realm. **Environmental Reviews**, v. 25, n. 3, p. 334-349, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1139/er-2016-0110>>. Acesso em: 18 dez. 2024.

HENLEY, W. F. et al. Effects of sedimentation and turbidity on lotic food webs: a concise review for natural resource managers. **Reviews in fisheries science**, v. 8, n. 2, p. 125-139, jun. 2000. Disponível em: < <https://doi.org/10.1080/10641260091129198>>. Acesso em 19 dez. 2024.

HU, Li-Sha et al. Water-sediment regulation affects community structures of macrobenthic mollusks in the Yellow River estuary and adjacent waters. **Regional Studies in Marine Science**, v. 71, p. 103428, abr. 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.rsma.2024.103428>>. Acesso em: 15 fev. 2025.

JONES, J. I. et al. The impact of fine sediment on macro-invertebrates. **River research and applications**, v. 28, n. 8, p. 1055-1071, mai. 2012. Disponível em: < <https://doi.org/10.1002/rra.1516>>. Acesso em: 18 fev. 2025.

JOVEM-AZEVÊDO, D. et al. Modelling the abundance of a non-native mollusk in tropical semi-arid reservoirs. **Hydrobiologia**, p. 1-15, nov./fev. 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10750-021-04729-0>> Acesso em: 05 ago. 2024.

KAPPES, Heike; HAASE, Peter. Slow, but steady: dispersal of freshwater molluscs. **Aquatic Sciences**, v. 74, n. 1, p. 1-14, jan. 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00027-011-0187-6>>. Acesso em: 15 mar. 2025.

KELLER, R. et. al. Fecundity as a basis for risk assessment of nonindigenous freshwater molluscs. **Conservation Biology**, v. 21, p. 191-200, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00563.x>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

KOPPEN, W. Climatologia. México, Fundo de cultura Econômica. 1931.

LAKE, P. S. Ecological effects of perturbation by drought in flowing waters. **Freshwater biology**, v. 48, n. 7, jun. 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2003.01086.x>>. Acesso em: 16 mar. 2025.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. *Numerical Ecology*. 3. ed. Amsterdam: Elsevier, 2012.

LEIGH, Catherine; REIS, Terence M.; SHELDON, Fran. High potential subsidy of dry-season aquatic fauna to consumers in riparian zones of wet-dry tropical rivers. **Inland Waters**, v. 3, n. 4, p. 411-420, ag./abr. 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.5268/IW-3.4.620>>. Acesso em: 11 fev. 2025.

LI, Fan et al. Community structure and ecological quality assessment of macrobenthos in the coastal sea areas of Northern Yantai, China. **Frontiers in Marine Science**, v. 9, p. 989034, set. 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.3389/fmars.2022.989034>>. Acesso em: 16 fev. 2025.

LI, Z. et al. Seasonal changes in metacommunity assembly mechanisms of benthic macroinvertebrates in a subtropical river basin. **Science of the Total Environment**, v. 729, p. 139046, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139046>>. Acesso em: 18 dez. 2024.

LIMA, Laís Farias Oliveira; BRASIL, Bárbara Ihorrana Alves Lacerda; MARTINS-SILVA, Maria Júlia. *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774): northeastern dispersal in the São Francisco basin, Brazil. **Check List**, v. 9, n. 1, p. 162-164, nov. 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.15560/9.1.162>>. Acesso em: 18 dez. 2024.

LINARES, Marden S. et al. Why are they here? Local variables explain the distribution of invasive mollusk species in neotropical hydropower reservoirs. **Ecological Indicators**, v. 117, p. 106674, out. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106674>>. Acesso em: 20 dez. 2024.

LIU, G. et al. Environmental filtering, spatial processes and biotic interactions jointly shape different traits communities of stream macroinvertebrates. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 11, p. 1196296, jun. 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1196296>>. Acesso em: 11 fev. 2025.

LOCKWOOD, J. L. et al. The role of propagule pressure in explaining species invasions. **Trends in ecology & evolution**, v. 20, n. 5, p. 223-228, mai 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.02.004>>. Acesso em: 05 ago. 2024.

MALTCHIK, L.; MEDEIROS, E. S. F. Conservation importance of semi-arid streams in north-eastern Brazil: implications of hydrological disturbance and species diversity. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 16, n. 7, p. 665-677, out. 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/aqc.805>>. Acesso em: 23 ago. 2024.

MARTINS-SILVA, M.; BARROS, M. Occurrence and distribution of freshwater molluscs in the Riacho Fundo Creek Basin, Brasília, Brazil. *Revista de Biologia Tropical*, v. 49, n. 3, p. 864-870, 2001.

MEEHL G. A et al. 2007. Global climate projections. In: S Solomon, D Qin, M Manning, et al. (Eds). *Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK, and New York, NY Cambridge University Press.

McCAFFERTY, W. P. *Aquatic entomology: the fisherman's illustrated guide to insects and their relatives*. Boston: Jones and Bartlett Publishers, 1981.

MITCHELL, A. J.; BRANDT, T. M. Temperature tolerance of red-rim melania *Melanoides tuberculatus*, an exotic aquatic snail established in the United States. **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 134, n. 1, p. 126-131, jan. 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1577/FT03-178.1>>. Acesso em: 10 out. 2024.

MIYAHIRA, I. C. et al. Non-native freshwater molluscs in the Neotropics: what can be learned from Brazilian reservoirs?. **Aquatic Invasions**, v. 15, n. 3, abr./jun. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.3391/ai.2020.15.3.06>>. Acesso em: 10 nov. 2024.

MIYAHIRA, Igor C.; DE LACERDA, Luiz EM. How many species are introduced every day? Some insights from a tropical insular stream in Brasil. **Journal of Zoology** v. 18, p. 30-32, set./dez. 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10530-016-1260-9>>. Acesso em 15 set. 2024.

MOLOZZI, J. et al. Maximum ecological potential of tropical reservoirs and benthic invertebrate communities. **Environmental monitoring and assessment**, v. 185, p. 6591-6606, jan./ago. 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10661-012-3049-3>>. Acesso em: 13 out. 2024.

MUGNAI, R., NESSIMIAN, J. L. & BAPTISTA, D. B. 2010. Manual de identificação de Macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro. Techinal Books Editora, Rio de Janeiro

NADEN, P. S. et al. Understanding the controls on deposited fine sediment in the streams of agricultural catchments. **Science of the Total Environment**, v. 547, p. 366-381, mar. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.12.079>>. Acesso em: 15 fev. 2025.

OKSANEN, J., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P. R., O'Hara, R. B., Wagner, H. H. *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.4-0. 2024. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>.

OLIVEIRA, T. M. B. F. et al. Dinâmica da série nitrogenada nas águas da bacia hidrográfica Apodi/Mossoró-RN-Brasil. **Eclética Química**, v. 34, p. 17-26, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-46702009000300002>>. Acesso em: 12 ago. 2024.

PAIVA, F. F. et al. Environmental factors influencing the occurrence of alien mollusks in semi-arid reservoirs. **Limnetica**, v. 37, n. 2, p. 187-198, set/jan. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.23818/limn.37.16>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

PALMER, M. A. et al. Climate change and the world's river basins: anticipating management options. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 6, n. 2, p. 81-89, mar. 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1890/060148>>. Acesso em: 15 mar. 2025.

PAULA, Cecília Maria de et al. Ocorrência de um molusco invasor (*Melanoides tuberculata*, Müller, 1774), em diferentes sistemas aquáticos da bacia hidrográfica do Rio Sorocaba, SP, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 12, p. 829-841, out. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1971>>. Acesso em: 23 fev. 2025.

PEREIRA, Marcos Paulo Santos et al. The influence of oceanic basins on drought and ecosystem dynamics in Northeast Brazil. **Environmental Research Letters**, v. 9, n. 12, p. 124013, 2014.

POINTIER, J. P. et al. Invasion of the rivers of the littoral central region of Venezuela by *Thiara granifera* and *Melanoides tuberculata* (Mollusca: Prosobranchia: Thiaridae) and the absence of *Biomphalaria glabrata*, snail host of *Schistosoma mansoni*. **The Nautilus (Philadelphia, PA)**, v. 107, n. 4, p. 124-128, 1994.

POINTIER, J. P., JOURDANE, J. Biological control of the snail hosts of schistosomiasis in areas of low transmission: the example of the Caribbean area. **Acta tropica**, v. 77, p. 53-60, 2000. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0001-706X\(00\)00123-6](https://doi.org/10.1016/S0001-706X(00)00123-6)>. Acesso em: 11 nov. 2024.

POINTIER, J.-P.; DELAY, B. Spread of the introduced freshwater snail *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774) on the island of Guadeloupe, French West Indies (Prosobranchia, Thiaridae). **Haliotis (Paris)**, v. 24, p. 109-116, 1995.

R CORE TEAM R: A language and environment for statistical computing, version 3.2.2. 2024. R Foundation for Statistical Computing. Retrieved from <https://www.R-project.org/>

RADER, Russell B.; BELK, Mark C.; KELEHER, M. Jane. The introduction of an invasive snail (*Melanoides tuberculata*) to spring ecosystems of the Bonneville Basin, Utah. **Journal of Freshwater Ecology**, v. 18, n. 4, p. 647-657, mai. 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/02705060.2003.9664007>>. Acesso em: 18 dez. 2024.

RICHARDSON, David M. et al. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. **Diversity and distributions**, v. 6, n. 2, p. 93-107, mar. 2000. Disponível em: <<https://doi.org/10.1046/j.1472-4642.2000.00083.x>>. Acesso em: 18 dez. 2024.

ROCHA-MIRANDA, F., MARTINS-SILVA, M. J. First record of the invasive snail *Melanoides tuberculatus* (Gastropoda: Prosobranchia: Thiaridae) in the Paranã River basin, GO, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 66, p. 1109-1115, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1519-69842006000600018>>. Acesso em: 22 dez. 2024.

SÁNCHEZ-MONTOYA, María del Mar et al. Responses of ground-dwelling arthropods to surface flow drying in channels and adjacent habitats along Mediterranean streams. **Ecohydrology**, v. 9, n. 7, p. 1376-1387, fev. 2016. Disponível em <<https://doi.org/10.1002/eco.1733>>. Acesso em: 22 dez. 2024.

SANTOS, C. M., & Eskinazi-Sant'Anna, E. M. The introduced snail *Melanoides tuberculatus* (Muller, 1774)(Mollusca: Thiaridae) in aquatic ecosystems of the Brazilian semiarid northeast (Piranhas-Assu River basin, State of Rio Grande do Norte). **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, p. 1-7, fev. 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1519-69842010000100003>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

SANTOS, Rubens M. et al. Identity and relationships of the Arboreal Caatinga among other floristic units of seasonally dry tropical forests (SDTFs) of north-eastern and Central Brazil. **Ecology and Evolution**, v. 2, n. 2, p. 409-428, 2012.

SHEA, K., CHESSON, P. Community ecology theory as a framework for biological invasions. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 17, n. 4, p. 170-176, abr. 2002. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(02\)02495-3](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(02)02495-3)>. Acesso em: 05 ago. 2024.

SILVA, B. K. N. et al. Avaliação de extremos de erosividade causados pela precipitação na Bacia do Rio Apodi/Mossoró-RN. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, p. 871-879, out./dez. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0102-77863550014>> Acesso em: 18 agt 2024.

SILVA, G. H. G.; CAMARGO, A. F. M. A Bacia do Rio Apodi-Mossoró: aspectos ambientais, sociais e econômicos de uma bacia hidrográfica no semiárido do Rio Grande do Norte. 2022.

SOUZA, A. C. M. et al. Gestão de recursos hídricos: o caso da bacia hidrográfica Apodi/Mossoró (RN). **Irriga**, v. 1, n. 01, p. 280-296, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.15809/irriga.2012v1n01p280>>. Acesso em: 18 ago. 2024.

STEWART, Alisha L. et al. When the river runs dry: human and ecological values of dry riverbeds. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 10, n. 4, p. 202-209, mar. 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1890/110136>>. Acesso em: 18 dez. 2024.

SUZUKI, M.; NAGASAWA, H. Mollusk shell structures and their formation mechanism. **Canadian Journal of Zoology**, v. 91, n. 6, p. 349-366, abr. 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1139/cjz-2012-0333>>. Acesso em: 10 fev 2025.

TEIXEIRA, P. C. et al. Manual of soil analysis methods. **Brasília, DF: Embrapa**, 2017.

TONKIN, J. D. et al. Metacommunities in river networks: The importance of network structure and connectivity on patterns and processes. **Freshwater biology**, v. 63, n. 1, p. 1-5, dez. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/fw.b.13045>>. Acesso em: 18 dez. 2024.

TRINIDAD-OCAÑA, Cinthia et al. Distribución y densidad de moluscos invasores de la familia Thiaridae en diferentes ambientes dulceacuícolas de Tabasco, México. **Hidrobiológica**, v. 27, n. 1, p. 59-68, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbs/hidro/2017v27n1/Barba>>. Acesso em: 18 dez. 2024.

VANNOTE, Robin L. et al. The river continuum concept. **Canadian journal of fisheries and aquatic sciences**, v. 37, n. 1, p. 130-137, jan. 1980. Disponível em: <<https://doi.org/10.1139/f80-017>>. Acesso em: 15 mar. 2025.

VASCONCELOS, M. C.; ESPÍRITO-SANTO, M. M.; BARBOZA, F. A. R. Depth effects on the abundance, survivorship rate and size of *Melanoides tuberculatus* (Prosobranchia: Thiaridae) in Dom Helvécio Lake, Minas Gerais, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 21, p. 393-397, 2009.

VITOUSEK, P. M.; MOONEY, H. A.; LUBCHENCO, J.; MELILLO, J. M. Human domination of Earth's ecosystems. *Science*, v. 277, n. 5325, p. 494–499, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.277.5325.494>. Acesso em: 20 out. 2024.

WANG, Xin-yan et al. Influence of hydrological connectivity of coastal wetland on the biological connectivity of macrobenthos in the Yellow River Estuary. **Journal of Natural Resources**, v. 34, n. 12, p. 2544-2553, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.31497/zrzyxb.20191205>>. Acesso em: 15 fev. 2025.

WEIR, Scott M.; SALICE, Christopher J. High tolerance to abiotic stressors and invasion success of the slow growing freshwater snail, *Melanoides tuberculatus*. **Biological Invasions**, v. 14, p. 385-394, fev. 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10530-011-0084-x>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

XIONG, W. et al. Zooplankton community structure along a pollution gradient at fine geographical scales in river ecosystems: the importance of species sorting over dispersal. **Molecular Ecology**, v. 26, n. 16, p. 4351-4360, jun. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/mec.14199>>. Acesso em: 26 fev. 2025.

ANEXO

A - Variáveis descritivas da qualidade da água, do sedimento e características morfométricas dos 34 sites estudados. São apresentados os valores mínimos, máximos e médios para todas as variáveis.

	Variáveis	Pontos de coleta		
		Mínima	Máxima	Média
Sedimento	Areia (g/cm ³)	0,54	0,98	0,877
	Silte (g/cm ³)	0	0,28	0,07
	Argila (g/cm ³)	0,01	0,18	0,052
	Ca (mg/kg)	3,792	68,318	19,96
	pH	5,32	8,7	7,52
Água	Cot (mg/L)	0,502	5,589	1,563
	Turb (NTU)	0,04	49,3	11,77
	T (°C)	21,1	30,6	26,35
	pH	6,17	7,16	6,68
	OD (mg/L)	0,19	12,67	5,44
	Cl (mg/L)	0	48,95	4,72
	Ce (dS m ⁻¹)	0,19	2,56	0,65
	P (ug/L)	14,517	520,245	93,517
	N (ug/L)	524	1.350,00	948,6
Características Morfométricas	Profundidade (cm)	1,8	26,6	7,53
	Largura (m)	6,75	97	36,62
	Distância (m)	0	45490,0	3716,58