

**CARACTERIZAÇÃO DA INVASÃO DE GASTRÓPODES EXÓTICOS EM  
VEGETAÇÕES ARBÓREAS DE DIFERENTES ESTÁGIOS DE  
CONSERVAÇÃO NO BIOMA FLORESTA ATLÂNTICA**

**ALESSANDRA DE OLIVEIRA SANTOS**

**SÃO VICENTE-\_SP**

**2023**

**CARACTERIZAÇÃO DA INVASÃO DE GASTRÓPODES EXÓTICOS EM  
VEGETAÇÕES ARBÓREAS DE DIFERENTES ESTÁGIOS DE  
CONSERVAÇÃO NO BIOMA FLORESTA ATLÂNTICA**

**ALESSANDRA DE OLIVEIRA SANTOS**

**ORIENTADOR: PROF. DR. MARCOS RICARDO BORNSCHEIN**

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências, Câmpus do Litoral Paulista, UNESP, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade de Ambientes Costeiros.

**SÃO VICENTE  
2023**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à DEUS por todas as oportunidades concedidas a mim, pela força e tranquilidade nos momentos de fraqueza e dificuldade. Obrigado pelo seu infinito amor.

Ao meu orientador Professor Marcos Ricardo Bornschein, pelas correções, competência e aconselhamento assertivo, que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação. Obrigado pela oportunidade e principalmente por não ter desistido de mim.

Minha gratidão especial à minha coorientadora Larissa Teixeira, pela pessoa e profissional que é. Obrigada pela paciência, tempo e dedicação ao longo desse processo, pela parceria no campo, pelo otimismo e pelos puxões de orelha sempre com muito carinho e respeito

Ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade de Ambientes Costeiros e todos os funcionários do Câmpus. À Mater Natura pelo apoio financeiro através do Projeto Bicudinho-do-brejo, me possibilitando conhecer esse trabalho de conservação tão importante para essa espécie. Ao LABIN, pela estrutura, suporte e colaboração dos colegas em campo e no laboratório. Ao Renato Bifulco pelas fotos e parceria em campo.

Aos meus colegas de trabalho do Orquidário Municipal de Santos, em destaque à bióloga Ana Beatriz, pelo apoio e incentivo ao ingressar na academia, e pela compreensão e suporte em vários momentos. Ao veterinário José Fontenelle pelas conversas e por liberar seu laboratório para triar e identificar minhas amostras.

À minha mãe Lucimar (*in memoriam*) pela dedicação, carinho e imenso amor. A você, sou eternamente grata por tudo que sou e por tudo que conquistei. Gostaria que estivesse ao meu lado nesse momento.

Ao meu pai Francisco, pelo incentivo, por sempre me mostrar o caminho certo, e sempre desejar o melhor para mim.

Ao meu esposo Alexsandro, meu alicerce nessa trajetória. Obrigado por me passar tranquilidade, cuidando de tudo durante as saídas de campo que me mantiveram dias longe de casa. Obrigado pelo amor, pela presença constante, incentivo e paciência, me fazendo acreditar que posso mais do que imagino.

Ao meu filho Heitor, onde eu descobri o AMOR verdadeiro. Fonte do meu orgulho, agradeço por aguentar e entender minha ausência enquanto eu me dedicava à realização deste trabalho. Amo você mais do que posso falar.

Aos meus amigos que direta ou indiretamente participaram da minha formação, o meu eterno agradecimento.

## SUMÁRIO

|                        |   |
|------------------------|---|
| AGRADECIMENTOS .....   | 3 |
| ABSTRACT .....         | 6 |
| RESUMO .....           | 7 |
| INTRODUÇÃO GERAL ..... | 8 |
| REFERÊNCIAS .....      | 9 |

CAPÍTULO 1- In the Atlantic Rainforest biome, but how far into the forest? Evaluation of the invasion of the jumping snail *Ovachlamys fulgens* (Gude, 1900) (Gastropoda: Helicarionidae) in different Atlantic Rainforest environments.....11

|                           |    |
|---------------------------|----|
| ABSTRACT .....            | 11 |
| RESUMO .....              | 11 |
| INTRODUCTION .....        | 12 |
| MATERIAL AND METHODS..... | 14 |
| RESULTS .....             | 16 |
| DISCUSSION .....          | 16 |
| CONCLUSION.....           | 17 |
| REFERENCES .....          | 18 |
| GRAPHIC ABSTRACT .....    | 21 |
| FIGURE .....              | 22 |
| TABLE .....               | 23 |
| APPENDIX .....            | 24 |

CAPÍTULO 2- Caracterização da invasão de gastrópodes exóticos em vegetações arbóreas de diferentes estágios de conservação no bioma Floresta Atlântica.....28

|                         |    |
|-------------------------|----|
| ABSTRACT .....          | 28 |
| RESUMO .....            | 29 |
| INTRODUÇÃO .....        | 29 |
| MATERIAL E MÉTODOS..... | 31 |
| RESULTADOS .....        | 33 |
| DISCUSSÃO .....         | 35 |
| CONCLUSÃO.....          | 36 |
| REFERÊNCIAS .....       | 37 |
| FIGURAS.....            | 41 |
| TABELAS.....            | 53 |

|                       |    |
|-----------------------|----|
| CONCLUSÃO GERAL ..... | 65 |
|-----------------------|----|

S237c

Santos, Alessandra de Oliveira

Caracterização da invasão de gastrópodes exóticos em vegetações arbóreas de diferentes estágios de conservação no bioma Floresta Atlântica / Alessandra de Oliveira Santos. -- São Vicente, 2023  
65 f. : il., tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, São Vicente

Orientador: Marcos Ricardo Bornschein

1. Biologia. 2. Ecologia. 3. Gastrópodes. 4. Espécies exóticas. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, São Vicente. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

## ABSTRACT

Invasive species pose a major threat to natural ecosystems. Biological invasions have three general stages: introduction, establishment of a self-sustaining population, and invasion which spreads the distribution. Japanese snail *Ovachlamys fulgens* was introduced to several countries, including Brazil, and was first sighted there in 2013. This study was divided into two chapters, the first with the objective of evaluating whether *O. fulgens* represents an invasive species in the Atlantic Forest biome, and the second with the objective of evaluating the set of species recorded by environmental quality and characterizing the invasion of exotic gastropods in tree vegetation at different stages of conservation in the Atlantic Forest biome. We carried out a quantitative search of secondary (10- and 50-year-old) vegetation and primary forests in the Reserva Bicudinho-do-brejo, in Southern Brazil, in 2021–2022. We determined nine samples, each with 15 plots (50 x 50 cm), for litter sampling and three (3 x 3 m) for visual search, with 1 h/person of observation per plot. We searched collected litter for live gastropods and empty shells. We recorded two living individuals of *O. fulgens*, one living individual of the exotic slug *Meghimatium pictum* and eleven empty shells of *Beckianum beckianum* in secondary vegetation of 10 years and 50 years of age. Our results did not confirm *O. fulgens* as an invasive species in the study area, possibly due to the interruption of seedling planting, the management of exotic plants, and/or the subtropical climate. However, the environment with secondary vegetation with 10 years of age, and greater presence of exotic vegetation, was also where the presence of exotic species or associated with anthropic environments prevailed, perhaps because the area has a history of anthropization, and is closer to the headquarters, allowing the introduction of these species. We recommend the creation of a national program aimed at diagnosing the invasion status of these gastropods and the implementation of long-term control and eradication management strategies.

**Key-words:** exotic species, invasive species, self-sustaining population, secondary vegetation, niche modeling

## RESUMO

As espécies invasoras representam uma grande ameaça aos ecossistemas naturais. As invasões biológicas têm três estágios gerais: introdução, estabelecimento de uma população autossustentável e invasão que espalha a distribuição. O caracol japonês *Ovachlamys fulgens* foi introduzido em vários países, inclusive no Brasil, e foi avistado pela primeira vez em 2013. Esse estudo foi dividido em dois capítulos, o primeiro com objetivo de avaliar se *O. fulgens* representa uma espécie invasora no bioma Mata Atlântica, e o segundo sobre a caracterização da invasão de gastrópodes exóticos, e o conjunto de espécies registrados em vegetações arbóreas de diferentes estágios de conservação no bioma Floresta Atlântica. Realizamos uma pesquisa quantitativa de vegetação secundária (10 e 50 anos) e florestas primárias na Reserva Bicudinho-do-brejo, no Sul do Brasil, em 2021–2022. Foram determinadas nove amostras, cada uma com 15 parcelas (50 x 50 cm), para amostragem de serapilheira e três (3 x 3 m) para busca visual, com 1 h/pessoa de observação por parcela. Foram realizadas 135 amostragens de serapilheira e 13,5 h/pessoa de busca visual. Procuramos na serapilheira coletada por gastrópodes vivos e conchas vazias. Registramos dois indivíduos vivos de *O. fulgens*, um indivíduo vivo da lesma exótica *Meghimatium pictum* e onze conchas vazias de *Beckianum beckianum* em vegetação secundária de 10 anos e 50 anos de idade. Nossos resultados não confirmaram *O. fulgens* como uma espécie invasora na área de estudo, possivelmente devido à interrupção do plantio de mudas, manejo de plantas exóticas e/ou clima subtropical. Contudo o ambiente com vegetação secundária com 10 anos de idade, e maior presença de vegetação exótica, também foi onde prevaleceu a presença de espécies exóticas ou associadas a ambientes antrópicos, talvez pela área apresentar histórico de antropização, e se encontrar mais próxima da sede, permitindo a introdução dessas espécies. Recomendamos a criação de um programa nacional destinado a diagnosticar o estado de invasão destes gastrópodes e a implementação de estratégias de gestão de controle e erradicação a longo prazo.

**Palavras-chave:** espécies exóticas, espécies invasoras, população autossustentável, vegetação secundária, modelagem de nicho

## INTRODUÇÃO GERAL

As invasões biológicas estão se tornando cada vez mais frequentes e são consideradas a segunda maior causa de perda de biodiversidade no planeta devido aos danos causados aos ecossistemas, à economia e à saúde pública (Marchetti *et al.* 2004, Sampaio *et al.* 2013). Mais de 120 mil espécies exóticas já invadiram países ao redor do mundo (Ziller 2000), e segundo base de dados do Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental (2023), o Brasil convive com mais de 460 espécies exóticas invasoras em seus diversos ecossistemas.

Esse processo se caracteriza pela introdução intencional ou não, seguida pela adaptação e dispersão de espécies fora de seu território natural (Blackburn *et al.* 2011, Puth *et al.* 2005). Essas invasões são facilitadas por diversos fatores como comércio, meios de transportes e criação de animais (Leão *et al.* 2011). Espécies exóticas invasoras podem alterar a estrutura da comunidade, através de competição por recursos, predação e até mesmo parasitando outras espécies, dificultando a recuperação de ecossistemas naturais e provocando a extinção de espécies nativas (Vitousek *et al.* 1996, Strayer *et al.* 2006).

Considerado um dos biomas mais importantes do mundo e um “hotspot” para a conservação da biodiversidade, a Floresta Atlântica abriga muitas espécies endêmicas (Myers *et al.* 2000, Giulietti *et al.* 2005, Rezende *et al.* 2018). No entanto a expansão implacável das atividades humanas, incluindo urbanização e agricultura, forneceu uma ameaça frequente a esse bioma através da invasão de espécies exóticas (Roa-Romero *et al.* 2009).

Os caracóis terrestres estão entre os organismos exóticos introduzidos em vários países (Cowie *et al.* 2003). Sua diversidade e capacidade de viver em diferentes biótopos são determinadas pelas várias estratégias adaptativas que possuem (Fischer *et al.* 2010).

Esse grupo é particularmente bem sucedido como espécie invasora quando introduzidos em áreas onde não possuem predadores naturais ou competidores eficientes (Teixeira *et al.* 2010, Pilate *et al.* 2017). Existem cerca de 25 espécies de moluscos terrestres invasores no Brasil (Simone 2006), dos quais podemos citar *Ovachlamys fulgens*, Gude, 1900 (Helicarionidae), *Achatina fulica* Bowdich, 1822 (Achatinidae), *Meghimatium pictum* Stoliczka, 1873 (Philomicidae), Teixeira *et al.* 2017, Rosa *et al.* 2022). Esses organismos causam impactos por serem herbívoras de plantas nativas, promoverem competição com gastrópodes nativos e alteração na cadeia alimentar, além de apresentarem boa adaptação em ambientes modificados, florestas primárias e secundárias (Raul *et al.* 2002).

Esse estudo foi dividido em dois capítulos, um específico sobre a invasão de *Ovacomys fulgens* na Mata Atlântica, pelo nível crescente de conhecimento sobre a espécie no Brasil e a possibilidade de aprofundar as discussões, e outro sobre a caracterização da invasão de gastrópodes exóticos, e o conjunto de espécies registrados em vegetações arbóreas de diferentes estágios de conservação no bioma Floresta Atlântica.

## REFERÊNCIAS

- Blackburn TM, Pysěk P, Bacher S, Carlton JT, Duncan RP, Jarosěk V, Wilson JR, Richardson DM (2011) A proposed unified framework for biological invasions. *Trends in Ecology and Evolution*, 26(7):333-339.
- Cowie RH, Robinson DG (2003) Pathways of introduction of nonindigenous land and freshwater snails and slugs. In *Invasive species: vectors and management strategies*, 1st ed.; Ruiz, G.M., Carlton, J.T., Eds.; Island Press, 122p.
- Fischer ML, Colley E, Nering IS, Simião MS (2010) *Ecologia de Achatina fulica*. O caracol gigante africano *Achatina fulica* no Brasil. Curitiba: Editora Champagnat, 140p.
- Giulietti AM, Harley RM, De Queiroz LP, Wanderley MDGL, Van Den Berg C (2005). Biodiversidade e conservação de plantas no Brasil. *Biologia da Conservação*, 19 (3):632-639.
- Leão TCC, Almeida WR, Dechoum M, Ziller SR (2011) *Espécies Exóticas Invasoras no Nordeste do Brasil: Contextualização, Manejo e Políticas Públicas*. Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste e Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental. Recife, PE. 99p.
- Marchetti MP, Myle PB, Levin R (2004) Invasive species profiling? Exploring the characteristics of non-native fishes across invasion stages in California. *Freshw Biol* 49(5):646-661.
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CGD, Da Fonseca GA, Kent J (2000) Hotspots de biodiversidade para as prioridades de conservação. *Natureza*, 403(6772):853-858.
- Pilate VJ, Chicarino ED, da Silva LC, dos Santos TV, de Souza BA, de Almeida BEC. (2017). Biologia comportamental comparada entre moluscos terrestres nativos e exóticos. *Revista de Biologia Neotropical/Journal of Neotropical Biology*, 14(1):73-81.
- Puth LM, David MP (2005) Studying invasion: have we missed the boat?. *Ecology letters* 8(7):715-721.

- Raut SK, Barker GM (2002) *Achatina fulica* Bowdich and others Achatinidae pest in tropical agriculture. In: G.M. Barker (ed.). Mollusks as crop pest. CABI Publishing, London, UK, 400p.
- Rezende CL, Scarano FR, Assad ED, Joly CA, Metzger JP, Strassburg BBN, Mittermeier RA (2018) De hotspot a hopespot: uma oportunidade para a Mata Atlântica brasileira. *Perspectivas em ecologia e conservação*, 16(4):208-214.
- Roa-romero HA, Salgado-Mora MG, Alvarez-Herrera J (2009). Analysis of the Structure Arborea agroforestry system cocoa (*Theobroma cacao* L.) in Soconusco, Chiapas-Mexico. *Acta Biológica Colombiana*, 14(3):97-110.
- Rosa RM, Salvador RB, Teixeira L, Bornschein MR, Cavallari DC (2022) The rapid expansion of the jumping snail *Ovachlamys fulgens* in Brazil. *Diversity*, 14(10):815.
- Sampaio AB, Schmidt IB (2013) Espécies exóticas invasoras em unidades de conservação federais do Brasil. *Biodiversidade Brasileira*, 3(2):32-49.
- Strayer DL, Evinver VT, Jeschke JM, Pace ML (2006) Understanding the long-term effects of species invasions. *Trends Ecol*, 21(11):645-651.
- Simone LRL (2006) Land and freshwater molluscs of Brazil. São Paulo: EGB, 390p.
- Teixeira RM, Barbosa JSP, Lopes MS, Silva MAGF, Coutinho R, Villaça RC (2010) Bioinvasão marinha: os bivalves exóticos de substrato consolidado e suas interações com a comunidade receptora. *Oecologia Australis*, 14(2):381- 402.
- Teixeira L, Cunha CM, Bornschein MR (2017) First record of the Japanese land snail *Ovachlamys fulgens* (Gude, 1900) (Gastropoda, Helicarionidae) in Brazil. *Check List*, 13(5):703-706.
- Vitousek PM, D'Antonio CM, Loope LL, Rejmánek M, Westbrooks R (1997) Introduced species: a significant component of human-caused global change. *New Zealand Journal of Ecology*, 21(1):1-16.
- Ziller SR (2000) A Estepe Gramíneo-Lenhosa no segundo planalto do Paraná: diagnóstico ambiental com enfoque à contaminação biológica. Tese de doutoramento. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 268p.

## CAPÍTULO 1

### **In the Atlantic Rainforest biome, but how far into the forest? Evaluation of the invasion of the jumping snail *Ovachlamys fulgens* (Gude, 1900) (Gastropoda: Helicarionidae) in different Atlantic Rainforest environments**

Alessandra de Oliveira-Santos<sup>1</sup>, Larissa Teixeira<sup>1,2</sup>, Natan Gonçalo dos Santos Anjos<sup>1</sup>,  
Marcos Ricardo Bornschein<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista - Campus do Litoral Paulista, São Vicente, São Paulo, Brazil

<sup>2</sup> Mater Natura – Instituto de Estudos Ambientais, Curitiba, Paraná, Brazil

Corresponding author: alessandra.o.santos@unesp.br

#### **ABSTRACT**

Invasive species pose a major threat to natural ecosystems. Biological invasions have three general stages: introduction, establishment of a self-sustaining population, and invasion, which spreads the distribution. Japanese snail *Ovachlamys fulgens* was introduced to several countries, including Brazil, and was first sighted there in 2013. The objective of this study was to assess whether *O. fulgens* represents an invasive species in the Atlantic Rainforest biome. We carried out a quantitative search of secondary (10- and 50-year-old) vegetation and primary forests in the Reserva Bicudinho-do-brejo, in Southern Brazil, in 2021–2022. We determined nine samples, each with 15 plots (50 x 50 cm), for litter sampling and three (3 x 3 m) for visual search, with 1 h/person of observation per plot. We searched collected litter for live gastropods and empty shells. We recorded two live individual *O. fulgens* in 10- year-old secondary vegetation. Our results did not confirm *O. fulgens* as an invasive species in the study area, possibly due to the interruption of seedling planting, the management of exotic plants, and/or the subtropical climate. We recommend caution in climate niche modeling studies of exotic species that are not yet invasive to avoid overestimation of climatic suitability.

**Key-words:** exotic species, invasive species, self-sustaining population, secondary vegetation, niche modeling

#### **RESUMO**

As espécies invasoras representam uma grande ameaça aos ecossistemas naturais. As invasões biológicas têm três etapas gerais: introdução, estabelecimento de uma população autossustentável e invasão, que espalha a distribuição. O caracol japonês *Ovachlamys fulgens* foi introduzido em vários países, inclusive no Brasil, e foi avistado

pela primeira vez em 2013. O objetivo deste estudo foi avaliar se *O. fulgens* representa uma espécie invasora no bioma Mata Atlântica. Realizamos três coletas na Reserva Bicudinho-do-brejo, no Sul do Brasil nos anos de 2021 e 2022, uma busca quantitativa de vegetação secundária (10 e 50 anos) e florestas primárias. Foram determinadas nove amostras, cada uma com 15 parcelas (50 x 50 cm), para amostragem de serapilheira e três (3 x 3 m) para busca visual, com 1 h/pessoa de observação por parcela. Procuramos na serapilheira coletada por gastrópodes vivos e conchas vazias. Registramos dois indivíduos vivos de *O. fulgens* em vegetação secundária de 10 anos de idade. Nossos resultados não confirmaram *O. fulgens* como uma espécie invasora na área de estudo, possivelmente devido à interrupção do plantio de mudas, manejo de plantas exóticas e/ou clima subtropical. Recomendamos cautela nos estudos de modelagem de nicho climático de espécies exóticas que ainda não são invasoras para evitar superestimação da adequação climática.

**Palavras-chave:** espécies exóticas, espécies invasoras, população autossustentável, vegetação secundária, modelagem de nicho

## INTRODUCTION

Invasive exotic species cause damage to native biota through predation, competition for resources, the spread of diseases, and functional and structural alterations of ecosystems, including changes in abiotic characteristics (Stroyer *et al.* 2006). Moreover, they may contribute to native species extinction (Vitousek *et al.* 1997, Simberloff *et al.* 2007). The biological invasion process follows three general stages: 1) introduction of a species in an area outside its original distributional range, 2) establishment of a self-sustaining population in the area, and 3) spread of the invasion (Blackburn *et al.* 2011, Puth *et al.* 2005). For longevous invasive species, it may be difficult to diagnose the stage it has reached when recorded beyond its original distributional range, because the species can live for many years without reproducing (Ficetola *et al.* 2009). Regardless of the species' longevity, successive dispersal may also make stage diagnosis difficult for invasive species, because people routinely release such animals into the wild (Ficetola *et al.* 2009, Thiengo *et al.* 2006).

Terrestrial snails are among the exotic organisms introduced to countries around the world (Cowie *et al.* 2003, Robinson *et al.* 2005). Most snails have short life cycles of one to five years, but longevous species live for more than a decade (Heller 1900, Macario *et al.* 2016). Recording longevous species outside their original distributional ranges in successive years may indicate the establishment of self-sustaining populations (Blackburn *et al.* 2011, Puth *et al.* 2005). However, terrestrial snails may travel alongside

plants (traveling snail species) (Robinson *et al.* 2005, Raul *et al.* 1982, Richling *et al.* 2021) and their presence may be sustained by the management of horticultural and ornamental plant species (Barrientos 1998, Richling *et al.* 2021). These conditions may result in limited self-sustaining traveling snail populations because the snails depend on human management to survive.

The terrestrial jumping snail *Ovachlamys fulgens* (Gude, 1900) is a traveling snail species (Richling *et al.* 2021) that has colonized various regions of the world (see compilation in Teixeira *et al.* 2017 and Rosa *et al.* 2022). It is native to Loo-Choo Islands, Japan, and has been traveling alongside plants for the last 25 years (Robinson *et al.* 2005, Barrientos 1998, Richling *et al.* 2021, Kumar *et al.* 2000). The specie is found in moist soils, leaf litter, and herbaceous vegetation up to 2 m in height (Barrientos 2000). It reproduces in the rainy season, by either by cross-fertilization or self-fertilization, laying about 10 to 14 eggs per day (Barrientos 1998). In captivity, individuals can live up to nine months (Barrientos 1998). Their shells can be from 2.6–4.9 mm in diameter in the juvenile and from 5–7 mm in the adult (Barrientos 1998).

The first publication about the occurrence of *O. fulgens* in Brazil was in 2017, although records have been reported since 2015 (Teixeira *et al.* 2017). However, the first country records of the species were made earlier, in the municipality of Blumenau, east of Santa Catarina state, Southern Brazil, dating from 2013 (Rosa *et al.* 2022). Currently, the species is distributed across part of the Atlantic Rainforest biome, occurring in Southeast and Southern Brazil, with a record further west in the Cerrado biome (Rosa *et al.* 2022).

*Ovachlamys fulgens* has been recorded in Brazil in secondary vegetation at different stages of regeneration, small patches of disturbed forests, and on the borders of disturbed primary forests (Teixeira *et al.* 2017, Rosa *et al.* 2022). Although its geographical distribution and dissemination in Brazil has recently been studied in detail (Rosa *et al.* 2022), the species stage of invasion in the Atlantic Rainforest biome has not been systematically evaluated. The aim of this study was to assess the stage of the biological invasion of *O. fulgens* in a region of the Atlantic Rainforest biome in Southern Brazil, where it was first introduced probably in 2013 (Rosa *et al.* 2022). Our assumption was that the presence of *O. fulgens* throughout the study area made it reach the stage of invasion spread (Blackburn *et al.* 2011). If its occurrence were limited (e.g., to the last seedling-planted areas), its populations would be established, but not necessarily self-sustaining in the long term, due to interrupted soil and seedling management (see material and methods).

## MATERIAL AND METHODS

### Characterization of the study area

The study was carried out in the Reserva Bicudinho-do-brejo, municipality of Guaratuba, Paraná State, Southern Brazil. We selected this area because 1) there are previous records of *O. fulgens* there, 2) an estimated date of introduction is known, 3) the impacts of livestock and selective logging have ceased, 4) vegetation recovery has taken place, and 5) the ages of the recovering vegetations are known.

We worked at five stations with distinct types of vegetation (Table 1), classified according to Brazil's national RADAMBRASIL Project vegetation classification (Veloso *et al.* 1991), taking care to accurately assess secondary arboreal vegetation and whether it had regenerated to the forest stage (Bornschein 2014).

Stations 1 and 2 were located in secondary vegetation that had not yet regenerated to the forest stage (third and fourth natural succession phase; fase terceira e quarta da sucessão natural) with trees approximately 10 years old. Station 3 was located in secondary vegetation, not yet regenerated to the forest stage, but with vegetation of approximately 50 years old (fifth natural succession phase; fase quinta da sucessão natural). Parts of this vegetation was in transition to (secondary) lowland forest (lowland dense ombrophilous forest; Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas). Stations 4 and 5 were in areas of primary forest (submontane dense ombrophilous forest; Floresta Ombrófila Densa Submontana), but with illegal exploitation of the native palm *Euterpe edulis* Mart. for palm heart consumption. Stations 1 and 2 were used as cattle pasture until early 2009. Station 2 was planted with the royal palm *Archontophoenix alexandrae* var. *beatricae* (F. Muell.) H. Wendl. & Drude at the beginning of 2009.

At the end of 2009, these stations and their surroundings were acquired by M. R. Bornschein and his colleagues to create the Reserva Bicudinho-do-brejo. The cattle were removed in 2009, allowing natural regeneration of the vegetation to begin. Only 2–3 years later, the first trees appeared on the pastureland, which were about 10 years old when the study began. In 2012, the owners of Reserva Bicudinho-do-brejo initiate a program to remove exotic plant species from the area, including *A. alexandrae* (Appendix 1). In 2013, forest enrichment began in several parts of the Reserva Bicudinho-do-brejo, including in Station 1 and 2, with the planting of native seedlings (*e.g.*, *Calophyllum brasiliense* Cambess. and *Tabebuia umbellata* (Sond.) Sandwith). These seedlings, which were acquired from the municipality of Morretes, in Paraná, were developed in plastic bags with soil, which is why forest enrichment with tree seedlings brought from other regions was interrupted at the end of 2013 to prevent the introduction of *Achatina fulica* (Bowdich, 1822) in Reserva Bicudinho-do-brejo. The stations were connected by

primary or secondary arboreal vegetation, forming part of the largest continuum of Atlantic Rainforest existing today, from the north coast of Santa Catarina to the north coast of São Paulo States, in the South and Southeast regions of Brazil.

The study area has a humid subtropical climate (Cfa), according to Koeppen's classification system, which is rainy, temperate, and moderately hot (Vanhoni *et al.* 2008). The average annual rainfall is 2,300 mm, and the average annual temperature is 20 °C (Vanhoni *et al.* 2008). The average rainfall and temperature are 800 mm and 23 °C, in the warmest quarter, and 280 mm and 15–17 °C in the coldest quarter (Vanhoni *et al.* 2008).

### **Sampling methodology**

We sampled terrestrial gastropods in May 27, 2021, October 16, 2021, and March 14–15, 2022, in the morning and afternoon, using the two methods: litter sampling and visual search (Teixeira *et al.* 2022). For litter sampling, we sampled all the litter inside 50 cm x 50 cm plots, located every 2 m along a 30-m transection. We conducted visual searches for gastropods in all microhabitats (tree trunks, trees, rocks and moss) up to 2 m high in 3 m x 3 m plots, located every 10 m along a 30-m transection. We considered 15 random plots for litter sampling and three for visual searching (1 h/person of observation per plot) as a sample. We selected nine samples: one in Station 1, two in Station 2, two in Station 3, one in Station 4, and three in Station 5 (= three in secondary vegetation of 10-year-old-trees; two in secondary vegetation of c. 50 years old; four in primary forests).

We stored the leaf litter in plastic bags and sorted through them in the laboratory in search of gastropods. We then dried the litter in an oven at 40 °C and sieved it with a 0.5-mm mesh (Teixeira *et al.* 2022). We examined the sieved material under a ZEISS TM DV4 stereomicroscope to identify microgastropod shells (shells less than 5 mm). Live specimens were photographed, euthanized, and preserved in 90 % ethanol. The Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (SISBio 82483-1) granted collection permits. Specimens were housed in the Coleção de Malacologia Terrestre do Câmpus do Litoral Paulista (MTCLP) at São Paulo State University (UNESP) in the São Vicente municipality, São Paulo State, Brazil.

We only identified the target species of the study, comparing live specimens and shells with material available in collections and with descriptions and photographs given in the literature (Teixeira *et al.* 2017, Gude 1900, Salles *et al.* 2018). The relevant collections were located at MTCLP and Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP), São Paulo, Brazil (MZSP 134505–7, 134511–2).

### Previous presence of *Ovachlamys fulgens* in the study area

Before starting the study, we found a live *O. fulgens* individual on December 30, 2017 (Figure 1), in vegetation with five-year-old trees near a house (MTCLP 264). On January 14, 2018, we found another individual (Figure 1; MTCLP 265) in a disturbed environment dominated by grasses, with a scattering of isolated trees, near the same house (Rosa *et al.* 2022). *Ovachlamys fulgens* may have been introduced into the Reserva Bicudinho-do-brejo in 2013, through the planting of seedlings (Rosa *et al.* 2022).

### RESULTS

We performed 135 samplings of litter and 13.5 h/person of visual search. We recorded 438 individual gastropods, 52 of which were located during visual search. There were 83 live individuals, and the rest were empty shells. A total of 27 species were recorded, three of which were exotic (3.6% of all individuals collected). At Station 1 in October 2021, we recorded two live *O. fulgens* (Helicarionidae). At Station 2, in March 2022, we recorded one live individual of *Meghimatium pictum* (Philomicidae (Stoliczka, 1873) (MTCLP 484) and seven empty shells of *Beckianum beckianum* (Subulinidae) (L. Pfeiffer, 1846) (MTCLP 471). At the Station 3, in March 2022, we recorded four empty shells of *B. beckianum* (MTCLP 472).

### DISCUSSION

Our results showed that *O. fulgens* had not invaded the study area. We found only two individuals in vegetation that included 10-year-old trees. Because *O. fulgens* benefits from deforestation (Barrientos 2000) and plant and soil management where it colonizes (Barrientos 1998, Richling *et al.* 2021), we do not rule out that its establishment as a self-sustaining population in the study area will not last in the long-term.

The interruption of planting seedlings with soil from other regions and the corresponding management of these seedlings in the Reserva Bicudinho-do-brejo from onwards prevented the possible introduction of new *O. fulgens* individuals and did not renew the microhabitat conditions on which the species ultimately benefits. In addition, *O. fulgens* is a traveling species in association with several cultivated herbaceous and arboreal plants, such as *Acnistus arborescens* (L.) Schltdl., *Annona muricata* L., *Anthurium* sp., *Cattleya* sp., *Citrus* spp., *Dracaena* spp., *Euonymus japonicus* Thunb., *Heliconia rostrata* Ruiz & Pav., *Heliconia* sp., *Mangifera indica* L., *Musa* sp., *Persea americana* Mill., *Psidium friedrichsthalianum* (O.Berg) Nied., *Psidium guajava* L., *Tradescantia zebrina* Heynh. ex Bosse, *Yucca elephantipes* Regel ex Trel., and roses (Barrientos 2000, Richling *et al.* 2021, Cowie 2000, Beltramino *et al.* 2018).

Some of these species and several other invasive or cultivated exotic plants remain present in the Reserva Bicudinho-do-brejo, but their populations are declining (Appendix 1). This management could have compromised some of the resources that *O. fulgens* depends on, influencing its long-term presence in the study area. Another possible and likelier explanation for the failure of *O. fulgens* to spread in the study area could be its subtropical climate is at the lowest thermal limit of tolerance of the species. The species is able to establish populations in places with an average. annual temperature of 20.0–27.6 °C, a minimum temperature of 14.8–22.2 °C, and a maximum temperature of 24.3–33.1 °C (Barrientos 2000).

*Ovachlamys fulgens* benefits from a moist, warm climate (Barrientos 1998). Other regions of the Atlantic Rainforest biome where this species was introduced, and which have a suitable climate, may have populations that have promoted the spread of the invasion (Blackburn *et al.* 2011), despite the species being introduced more recently than in the Reserva Bicudinho-do-brejo. We suggest that the present study should be replicated in other areas where *O. fulgens* occurs to assess its stage of invasion (Blackburn *et al.* 2011).

Ficetola *et al.* 2009, highlighted that climate niche modeling helps in understanding the invasion potential of exotic species. However, we stress the importance of recording populations at locations where the species has spread the invasion (Blackburn *et al.* 2011) to prevent interpretation bias and the overestimation of climatic suitability. In future research, special attention should be paid to traveling snail species because they may be affected by human interference through the management of soil and vegetation.

## CONCLUSION

Although the Reserva Bicudinho-do-brejo has the oldest presumed occurrence of alien *O. fulgens* in Brazil, along with another location further south, the species is not established in old secondary vegetation or in the primary forest in this area. The interruption of planting seedlings from other regions, the eradication of exotic plants (Appendix 1), and/or the subtropical climate of the study area, with temperatures approaching the lowest limit of tolerance of *O. fulgens*, may explain their failure to establish in the Reserva Bicudinho-do-brejo. *Ovachlamys fulgens* may require allochthonous population input alongside cultivated plants, the cultivation of plants that would sustain an ideal microclimate, and/or exotic plants as a resource to foster species invasion in the Reserva Bicudinho-do-brejo.

The present study can serve as a basis for protocols to characterize the state of invasion of exotic terrestrial gastropods in Brazil. We recommend the creation of a national program aimed at diagnosing the state of invasion of these gastropods and the implementation of long-term control and eradication management strategies.

## **ACKNOWLEDGEMENTS**

Renato Ribeiro Bifulco, Maria Fernanda Ferreira Rivas, Cecilia Camargo Rocha, and Bruno de Moraes Guerra helped with the field research; Julis Gabriel Ferreira e Silva helped with the analysis of the collected material; and ICMBio granted the research permit.

## **AUTHOR CONTRIBUTIONS**

Conceptualization and methodology: LT, MRB. Writing (original draft): A de OS, LT, and MRB. Investigation, data curation, formal analysis, visualization, and writing (manuscript review and editing): all authors.

**CONFLICTS OF INTEREST:** The authors declare no conflicts of interest.

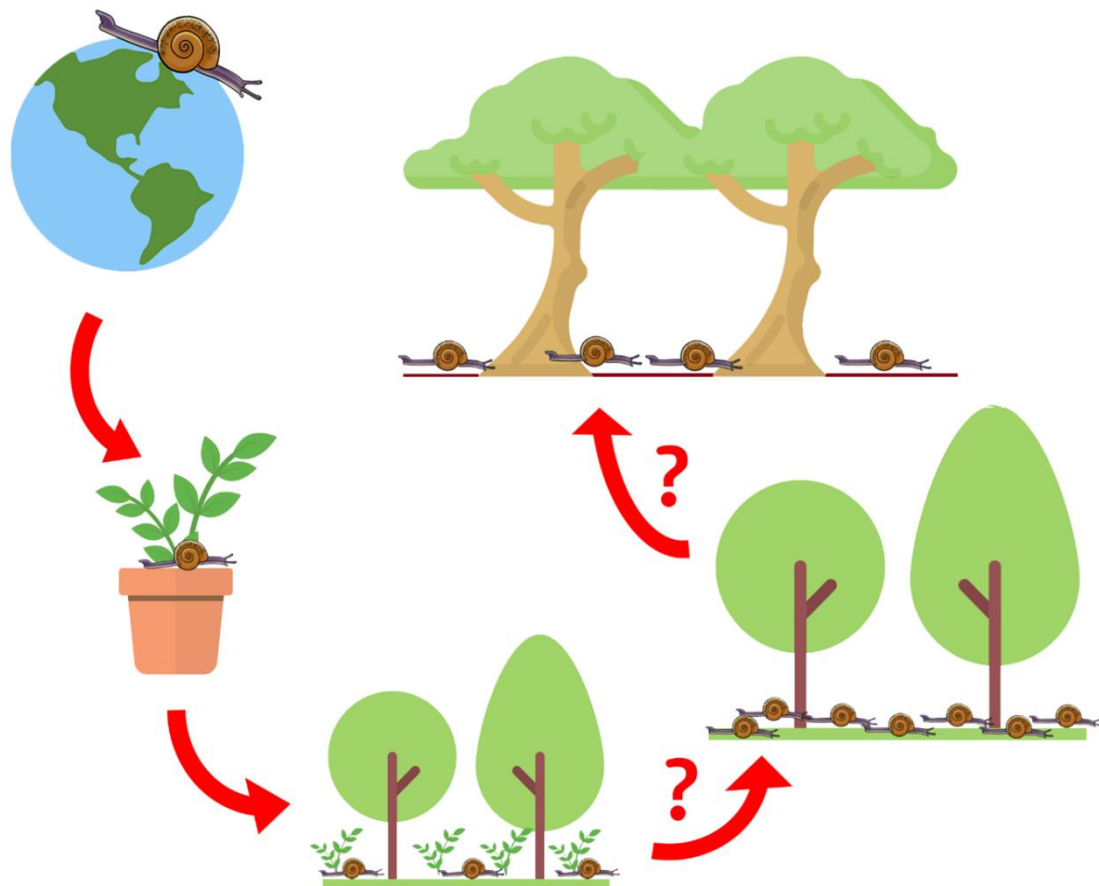
## **REFERENCES**

- Barrientos Z (1998) Life history of the terrestrial snail *Ovachlamys fulgens* (Stylommatophora: Helicarionidae) under laboratory conditions. *Revista de Biología Tropical*. 46(2):285–296.
- Barrientos Z (2000) Population dynamics and spatial distribution of the terrestrial snail *Ovachlamys fulgens* (Stylommatophora: Helicarionidae) in a tropical environment. *Revista de Biología Tropical*. 48, 71–87.
- Beltramino AA, Vogler RE, Rumi A, Guzmán LB, Martín SM, Peso JG (2018) The exotic jumping snail *Ovachlamys fulgens* (Gude, 1900) (Gastropoda: Helicarionidae) in urban areas of the Upper-Paraná Atlantic Forest. *An Acad Bras Cienc*. 90, 1591–1603
- Blackburn TM, Pysěk P, Bacher S, Carlton JT, Duncan RP, Jarosěík V, Wilson JRU, Richardson DM (2011) A proposed unified framework for biological invasions. *Trends in Ecology and Evolution*. 26(7): 333–339.
- Bornschein MR (2014) Some trees do not necessarily mean a forest: a criticism to Ramos and Anjos. *Natureza & Conservação*. 13(2): 204–206.
- Capinera JL, White J (2011) Terrestrial snails affecting plants in Florida. University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences: Gainesville, United States America. pp. 1–12.

- Cowie RH (2000) Non-indigenous land and freshwater molluscs in the islands of the Pacific: conservation impacts and threats. In: Invasive species in the Pacific: A technical review and draft regional strategy, Sherley, G. (Ed.), Apia: South Pacific Regional Environment Programme. pp. 143–172.
- Cowie RH, Robinson DG (2003) Pathways of introduction of nonindigenous land and freshwater snails and slugs. In Invasive species: vectors and management strategies, 1st ed.; Ruiz, G.M., Carlton, J.T., Eds.; Island Press: Washington, DC, United States of America. pp. 93–122.
- Ficetola GF, Thuiller W, Padoa-Schioppa E (2009) From introduction to the establishment of alien species: bioclimatic differences between presence and reproduction localities in the slider turtle. *Divers. Distrib.* 15, 108–116.
- Fontenelle JH, Miranda MS (2012) The use of outer lip in age estimation of *Megalobulimus paranaguensis* (Gastropoda, Pulmonata). *Strombus*. 19(1-2):15–22.
- Ghoh K (2005) On a gerontic *Megalobulimus* from Mato Grosso, Brazil (Gastropoda, Strophocheilidae). *Visaya*. 1, 55–58.
- Gude GK. (1900) Further notes on helicoid land shells from Japan, the Loo-Choo, and Bonin Islands, with descriptions of seven new species. *Proceedings of the Malacological Society*. 4, 70–80.
- Heller J (1900) Longevity in molluscs, *Malacologia*. 31, 259–295.
- Kumar S, Ahmed SI (2000) New records of pestiferous land molluscs from Rajasthan, India. *Records of the zoological survey of India*. 92(3): 67–70.
- Leonhardt K, Sewake K (1999) Growin *Dendrobium* orchids in Hawaii: production and pest management guide. University of Hawaii: Honolulu, United States of America. pp. 1–92.
- Macario KD, Alves EQ, Carvalho C, Oliveira FM, Ramsey CB, Chivall D, Souza R, Raut SK, Ghose KC (1982) Food preference and feeding behaviour of two pestiferous snails, *Achatina fulica* Bowdich and *Macrochlamys indica* Godwin-Austen. *Records of the Zoological Survey of India*. 80(34): 421–440.
- Richardson DM, Pysek P, Rejmanek M, Barbour MG, Panetta, FD, West CJ (2000) Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions*. 6, 93–107.
- Richling I, Von Proschwitz T (2021) Identification problems of travelling snail species – new exotic introductions to tropical greenhouses in Gothenburg, Sweden (Gastropoda: Achatinellidae, Strobilopsidae, Helicarionidae). *PeerJ*. 9, 11185.
- Robinson DG (1999) Alien invasions: the effects of the global economy on non-marine gastropod introductions into the United States. *Malacologia*. 41(2): 413–438.

- Rosa RM, Salvador RB, Teixeira L, Bornschein MR, Cavallari DC (2022) The rapid expansion of the jumping snail *Ovachlamys fulgens* in Brazil. *Diversity*. 14(10): 815.
- Robinson DG, Slapcinsky J (2005) Recent introductions of alien land snails into North America. *Am. malacol. Bull.* 20(1-2):89–93.
- Salles ACA, Oliveira CDC, Absalão RS (2018) Redescription of the jumping snail *Ovachlamys fulgens* (Gude, 1900) (Gastropoda: Helicarionoidea: Helicarionidae): An anatomical and conchological approach. *Nautilus*. 132, 19–29.
- Simberloff, D (2007) How much information on population biology is needed to manage introduced species? *Conservation Biology*. 17, 83–92.
- Simone RL, Cavallari DC (2016) The use of terrestrial snails of the genera *Megalobulimus* and *Thaumastus* as representatives of the atmospheric carbon reservoir. *Sci. Rep.* 6, 27395.
- Stange LA (2005) Pest snails and slugs of regulatory significance to Florida. Florida Department of Agriculture and Consumer Services: Division of Plant Industry. pp. 1–4.
- Strayer DL, Evinver VT, Jeschke JM, Pace ML (2006) Understanding the long-term effects of species invasions. *Trends Ecol. Evol.* 21, 645–651.
- Stringer I, Brennan K, Moir M (2003) Population structure, growth and longevity of *Placostylus hongii* (Pulmonata: Bulimulidae) on Tawhiti Rahi Island, Poor Knights Islands, New Zealand. *Pacific Conservation Biology*. 9, 241–247.
- Teixeira L, Cunha CM, Bornschein MR (2017) First record of the Japanese land snail *Ovachlamys fulgens* (Gude, 1900) (Gastropoda, Helicarionidae) in Brazil. *Check List*. 13(5): 703–706.
- Teixeira L, Vannucchi FS, Ribeiro LF, Cunha CM, Bornschein MR (2022) How Much is enough? Performance of litter sampling and visual search methods in revealing the diversity of gastropods on mountaintops in the Atlantic Rainforest. *PeerJ*. in press.
- Thiengo SC, Faraco FA, Salgado NC, Cowie RH, Fernandez MA (2006) Rapid spread of an invasive snail in South America: the giant African snail, *Achatina ulica*, in Brasil. *Biol Invasions*. 9, 693–702.
- Veloso HP, Rangel ALR Filho, Lima CA (1991) Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal.; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: Rio de Janeiro, Brazil. pp. 1–124.
- Vitousek PM, D'Antonio CM, Loope LL, Rejmánek M, Westbrooks R (1997) Introduced species: a significant component of human-caused global change. *New Zealand Journal of Ecology*. 21(1):1–16.

GRAPHIC ABSTRACT





**Figure 1.** A live *Ovachlamys fulgens* individual (MTCLP 265) found in 2017 in Reserva Bicudinho-do-brejo, municipality of Guaratuba, Paraná State, southern Brazil. Scale bar = 2 mm. Photo credits: Luiz F. Ribeiro.

**Table 1.** Stations sampled to locate *Ovachlamys fulgens* in distinct vegetation types in the Atlantic Rainforest biome in Reserva Bicudinho-do-brejo, municipality of Guaratuba, Paraná State, southern Brazil. We classified the vegetation according to Veloso et al. (1991).

| Station | Geographic coordinates  | Meters above sea level | Vegetation type                                                                                                                                                                                                                                        | Tree vegetation canopy height (m), in 2022 |
|---------|-------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1       | 25°45'22" S, 48°43'31"W | 8                      | <i>Fase terceira e quarta da sucessão natural</i> (secondary vegetation with 10-year-old trees and no regeneration to the forest stage)                                                                                                                | 3.0–3.5                                    |
| 2       | 25°45'23" S, 48°43'32"W | 12                     | <i>Fase quarta da sucessão natural</i> (secondary vegetation with 10-year-old trees and no regeneration to the forest stage)                                                                                                                           | 3.5–4.5                                    |
| 3       | 25°45'27" S, 48°43'23"W | 16                     | <i>Fase quinta da sucessão natural</i> (secondary vegetation with c. 50-year-old and no regeneration to the forest stage) and transition of this vegetation to lowland dense ombrophilous forest ( <i>Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas</i> ) | 12.0–15.0                                  |
| 4       | 25°45'31" S, 48°43'27"W | 37                     | Submontane dense ombrophilous forest ( <i>Floresta Ombrófila Densa Submontana</i> )                                                                                                                                                                    | 20.0–25.0                                  |
| 5       | 25°45'41" S, 48°43'27"W | 107                    | Submontane dense ombrophilous forest ( <i>Floresta Ombrófila Densa Submontana</i> )                                                                                                                                                                    | 22.0–26.0                                  |

**Appendix 1.** Abundance and management history of exotic plant species (in alphabetic order) in the Reserva Bicudinho-do-brejo, municipality of Guaratuba, Paraná State, Southern Brazil.

| Exotic species                    | Family      | Plant type | Control     |         | Abundance                   |                            |
|-----------------------------------|-------------|------------|-------------|---------|-----------------------------|----------------------------|
|                                   |             |            | Not started | Started | 2009                        | 2022                       |
| Invasive                          |             |            |             |         |                             |                            |
| <i>Archontophoenix alexandrae</i> | Arecaceae   | Palm tree  |             | X       | 300 individuals (11 adults) | 80 individuals (20 adults) |
| <i>Artocarpus heterophyllus</i>   | Moraceae    | Arboreous  |             | X       | 18 individuals              | 1 individual               |
| <i>cf. Bambusa textilis</i>       | Poaceae     | Bamboo     |             | X       | 2 large groups              | 1 small group              |
| <i>Brachiaria humidicola</i>      | Poaceae     | Herbaceous |             | X       | 3 large groups              | 2 small groups             |
| <i>Caladium x hortulanum</i>      | Araceae     | Herbaceous | X           |         | 2 small groups              | 3 small groups             |
| <i>Citrus x limonia</i>           | Rutaceae    | Arboreous  | X           |         | 8 individuals               | 5 individuals              |
| <i>Coix lacryma-jobi</i>          | Poaceae     | Herbaceous |             | X       | 2 large groups              | 2 large groups             |
| <i>Ctenanthe setosa</i>           | Marantaceae | Herbaceous |             | X       | 1 stump                     | 1 stump                    |
| <i>Dieffenbachia amoena</i>       | Araceae     | Herbaceous |             | X       | 3 large groups              | 2 small groups             |
| <i>Euterpe</i> sp.                | Arecaceae   | Palm tree  |             | X       | 1 stump                     | Eradicated                 |

| Exotic species                 | Family        | Plant type | Control     |         | Abundance                 |                                       |
|--------------------------------|---------------|------------|-------------|---------|---------------------------|---------------------------------------|
|                                |               |            | Not started | Started | 2009                      | 2022                                  |
| <i>Hedychium coccineum</i>     | Zingiberaceae | Herbaceous | X           |         | Not detected              | 1 small group                         |
| <i>Hedychium coronarium</i>    | Zingiberaceae | Herbaceous |             | X       | Widespread                | Widespread                            |
| <i>Impatiens walleriana</i>    | Balsaminaceae | Herbaceous |             | X       | 2 small groups            | Eradicated? (not detected since 2019) |
| <i>Livistona chinensis</i>     | Aceraceae     | Palm tree  |             | X       | 40 individuals (6 adults) | 20 young individuals                  |
| <i>Malvaviscus arboreus</i>    | Malvaceae     | Bush       |             | X       | 8 large groups            | 1 small group                         |
| <i>Melinis minutiflora</i>     | Poaceae       | Herbaceous |             | X       | 2 large groups            | Eradicated                            |
| <i>Morus nigra</i>             | Moraceae      | Arboreous  |             | X       | 1 adult individual        | Eradicated                            |
| <i>Panicum maximum</i>         | Poaceae       | Herbaceous |             | X       | absent (appeared in 2012) | Eradicated                            |
| <i>Pinus</i> sp.               | Pinaceae      | Arboreous  |             | X       | 1 individual              | Eradicated                            |
| <i>Psidium guajava</i>         | Myrtaceae     | Arboreous  | X           |         | Abundant                  | Abundant                              |
| <i>Saccharum officinarum</i>   | Poaceae       | Herbaceous |             | X       | 2 small groups            | 1 small group                         |
| <i>Sansevieria trifasciata</i> | Asparagaceae  | Herbaceous |             | X       | 5 small groups            | 3 small groups                        |

| Exotic species                     | Family           | Plant type | Control     |         | Abundance                  |                    |
|------------------------------------|------------------|------------|-------------|---------|----------------------------|--------------------|
|                                    |                  |            | Not started | Started | 2009                       | 2022               |
| <i>Schefflera arboricola</i>       | Araliaceae       | Bush       |             | X       | 4 groups and 3 individuals | 3 individuals      |
| <i>Syngonium angustatum</i>        | Araceae          | Groundling |             | X       | 1 group (4 x 4 m)          | 1 group (3 x 3 m)  |
| <i>Syzygium cumini</i>             | Myrtaceae        | Arboreous  |             | X       | 1 adult individual         | Eradicated         |
| <i>Terminalia catappa</i>          | Combretaceae     | Arboreous  | X           |         | 1 adult individual         | 1 adult individual |
| <i>Urochloa arrecta</i>            | Poaceae          | Herbaceous |             | X       | Very abundant              | Abundant           |
| <i>Urochloa mutica</i>             | Poaceae          | Herbaceous |             | X       | Very abundant              | Abundant           |
| cf. <i>Xanthosoma robustum</i>     | Araceae          | Herbaceous |             | X       | 1 large group              | 1 small group      |
| Not determined fern                | Davalliaceae     | Herbaceous | X           |         | 1 small group              | 1 small group      |
| Non-invasive locally               |                  |            |             |         |                            |                    |
| <i>Aloe</i> sp.                    | Xanthorrhoeaceae | Arboreous  |             | X       | 1 stump                    | Eradicated         |
| <i>Anthurium andreanum</i>         | Araceae          | Herbaceous | X           |         | 1 stump                    | 1 stump            |
| <i>Bambusa</i> cf. <i>vulgaris</i> | Rutaceae         | Arboreous  | X           |         | 4 individuals              | 4 individuals      |

| Exotic species                         | Family        | Plant type | Control     |         | Abundance      |                |
|----------------------------------------|---------------|------------|-------------|---------|----------------|----------------|
|                                        |               |            | Not started | Started | 2009           | 2022           |
| <i>Bougainvillea spectabilis</i>       | Nyctaginaceae | Arboreous  |             | X       | 1 individual   | Eradicated     |
| <i>Coffee arabica</i>                  | Rubiaceae     | Arboreous  |             | X       | 10 individuals | 5 individuals  |
| <i>Cordyline</i> sp.                   | Laxmanniaceae | Bush       |             | X       | 3 large groups | 2 large groups |
| <i>Cordyline</i> cf. <i>terminalis</i> | Laxmanniaceae | Bush       |             | X       | 30 stumps      | 20 stumps      |
| <i>Curcuma</i> sp.                     | Zingiberaceae | Herbaceous | X           |         | 1 stump        | 2 stumps       |
| <i>Cymbopogon winterianus</i>          | Poaceae       | Herbaceous |             | X       | 2 stumps       | Eradicated     |
| <i>Dracena fragrans</i>                | Ruscaceae     | Bush       |             | X       | 4 large groups | 3 large groups |
| <i>Mangifera indica</i>                | Anacardiaceae | Arboreous  |             | X       | 3 individuals  | 1 individual   |
| <i>Musa</i> x <i>paradisiaca</i>       | Musaceae      | Herbaceous | X           |         | 2 large groups | 2 small groups |
| <i>Nopalea cochenillifera</i>          | Cactaceae     | Bush       |             | X       | 1 individual   | Eradicated     |
| <i>Yucca filamentosa</i>               | Agavaceae     | Herbaceous |             | X       | 3 stumps       | Eradicated     |

## CAPÍTULO 2

### **Caracterização da invasão de gastrópodes exóticos em vegetações arbóreas de diferentes estágios de conservação no bioma Floresta Atlântica**

Alessandra de Oliveira-Santos<sup>1</sup>, Larissa Teixeira<sup>1,2</sup>, Natan Gonçalo dos Santos Anjos<sup>1</sup> & Marcos R. Bornschein<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ciências Biológicas e Ambientais do Instituto de Biociências – Câmpus do Litoral Paulista, Universidade Estadual Paulista, São Vicente, São Paulo, Brasil

<sup>2</sup> Mater Natura – Instituto de Estudos Ambientais, Curitiba, Paraná, Brasil

Autor Correspondente:  
Alessandra de Oliveira-Santos

#### **ABSTRACT**

Biological invasion is characterized by the introduction, establishment, reproduction and expansion of species outside their natural habitat, causing damage to local ecosystems. Terrestrial gastropods are a particularly successful group as an invasive species. The objective of this study was to characterize the invasion of exotic gastropods and evaluate the set of species in tree vegetation at different stages of conservation in the Atlantic Forest biome. We carried out the study in the Bicudinho-do-brejo Reserve, municipality of Guaratuba, State of Paraná, Southern Brazil, in 2021–2022, in young vegetation (secondary vegetation of 10 years), intermediate vegetation (secondary vegetation of 50 years) and in primary forest. We collected litter from 15 plots of 50 cm x 50 cm and carried out an active search in six plots of 3 m x 3 m, looking for gastropods (live and shells). At the four vertices and the center of three 10 m x 10 m plots, we made visual estimates of the average height and coverage of the canopy and the number of plant strata. We sampled 90 litter plots and 18 active search plots. We obtained 107 individuals, belonging to 15 species, of which 3 were exotic in young and intermediate vegetation, *Ovachlamys fulgens*, *Meghimatium pictum* e *Beckianum beckianum*. Although we found the species *Beckianum beckianum* in intermediate vegetation, its abundance was considered scarce, indicating that exotic gastropod species are possibly not established in old secondary vegetation or primary forest. However, since biological invasions are dynamic processes, , prevention and monitoring measures are essential. We found greater diversity in young vegetation in the two methods used, possibly because the location is closer to the headquarters, allowing these animals to enter and remain. The low abundance and diversity of the general population of gastropods in the

environment with primary vegetation is perhaps due to it being a more preserved and balanced environment, with predators and natural dynamics.

**Key-words:** exotic species, biological invasion, terrestrial gastropods, *Beckianum beckianum*, secondary vegetation

## RESUMO

Invasão biológica caracteriza-se pela introdução, estabelecimento, reprodução e expansão de espécies fora de seu habitat natural, causando danos aos ecossistemas locais. Gastrópodes terrestres é um grupo particularmente bem sucedido como espécie invasora. O objetivo deste estudo foi caracterizar a invasão de gastrópodes exóticos e avaliar o conjunto de espécies em vegetações arbóreas de diferentes estágios de conservação no bioma Floresta Atlântica. Realizamos o estudo na Reserva Bicudinho-do-brejo, município de Guaratuba, Estado do Paraná, Sul do Brasil, em 2021–2022, em vegetação jovem (vegetação secundária de 10 anos), vegetação intermediária (vegetação secundária de 50 anos) e na floresta primária. Coletamos a serapilheira de 15 parcelas de 50 cm x 50 cm e efetuamos a busca ativa em seis parcelas de 3 m x 3 m, buscando por gastrópodes (vivos e conchas). Nos quatro vértices e no centro de três parcelas de 10 m x 10 m, efetuamos estimativas visuais da altura média e cobertura do dossel e do número de estratos vegetais. Amostramos 90 parcelas de serapilheira e 18 parcelas de busca ativa. Obtivemos 107 indivíduos, pertencentes a 15 espécies, destas, 3 exóticas na vegetação jovem e intermediária, *Ovachlamys fulgens*, *Meghimatium pictum* e *Beckianum beckianum*. Apesar de encontrarmos a espécie *Beckianum beckianum* na vegetação intermediária, a abundância dela foi considerada escassa indicando que as espécies de gastrópodes exóticos possivelmente não estão estabelecidas em vegetação secundária antiga ou na floresta primária.. No entanto, uma vez que as invasões biológicas são processos dinâmicos, medidas de prevenção e monitoramento são essenciais. Encontramos maior diversidade na vegetação jovem nos dois métodos utilizados, possivelmente porque o local é mais próximo da sede, permitindo a entrada e permanência desses animais. A baixa abundância e diversidade da população geral de gastrópodes no ambiente com vegetação primária, talvez se deva por ser um ambiente mais preservado e equilibrado, com predadores e dinâmicas naturais.

**Palavras-chave:** espécies exóticas, invasão biológica, gastrópodes terrestres, *Beckianum beckianum*, vegetação secundária.

## INTRODUÇÃO

Invasão biológica caracteriza-se pela introdução de espécies fora de seu habitat natural, e representa um fenômeno preocupante no campo da ecologia e da conservação (Byers *et al.* 2002, Darrigran *et al.* 2009, Leão *et al.* 2011). Uma vez inseridas, e em condições ambientais adequadas, essas espécies podem estabelecer populações reprodutivas e expandir-se para novas áreas causando danos aos ecossistemas locais (Marchetti *et al.* 2004, Bonk *et al.* 2021).

Mais de 120 mil espécies exóticas já invadiram países ao redor do mundo (Ziller 2000) e atualmente todos os ecossistemas têm ocorrência de espécies exóticas em suas comunidades (Ziller *et al.* 2007). A introdução de espécies exóticas é uma das maiores causas da perda de biodiversidade mundial, considerada a segunda maior causa de extinção de espécies nativas, pelo menos 38% das extinções de animais foram relacionadas às invasões biológicas (Sampaio *et al.* 2013). A globalização facilitou essas introduções, que ocorrem por diversos meios como, transporte não intencional através da água de lastro das embarcações, ou intencional para serviços de agricultura e jardinagem (Leão *et al.* 2011).

Os gastrópodes são a única classe do Filo Mollusca que conquistaram ambientes terrestres e evoluíram numa variedade de formas e estratégias adaptativas em resposta à diversidade dos ecossistemas existentes (Raut *et al.* 2002, Fischer *et al.* 2010, Colley 2013). Os gastrópodes terrestres são de grande importância ecológica, sendo considerados excelentes bioindicadores de saúde ambiental devido à sua alta sensibilidade às condições do ambiente (Barker 2001, Kappes *et al.* 2009, Altaf *et al.* 2017, Nicolai *et al.* 2017). Possuem baixa mobilidade e alta concentração endêmica, tornando-os mais vulneráveis às atividades humanas (Chiba *et al.*, 2016; Nandy *et al.*, 2022). Atualmente, possuem o maior número de espécies ameaçadas de extinção, principalmente devido à destruição do habitat e introdução de espécies exóticas (Mansur *et al.* 2003).

Esse grupo é particularmente bem sucedido como espécie invasora quando introduzidos em áreas onde não possuem predadores naturais ou competidores eficientes (Teixeira *et al.* 2010, Pilate *et al.* 2017). Até alcançarem um equilíbrio estável, essas espécies podem ocasionar mudanças na composição da comunidade, afetando a ciclagem de nutrientes, a saúde do solo e a disponibilidade de recursos para outros organismos (Mansur *et al.* 2003).

Existem cerca de 25 espécies de moluscos terrestres invasores no Brasil (Simone 2006), dos quais podemos citar o *Achatina fulica* Bowdich, 1822, nativo da África, foi introduzido em diversas partes do mundo, incluindo a América do Sul (Ziller *et al.*, 2007), a espécie apresenta preferência por ambientes alterados e é considerado

hospedeiro intermediário de parasitas que afetam a saúde de humanos e outros animais (Fischer *et al.* 2010).

A lesma *Meghimatium pictum* Stoliczka, 1873 é uma exótica invasora nativa da China, Taiwan, Malásia e Índia (Gomes *et al.*, 2011). No Brasil, *M. pictum* foi registrada pela primeira vez em 2002, no norte do estado de Santa Catarina e relatada como uma praga agrícola de culturas hortícolas (Gomes *et al.*, 2011). A espécie está atualmente presente em vários outros estados brasileiros, inclusive no Paraná, onde foi registrada invadindo plantações de morango e áreas protegidas (Gomes *et al.* 2011).

Outra espécie de destaque pelo seu potencial de se tornar uma praga agrícola, é o caracol saltador *Ovachlamys fulgens* Gude, 1900 (Cowie *et al.* 2009), já relatado em área de floresta secundária com plantas exóticas (Teixeira *et al.* 2017). A espécie ocorre no Sudeste e Sul do Brasil em vegetação secundária em diferentes estágios de regeneração.

*Beckianum beckianum* Pfeiffer, 1846, é uma espécie possivelmente nativa da bacia do Caribe, registrada como invasora nos Estados Unidos e Polinésia Francesa (Almeida *et al.* 2011) esta distribuída no Brasil entre outros países (Simone *et al.* 2013). Espécie hospedeira em potencial de parasitos humanos e de animais domésticos (Almeida *et al.* 2011).

A Floresta Atlântica é considerado um dos biomas mais importantes do mundo e um “hotspot” para a conservação da biodiversidade abrigando muitas espécies que não são encontradas em nenhum outro lugar (Myers *et al.* 2000, Giulietti *et al.* 2005, Rezende *et al.* 2018). No entanto a expansão implacável das atividades humanas, incluindo urbanização e agricultura, forneceu uma ameaça frequente a esse bioma através da invasão de espécies exóticas (Roa-Romero *et al.*, 2009). O objetivo deste estudo foi caracterizar a invasão de gastrópodes exóticos e avaliar o conjunto de espécies em vegetações arbóreas de diferentes estágios de conservação no bioma Floresta Atlântica.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Áreas de estudo**

Efetuamos o estudo na Reserva Bicudinho-do-brejo, município de Guaratuba, Paraná, sul do Brasil (Figura 1), nos dias 14 e 15 de março de 2022. Amostramos uma vegetação secundária com arbóreas de 10 anos (22J728134/7149324, 13 m acima do nível do mar), denominada Capoeira (sensu Veloso *et al.* 1991). Historicamente, a região anteriormente foi utilizada para a criação de gado. Em 2009, a área foi adquirida pela Reserva Bicudinho-do-brejo e o gado foi retirado. Em 2012 surgiram as primeiras arvoretas em meio à grama crescida (informações pessoais proprietário). Amostramos

uma vegetação secundária com aproximadamente 50 anos (22J728366/7149194, 30 m acima do nível do mar), denominada Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas (sensu Veloso *et al.* 1991). Amostramos a floresta primária, embora com interferência como a retirada histórica de palmito (22J728257/7148760, 107 m acima do nível do mar), denominada Floresta Ombrófila Densa Submontana (sensu Veloso *et al.* 1991). As vegetações secundárias estudadas estão conectadas entre si com a floresta primária, a qual é contínua ao sul até o litoral norte de Santa Catarina e, ao norte, até o estado de São Paulo, caracterizando um grande remanescente contínuo de Floresta Atlântica.

A região se enquadra no tipo climático Cfa (Clima subtropical úmido – mesotérmico) segundo a classificação de Koeppen, que significa clima temperado chuvoso e moderadamente quente (Vanhoni *et al.* 2008). A média pluviométrica é 2300 mm ao ano e a temperatura média anual é 20° C (Vanhoni *et al.* 2008). A pluviosidade e temperatura médias do trimestre mais quente é de 800 mm e 23° C, enquanto a pluviosidade e temperatura médias do trimestre mais frio é de 280 mm e 13° C (Vanhoni *et al.* 2008).

### **Coleta de dados**

Realizamos duas expedições no dia 14 de março, uma período da manhã e uma no período da tarde, e uma expedição no dia 15 no período da manhã. Amostramos os gastrópodes terrestres com o uso de dois métodos: coleta de serapilheira e busca ativa de indivíduos vivos, conforme Teixeira *et al.* (2024).

Coletamos nos três tipos de vegetação (Figuras 2,3,4), a serapilheira de 15 parcelas de 50 cm x 50 cm alocadas a cada 2 m de uma transecção de 30 m, e efetuamos a busca ativa em seis parcelas de 3 m x 3 m, por 30 min em cada, buscando por gastrópodes (vivos e conchas) em diferentes microhábitats (troncos, rochas e musgo), do solo a até 2 m de altura. Nos quatro vértices e no centro de três parcelas de 10 m x 10 m, distantes entre si por 10 m, em cada tipo de vegetação amostrada, efetuamos estimativas visuais da altura média do dossel da vegetação, do número de estratos vegetais e da porcentagem de cobertura do dossel (com uso do software CanopyCapture). Medimos a luminosidade com uso de luxímetro digital e o pH do solo (com o aparelho portátil SONDATERRA PH – 2500).

Colocamos a serapilheira em sacos plásticos identificados e a inspecionamos para a coleta de gastrópodes. Em laboratório, secamos a serapilheira a 40 °C, aferimos o peso seco e a peneiramos em malha de 0,5mm. O peneirado revisamos sob lupa ZEISS TM DV4, estereomicroscópio para identificar conchas de microgastrópodes (conchas de indivíduos adultos inferiores a 5 mm). Calculamos a

frequência dos gastrópodes amostrados nas parcelas de serapilheira e a densidade por m<sup>2</sup> e por kg de serapilheira seca para cada localidade. Espécimes vivos coletados foram fotografados, identificados com ajuda de especialistas da área, anestesiados e conservados em álcool 90%. Os espécimes foram alojados na Coleção de Malacologia Terrestre do Câmpus do Litoral Paulista (MTCLP) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), no município de São Vicente, Estado de São Paulo, Brasil.

### **Análise dos dados**

Classificamos os indivíduos como vivos, com conchas vazias intactas, conchas vazias degradadas e, ainda, como microgastrópodes (conchas de indivíduos adultos inferiores a 5 mm) e macrogastrópodes (conchas de indivíduos adultos superiores a 5 mm) (Oroño *et al.* 2007). Estimamos a densidade de gastrópodes extrapolando os resultados para m<sup>2</sup> e kg de serapilheira seca. Calculamos os índices de Shannon e de Simpson, além da Equitabilidade pelo índice de Pielou, utilizando o software Past 4.0.9 (Hammer 2021).

## **RESULTADOS**

Obtivemos 107 indivíduos, pertencentes a 15 espécies de 9 famílias, sendo 70 indivíduos obtidos na serapilheira e 37 indivíduos na busca ativa (Tabela 1). A maioria das espécies exóticas ou associadas a ambientes antrópicos apareceram nas vegetações jovem e intermediária. A espécie *Beckianum beckianum* (Figura 5), apareceu em maior quantidade com 11 indivíduos na vegetação jovem e 4 na vegetação intermediária. *Meghimatium pictum* (Figura 6) e Veronicellidae (Figura 6), apareceram apenas com 1 indivíduo cada na vegetação jovem, sendo consideradas escassas. A primeira encontrada em uma bromélia (*Vriesea sp.*), e a segunda na serapilheira.

Os microgastrópodes apareceram com 11 espécies, cerca de 72,8% do total de indivíduos coletados., destes, 51,28% foram na vegetação jovem. Na vegetação jovem foi onde obtivemos o maior número de indivíduos no geral, 43 na serapilheira e 17 na busca ativa e na vegetação primária foi onde obtivemos o menor número de indivíduos, 13 na serapilheira e 8 na busca ativa (Tabela 1).

No método de coleta de serapilheira a média geral foi de 0,77 indivíduos de gastrópodes terrestres por parcela de serapilheira, e 0,013 indivíduos/g de massa de serapilheira seca. Na vegetação jovem, a média por parcela de serapilheira foi 1,43 indivíduos, a média por área foi de 5,73 indivíduos/m<sup>2</sup>, e 0,023 indivíduos/g de massa de serapilheira seca. Na vegetação intermediária a média por parcela de serapilheira foi 0,47 indivíduos, a média por área foi 1,86 indivíduos/m<sup>2</sup>, e 0,015 indivíduos/g de massa

de serapilheira seca. Na vegetação primária a média por parcela de serapilheira foi 0,46 indivíduos, a média por área foi de 1,73 indivíduos/m<sup>2</sup>, e 0,005 indivíduos/g de massa de serapilheira seca. Dos gastrópodes coletados por busca ativa, a média geral foi de 2,05 indivíduos por parcela.

Das 15 espécies encontradas, todas estavam presentes na coleta de serapilheira, sendo 13 espécies exclusivas desse método. Na busca ativa foram identificadas 2 espécies que apareceram na vegetação jovem e intermediária, *Lilloiconcha gordurasensis* (Figura 7) e *Simpulopsis pseudosulculosa* (Figura 8), sendo que esta última também apareceu na vegetação primária.

A maior riqueza de espécies foi encontrada na vegetação jovem com 12 espécies, e a menor na vegetação primária com 5 espécies. As famílias mais abundantes foram Simpulopsidae, Scolodontidae (Figura 9) e Cystopeltidae. Na vegetação jovem as famílias mais abundantes foram Cystopeltidae, Scolodontidae e Euconulidae. Na vegetação intermediária a família mais abundante foi Simpulopsidae. Na vegetação primária as famílias mais abundantes foram Scolodontidae e Simpulopsidae.

No método de coleta de serapilheira as espécies mais abundantes foram *B. beckianun* e *Habroconus semenlini*. Na busca ativa as espécies mais abundantes foram *S. pseudosulculosa* e *L. gordurasensis*.

Das 15 espécies, 6 foram exclusivas da vegetação jovem, *Habroconus semenlini*, *Miradiscops sp 2* (Figura 10), *M. pictum*, *Bulimus sp*, Veronicellidae 1, Charopidae 1. As espécies exclusivas da vegetação intermediária foram Scolodontidae 2 e *Miradiscops sp 2*. As espécies exclusivas da vegetação primária foram *Radiodiscus sp 2* (Figura 11) e Scolodontidae 3.

No nosso estudo a espécie *S. pseudosulculosa* foi classificada como abundante e encontrada bem distribuída nos três tipos de ambiente, sobre samambaias e folhas de *Psychotria nuda* (Cham. & Schltdl.) planta nativa que ocorre exclusivamente no bioma Mata Atlântica (Nery et al.2014).

No método de busca ativa a vegetação jovem apresentou uma maior diversidade de espécies nos índices de Shannon ( $H' = 0,64$ ), e Simpson ( $D = 0,45$ ), enquanto a vegetação primária apresentou menor diversidade nos índices de Shannon ( $H' = 0$ ) e Simpson ( $D = 0$ ). A equitabilidade pelo índice de Pielou foi maior na vegetação jovem ( $J = 0,93$ ) e menor na vegetação primária ( $J = 0$ ) (Tabela 2).

No método de coleta de serapilheira a vegetação jovem apresentou uma maior diversidade de espécies nos índices de Shannon ( $H' = 2,02$ ) e Simpson ( $D = 0,81$ ), enquanto a vegetação primária apresentou uma menor diversidade também nos dois

índices ( $H' = 1,20$ ) e ( $D = 0,66$ ). A equitabilidade pelo índice de Pielou foi maior na vegetação intermediária ( $J = 0,92$ ) e menor na vegetação jovem ( $J = 0,78$ ) (Tabela 3).

A vegetação jovem, apresentou apenas 2 estratos vegetais (herbáceo e arbóreo), com altura média da vegetação entre 3m e 5m. Encontramos nesse ambiente, a maior luminosidade, cerca de 3050,4 lux, e a menor porcentagem de cobertura do dossel, cerca de 75%. A vegetação primária apresentou 3 estratos vegetais bem definidos, com altura média da vegetação entre 20m e 35m, maior porcentagem de cobertura do dossel (93%) e a menor luminosidade comparado com os outros ambientes, cerca de 159,90 lux. Junto com a vegetação intermediária, foi a que apresentou mais microhabitats como rochas, troncos caídos, bromélias e raízes expostas. Nesse ambiente também encontramos serapilheira com maior profundidade, cerca de 5 cm (Tabela 4).

## DISCUSSÃO

A região com vegetação jovem (vegetação secundária de 10 anos), encontra-se em processo de regeneração com resquícios de vegetação exótica, o que talvez explique a abundância de *B. beckianum*. Essa região apresenta histórico de área antropizada, com poucos microhabitats, baixa cobertura do dossel e com maior índice de luminosidade. Segundo Santos e Monteiro (2001), os ovos dessa espécie são protegidos do ressecamento por permanecerem dentro do oviduto até o momento da eclosão, além disso a espécie tem um comportamento gregário, criando um microclima úmido favorável. Almeida e Motta (2011) também registraram abundância dessa espécie em estudos realizados em Minas Gerais.

A espécie *M. pictum* foi considerada escassa, visto que registramos apenas 1 indivíduo próximo à sede (área mais próxima da vegetação jovem), provavelmente introduzida por vias externas. Segundo Baronio e colaboradores (2014), a infestação dessa espécie é maior em áreas com grande sombreamento e umidade ideal.

A escassez da lesma da família Veronicellidae, sugere -se ao fato dessa família ser altamente dependente de um ambiente de floresta úmido e bem preservado (Gomes *et al.* 2011). Na área com vegetação mais jovem, também registramos maior presença da espécie *L. gordurasensis*, gastrópode terrestre que já foi associado a vegetações de lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium* J.Koenig). Essa planta é uma herbácea nativa da Ásia tropical considerada invasora de rápido crescimento e dispersão, muito comum no Brasil, principalmente em regiões de brejo (Castro, 2014). Rosa e colaboradores (2022) já relataram a ocorrência do gastrópode exótico *O. fulgens* em folhas de lírio-do-brejo, no mesmo local desse estudo. Em coletas realizadas em outubro de 2021 (ver capítulo

1), também registramos dois indivíduos vivos de *O. fulgens* nessa mesma área, ficando o alerta sobre a importância de monitoramentos.

Encontramos maior diversidade associada ao ambiente mais impactado, possivelmente porque o local é mais próximo da sede, ficando mais exposto à influência humana, e permitindo a entrada e permanência desses animais que possuem baixa mobilidade, dificultando o acesso a áreas mais afastadas.

No nosso estudo não houve ocorrência da espécie exótica *A. fulica*, diferente de outros trabalhos com grande incidência dessa espécie (Thiengo *et al.* 2006). A hipótese para a não ocorrência de *A. fulica* em toda a área estudada, seria pelo manejo realizado, e a interrupção do enriquecimento florestal com mudas de árvores trazidas de outras regiões.

O substrato é um dos componentes abióticos que são determinantes para desenvolvimento de espécies de moluscos terrestres (Abreu, 2013). Em estudo feito por Nunes e Santos (2012), foi observado diferentes fatores influenciando a variação da malacofauna terrestre, como, a profundidade da serapilheira, temperatura do solo e umidade relativa do ar. Em 2013, esse mesmo autor demonstrou que a família Scolodontidae, é amplamente representada em ambientes florestais, associados a serrapilheira em florestas úmidas tropicais. No nosso estudo essa família também foi exclusiva da serapilheira.

O gênero *Simpulopsis* (Beck, 1837) é encontrado na América Central e América do Sul, e a única informação sobre a ecologia das espécies desse gênero é que elas vivem sobre árvores e até 1100 m de altitude (Gomes *et al.* 2014).

O microgastrópode nativo *H. semenlini* (Moricand, 1846) possui ampla distribuição no Brasil, habitando matas e áreas florestais, sob rochas e serapilheira (Veitenheimer-Mendes *et al.* 2003, Simone 2006). Silva e colaboradores (2009), citam que em laboratório *H. semenlini* foi capaz de se reproduzir por autofecundação. Essa é uma característica importante que pode garantir a sobrevivência da espécie em áreas degradadas (Silva *et al.* 2009), explicando assim sua abundância na vegetação mais jovem.

## CONCLUSÃO

Algumas plantas exóticas invasoras ou cultivadas permanecem presentes na Reserva Bicudinho-do-brejo, apesar das suas populações estarem em declínio. Nossos resultados mostraram que o ambiente com vegetação jovem, foi onde prevaleceu a presença de espécies exóticas ou associadas a ambientes antrópicos, talvez pela área

apresentar histórico de antropização, e se encontrar mais próxima da sede, permitindo a introdução dessas espécies por vias externas.

Apesar de encontrarmos a espécie *B. beckianum* na vegetação intermediária, a abundância dela foi considerada escassa (ver metodologia), indicando que as espécies de gastrópodes exóticos possivelmente não estão estabelecidas em vegetação secundária antiga ou na floresta primária.

A espécie *M. pictum*, e a lesma da família Veronicellidae foram consideradas escassas, provavelmente introduzidas por vias externas. A interrupção do plantio de mudas de outras regiões, e a erradicação de plantas exóticas pode ter contribuído na ausência dessas espécies no ambiente com vegetação primária. No entanto, uma vez que as invasões biológicas são processos dinâmicos, medidas de prevenção e monitoramento são essenciais.

A baixa abundância e diversidade da população geral de gastrópodes no ambiente com vegetação primária, talvez se deva por ser um ambiente mais preservado e equilibrado, com predadores e dinâmicas naturais. Ambientes de transição entre ambiente natural e impactado geralmente tem maior diversidade pela sobreposição de fauna.

## REFERÊNCIAS

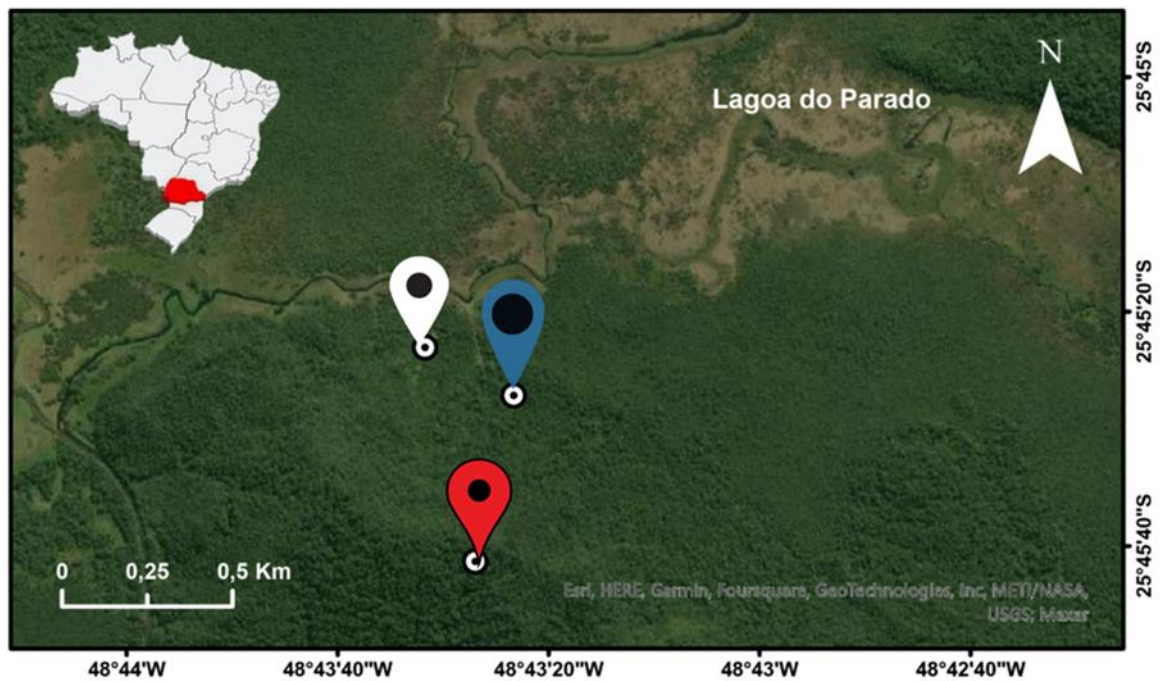
- Almeida MN, Mota GG (2011) Ecologia, reprodução e crescimento da concha de *Beckianum beckianum* Pfeiffer, 1846 (Pulmonata, Subulinidae) em condições naturais. Revista de Biologia e Farmácia, 6(01):75-85.
- Altaf J, Qureshi NA, Siddiqui MJ. (2017) Terrestrial snails as bioindicators of environmental degradation. J Bio & Environ. Sci. 10(1):253-264.
- Barker GM (2002) Molluscs as crop pests. Cabi publishing, wallingford, 469p.
- Barônio CA, Botton M, Gomes SR, Robinson DG (2014) Primeiro registro de perdas qualitativas causadas por *Meghimatium pictum* em vinhedos do Sul do Brasil e os efeitos de dois moluscicidas para o seu controle. Ciência Rural, 44(10):1715-1720.
- Byers JE, Reichard S, Randall JM, Parker IM, Smith CS, Lonsdale WM, Atkinson IAE, Seastedt TR, Williamson M, Chornesky E, Hayes D (2002) Directing research to reduce the impacts of nonindigenous species. Conservation Biology, 3(16):630-640.
- Bonk M, Brobek R (2002) Does river channelization increase the abundance of invasive crayfish? Survey of *Faxonius limosus* in small central European streams. Environmental Science and Pollution Research, 28(3):31831-31837.

- Chiba S, Cowie RH (2016) Evolution and extinction of land snails on oceanic islands. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 47(1):123-141.
- Colley E (2013) Taxonomia, macroecologia e ecologia de Gastropoda terrestre (Mollusca, Orthogastropoda) do Estado do Paraná, Brasil. Tese de doutorado, Universidade do Paraná, 158p.
- Coradin L, Tortato DT (2006) Espécies exóticas invasoras: situação brasileira. Secretaria de Biodiversidade e Florestas, MMA, Brasília, 24p.
- Darrigran G, Damborenea C (2009). Introdução à biologia das invasões -O Mexilhão Dourado na América do Sul: biologia, dispersão, impacto, prevenção e controle. São Carlos: Cubo Multimídia Ltda. 246p.
- Fischer ML, Colley E, Nering IS, Simião MS (2010) Ecologia de *Achatina fulica*. O caracol gigante africano *Achatina fulica* no Brasil. Curitiba: Editora Champagnat, 140p.
- Gomes SR, Silva RS, Gil GM, Thomé JW (2004) Ciclo biológico de *Simpulopsis ovata* (Gastropoda, Bulimulidae) em São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Sér. Zool, Porto Alegre*, 94(3):253-259.
- Gomes SR, Picanço JB, Colley E, Agudo-Padron AI, Nakano E, Thomé JW (2011) A Newly Introduced and Invasive Land Slug in Brazil: *Meghimatium pictum* (Gastropoda, Philomycidae) from China *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 161(1):87-95.
- Kappes H, Jordeans k, Houtte NV, Hendrickx F, Maelfait JP, Lens I, Backelijau T (2009) A land snail's view of a fragmented landscape. *Biol j linn soc lond*, 98(4):839-850.
- Leão TCC, Almeida WR, Dechoum M, Ziller SR (2011) Espécies Exóticas Invasoras no Nordeste do Brasil: Contextualização, Manejo e Políticas Públicas. Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste e Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental. Recife, PE. 99p.
- Lopes MPAM, Nunes GKM, Dos Santos SB (2012) Levantamento preliminar da malacofauna do campus do centro universitário da cidade (Univercidade, Unidade Madureira), Rio de Janeiro, RJ. XXIII EBRAM, 43(182):2-6.
- Mack RN, Simberloff D, Lonsdale WM, Evans H, Clout M, Bazzaz FA (2000) Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences and control. *Ecological Applications* 10(3):689-710.
- Mansur MCD, Santos CP, Darrigran G, Heydrich I, Callil CT, Cardoso FR (2003) Primeiros dados quali-quantitativos do mexilhão dourado, *Limnoperna fortunei* (Dunker,1857), no delta do Jacuí, no lago Guaíba e na laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil e alguns aspectos de sua invasão no novo ambiente. *Revista Brasileira de Zoologia* 20(1):75-84.

- Marchetti MP, Moyle PB, Levine R (2004) Invasive species profiling? Exploring the characteristics of non-native fishes across invasion stages in California. *Freshw Biol*, 49(5):646-661.
- Nandy G, Barman H, Pramanik S, Banerjee S, Aditya G (2022) Land snail assemblages and microhabitat preferences in the urban areas of Kolkata, India, *Journal of Urban Ecology*, 8(1):1-13.
- Nery FSG, Zuffellato-Ribas KC, Koehler HS (2014) Enraizamento de *Psychotria nuda* (Cham. & Schltdl.) Wawra (RUBIACEAE) nas quatro estações do ano. *Ciênc Florest*, 4(1):243-250.
- Nicolai A, Ansart A (2017) Conservation at a slow pace: terrestrial gastropods facing fast-changing climate. *Conserv Physiol* 5(1):1-17.
- Oroño ES, Cuezco MG, Romero F (2007) Land snail diversity in subtropical rainforest mountains (Yungas) of Tucumán, northwestern Argentina. *American Malacological Bulletin*, 22(1):17-26.
- Pilate VJ, Chicarino ED, da Silva LC, dos Santos TV, de Souza BA, de Almeida BEC. (2017). Biologia comportamental comparada entre moluscos terrestres nativos e exóticos. *Revista de Biologia Neotropical/Journal of Neotropical Biology*, 14(1):73-81.
- Raut SK, Barker GM (2002) *Achatina fulica* Bowdich and others Achatinidae pest in tropical agriculture. Mollusks as croup pest. CABI Publishing, London, UK, 400p.
- Reaser JK, Meyerson LA (2007) Ecological and Socioeconomic Impacts of Invasive Alien Species in Island Ecosystems. *Environmental Conservation*, 34(2):1-14.
- Rodrigues P, Fernandez MA, Thiengo SC, Salgado NC, Gomes SR (2016) Diversity of terrestrial molluscs in urban areas and surrounding land scapes of Rio de Janeiro State, Brasil. *Tentacle*, 24(1):39-41.
- Sampaio AB, Schmidt IB (2013) Espécies exóticas invasoras em unidades de conservação federais do Brasil. *Biodiversidade Brasileira*, 3(2):32-49.
- Santos SB, Monteiro DP (2001) Composição de gastrópodes terrestres em duas áreas do Centro de Estudos Ambientais e Desenvolvimento Sustentado (CEADS), Vila Dois Rios, Ilha Grande, Rio de Janeiro, Brasil – um estudo-piloto. *Revista Brasileira de Zoologia*, 18(1):181-190.
- Silva L, Meireles L, Vargas T, Junqueira FO, A Bessa ECA (2009) História de vida do caramujo terrestre *Habroconus semenlini* (Stylommatophora: Euconulidae) em condições de laboratório. *Revista de Biologia Tropical*, 57(4):1217-1222.
- Teixeira RM, Barbosa JSP, Lopes MS, Silva MAGF, Coutinho R, Villaça RC (2010) Bioinvasão marinha: os bivalves exóticos de substrato consolidado e suas interações com a comunidade receptora. *Oecologia Australis*, 14(2):381-402.

- Teixeira L, Vannucchi FS, Ribeiro LF, Cunha CM, Bornschein MR (2024) How Much is enough? Performance of litter sampling and visual search methods in revealing the diversity of gastropods on mountaintops in the Atlantic Rainforest. PeerJ. in press.
- Veitenheimer-Mendes IL, Postal M (2003) Moluscos terrestres e límnicos registrados para a sub-bacia hidrográfica do arroio Itapuã, Viamão, Rio Grande do Sul, Brasil. RBB, 1(2):55-68.
- Ziller SR., 2000. A Estepe Gramíneo-Lenhosa no segundo planalto do Paraná: diagnóstico ambiental com enfoque à contaminação biológica. Tese de doutoramento. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 268p.
- Ziller SR, Zalba S (2007) Propostas de ação para prevenção e controle de espécies exóticas invasoras. Natureza & Conservação, 5(2):8-15.

## FIGURAS



**Figura 1.** Mapa mostrando localidades amostradas em busca de gastrópodes terrestres na Reserva Bicudinho-do-brejo, Guaratuba, Paraná, Brasil. O ponto branco representa área com vegetação secundária de 10 anos. O ponto azul representa área com vegetação secundária de 50 anos. O ponto vermelho representa área com vegetação primária.



**Figura 2.** Vegetação jovem. Ambiente com vegetação secundária de 10 anos, Reserva Bicudinho-do-brejo, Guaratuba, Paraná, Brasil. Fotografia: Renato Bifulco.



**Figura 3.** Vegetação intermediária. Ambiente com vegetação secundária de 50 anos, Reserva Bicudinho-do-brejo, Guaratuba, Paraná, Brasil. Fotografia: Renato Bifulco.



**Figura 4.** Floresta primária. Ambiente com vegetação primária, Reserva Bicudinho-do-brejo, Guaratuba, Paraná, Brasil. Fotografia: Renato Bifulco.



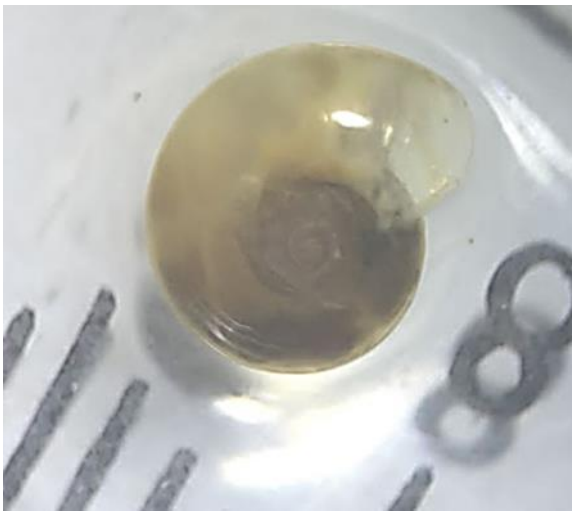
**Figura 5.** Concha de *Beckianum beckianum*, Reserva Bicudinho-do-brejo, Guaratuba, Paraná, Brasil.



**Figura 6.** a. *Meghimatium pictum* encontrada em bromélia no ambiente com vegetação secundária de 10 anos. b. lesma da Família Veronicellidae, encontrada na serrapilheira no ambiente com vegetação de 10 anos, Reserva Bicudinho-do-brejo, Guaratuba, Paraná, Brasil.



**Figura 7.** *Lilloiconcha gordurasensis* coletados na Reserva Bicudinho-do-brejo, Reserva Bicudinho-do-brejo, Guaratuba, Paraná, Brasil.



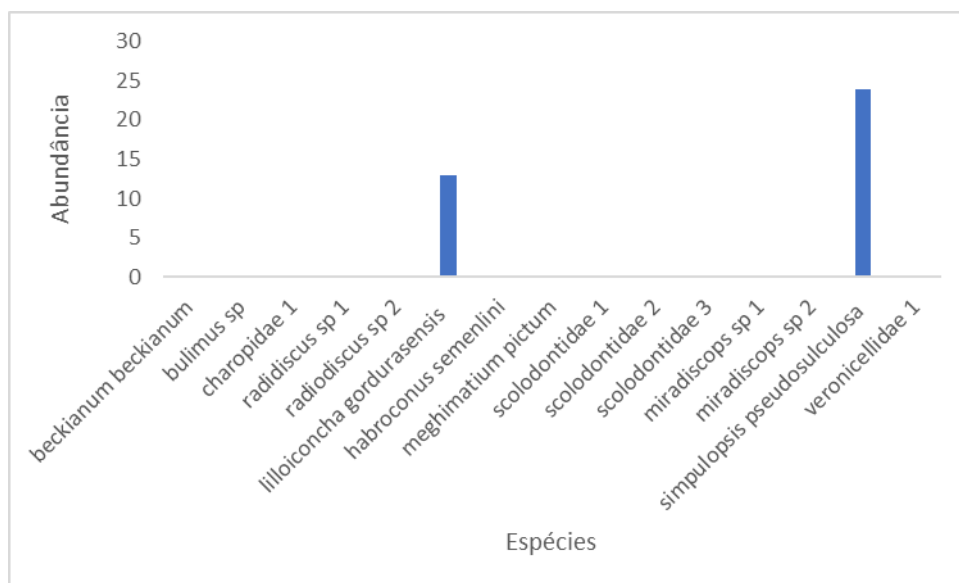
**Figura 8.** Microgastrópode Scolodontidae *Miradiscops* sp.1, encontrado na serapilheira do ambiente com vegetação secundária de 10 anos, na Reserva Bicudinho-do-brejo, Guaratuba, Paraná, Brasil.



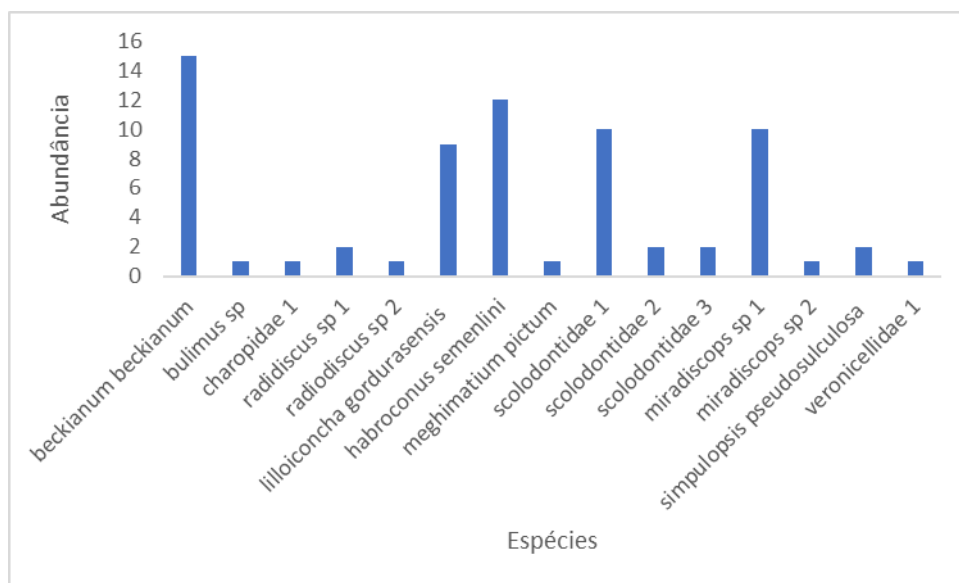
**Figura 9.** Microgastrópode da Família Scolodontidae *Miradiscops* sp. 2, encontrado na serapilheira do ambiente com vegetação secundária de 10 anos, na Reserva Bicudinho-do-brejo, Guaratuba, Paraná, Brasil.



**Figura 10.** Microgastrópode da Família Scolodontidae *Radiodiscus* sp. 2 coletado na serapilheira do ambiente com vegetação secundária de 10 anos, na Reserva Bicudinho-do-brejo, Guaratuba, Paraná, Brasil.



**Figura 11.** Grafico de abundância total no método de busca ativa, na Reserva Bicudinho-do-brejo, Guaratuba, Paraná, Brasil.



**Figura 12.** Gráfico de abundância total no método de coleta de serapilheira, na Reserva Bicudinho-do-brejo, Guaratuba, Paraná, Brasil.

## TABELAS

**Tabela 1.** Gastrópodes terrestres registrados em Mata Atlântica secundária e primária do sul do Brasil. Abreviação: Micro = microgastrópodes; Macro = macrogastrópodes (ver Metodologia para definição). Arranjos familiares e ordem das espécies de acordo com Bouchet & Rocroi (2005) e Simone (2006).

| Família / Espécies                   | Micro-habitat*                                      | Tamanho |       | 10 anos     |                        | c. 50 anos  |                        | Floresta primária |                        | Total de indivíduos |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------|-------|-------------|------------------------|-------------|------------------------|-------------------|------------------------|---------------------|
|                                      |                                                     | Micro   | Macro | Busca ativa | Coleta de serapilheira | Busca ativa | Coleta de serapilheira | Busca ativa       | Coleta de serapilheira |                     |
| <b>SUBULINIDAE</b>                   |                                                     |         |       |             |                        |             |                        |                   |                        | -                   |
| <i>Beckianum</i>                     | serapilheira                                        | X       |       |             | 11                     |             | 4                      |                   |                        | 15                  |
| <i>beckianum</i> (L. Pfeiffer, 1846) |                                                     |         |       |             |                        |             |                        |                   |                        |                     |
| <b>BULIMULIDAE</b>                   |                                                     |         |       |             |                        |             |                        |                   |                        | -                   |
| <i>Bulimulus</i> sp.                 |                                                     |         | X     |             | 1                      |             |                        |                   |                        | 1                   |
| <b>CHAROPIDAE</b>                    |                                                     |         |       |             |                        |             |                        |                   |                        | -                   |
| Charopidae 1                         | serapilheira                                        | X       |       |             | 1                      |             |                        |                   |                        | 1                   |
| <i>Radiodiscus</i> sp. 1             | serapilheira                                        | X       |       |             | 1                      |             | 1                      |                   |                        | 2                   |
| <i>Radiodiscus</i> sp. 2             |                                                     | X       |       |             |                        |             |                        |                   | 1                      | 1                   |
| <b>CYSTOPELTIDAE</b>                 |                                                     |         |       |             |                        |             |                        |                   |                        | -                   |
| <i>Lilloiconcha</i>                  | Folhas de                                           | X       |       | 11          | 2                      | 2           | 3                      |                   | 4                      | 22                  |
| <i>gordurasensis</i> (Thiele, 1927)  | <i>Hedychium coronarium</i> J.Koenig e serapilheira |         |       |             |                        |             |                        |                   |                        |                     |
| <b>EUCONULIDAE</b>                   |                                                     |         |       |             |                        |             |                        |                   |                        | -                   |

| Família / Espécies                                | Micro-habitat*                                            | Tamanho |       | 10 anos     |                        | c. 50 anos  |                        | Floresta primária |                        | Total de indivíduos |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------|-------|-------------|------------------------|-------------|------------------------|-------------------|------------------------|---------------------|
|                                                   |                                                           | Micro   | Macro | Busca ativa | Coleta de serapilheira | Busca ativa | Coleta de serapilheira | Busca ativa       | Coleta de serapilheira |                     |
| <i>Habroconus semenlini</i> (S.Moricand, 1846)    | Serapilheira                                              | X       |       |             | 12                     |             |                        |                   |                        | 12                  |
| <b>PHILOMYCIDAE</b>                               |                                                           |         |       |             |                        |             |                        |                   |                        | -                   |
| <i>Meghimatium pictum</i> (Stoliczka, 1873)       | Bromélia (Vrisea sp.)                                     |         | X     |             | 1                      |             |                        |                   |                        | 1                   |
| <b>SCOLODONTIDAE</b>                              |                                                           |         |       |             |                        |             |                        |                   |                        | -                   |
| Scolodontidae 1                                   | Serapilheira                                              | X       |       |             | 3                      |             | 1                      |                   | 6                      | 10                  |
| Scolodontidae 2                                   | Serapilheira                                              | X       |       |             |                        |             | 2                      |                   |                        | 2                   |
| Scolodontidae 3                                   | Serapilheira                                              | X       |       |             |                        |             |                        |                   | 2                      | 2                   |
| <i>Miradiscops</i> sp. 1                          | Serapilheira                                              | X       |       |             | 8                      |             | 2                      |                   |                        | 10                  |
| <i>Miradiscops</i> sp. 2                          | Serapilheira                                              | X       |       |             | 1                      |             |                        |                   |                        | 1                   |
| <b>SIMPULOPSIDAE</b>                              |                                                           |         |       |             |                        |             |                        |                   |                        | -                   |
| <i>Simpulopsis pseudosulculosa</i> (Breure, 1975) | Folhas de Psychotria nuda (Cham. & Schltld.) e samambaia. |         | X     | 6           | 1                      | 10          | 1                      | 8                 |                        | 26                  |
| <b>VERONICELLIDAE</b>                             |                                                           |         |       |             |                        |             |                        |                   |                        |                     |
| Veronicellidae 1                                  | serapilheira                                              |         | X     |             | 1                      |             |                        |                   |                        | 1                   |
| <b>Total de espécies</b>                          |                                                           | 11      | 4     | 2           | 12                     | 2           | 7                      | 1                 | 4                      | 15                  |
| <b>Total de indivíduos</b>                        |                                                           | ----    | ---   | 17          | 43                     | 12          | 14                     | 8                 | 13                     | 107                 |

**Tabela 2.** Índices de diversidade das comunidades dos três tipos de vegetação, calculados com dados dos indivíduos de gastrópodes terrestres capturados por método de busca ativa.

| Local             | Shannon<br>(H') | Simpson<br>(D) | Equitabilidade<br>(J) | Riqueza de<br>espécies |
|-------------------|-----------------|----------------|-----------------------|------------------------|
| 10 anos           | 0,64            | 0,45           | 0,93                  | 2                      |
| c. 50 anos        | 0,45            | 0,27           | 0,65                  | 2                      |
| Floresta primária | 0               | 0              |                       | 2                      |

**Tabela 3-** Índices de diversidade das comunidades dos três tipos de vegetação, calculados com dados dos indivíduos de gastrópodes terrestres capturados por coleta de serapilheira.

| Local             | Shannon<br>(H') | Simpson<br>(D) | Equitabilidade<br>(J) | Riqueza de<br>espécies |
|-------------------|-----------------|----------------|-----------------------|------------------------|
| 10 anos           | 2,02            | 0,81           | 0,78                  | 12                     |
| c. 50 anos        | 1,81            | 0,81           | 0,92                  | 7                      |
| Floresta primária | 1,20            | 0,66           | 0,86                  | 3                      |

**Tabela 4.** Caracterização das localidades amostradas nos três tipos de vegetação.

| Local             | GPS                   | Altitude | Temperatura | Umidade<br>do ar | pH do<br>solo |
|-------------------|-----------------------|----------|-------------|------------------|---------------|
| 10 anos           | 22J<br>728134/7149324 | 13 m     | 24,4°C      | 81%              | 6,6           |
| c. 50 anos        | 22J<br>728366/7149194 | 30m      | 23°C        | 94%              | 6,6           |
| Floresta primária | 22J<br>728257/7148760 | 107 m    | 25°C        | 86%              | 6,6           |

**Tabela 5.** Descrição das variáveis ambientais medidas nos pontos de amostragem.

| Local                                         | Altura<br>média da<br>vegetação | Extratos<br>vegetais* | Luminosidade<br>(Lux) | Cobertura<br>do dossel | Microhabitats                                                  | Espécies vegetais                                                                                                                                                                                                                  | Porcentagem<br>de<br>herbáceas | Profundidade<br>da<br>serapilheira |
|-----------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| Vegetação 10<br>anos – Extrato<br>1-Vértice 1 | 5 m                             | arbs, her             | 552,2                 | 90%                    | Plantas e<br>árvores vivas                                     | Palmito-juçara ( <i>Euterpe edulis</i> )<br>(I) Palmeira real<br>( <i>Archontophoenix alexandrae</i> )<br>(I) Lírio-do-brejo ( <i>Hedychium<br/>coronarium</i> ) (III) Pixirica<br>( <i>Miconia jucunda</i> ) (I)<br>Samambaia (I) | 70%                            | 2 cm                               |
| Vegetação 10<br>anos – Extrato<br>1-Vértice 2 | 4 m                             | arbs, her             | 954,7                 | 88%                    | Plantas e<br>árvores<br>vivas,<br>bromélias                    | Samambaia (III) Pixirica<br>( <i>Miconia jucunda</i> ), (II) Folha<br>Grande 1(III), Folha lisa 1(III)                                                                                                                             | 50%                            | 1,5 cm                             |
| Vegetação 10<br>anos – Extrato<br>1-Vértice 3 | 3 m                             | arbs, her             | 423,9                 | 90%                    | Plantas e<br>árvores<br>vivas,<br>bromélias e<br>tronco caído. | Samambaia 1(III), arbustiva<br>arredondada lisa (III) pixirica<br>( <i>Miconia jucunda</i> ) (I)                                                                                                                                   | 60%                            | 2 cm                               |
| Vegetação 10<br>anos – Extrato<br>1-Vértice 4 | 4 m                             | arbs                  | 658,2                 | 89%                    | Plantas e<br>árvores<br>vivas,                                 | Samambaia 1(III), Pixirica<br>( <i>Miconia jucunda</i> ), (I) Bromélia<br>epífita, (I) Palmeira (I)                                                                                                                                | 50%                            | 3 cm                               |

| Local                                             | Altura<br>média da<br>vegetação | Extratos<br>vegetais* | Luminosidade<br>(Lux) | Cobertura<br>do dossel | Microhábitats         | Espécies vegetais                                                                                                                                                                                              | Porcentagem<br>de<br>herbáceas | Profundidade<br>da<br>serapilheira |
|---------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
|                                                   |                                 |                       |                       |                        | bromélias<br>epífitas |                                                                                                                                                                                                                |                                |                                    |
| Vegetação 10<br>anos – Extrato<br>1-Vértice 5     |                                 |                       |                       |                        | -                     |                                                                                                                                                                                                                | 60%                            | 1 cm                               |
| Vegetação 10<br>anos – Extrato<br>2-Vértice 1     | 3-4 m                           | arbs, ar              | 1119,4                | 88%                    | Bromélias<br>epífitas | Samambaia exótica, (III) Pixirica<br>( <i>Miconia jucunda</i> ) (I) Planta<br>peludinha (II), bromélia (I)<br>samambaiaçu( <i>cyathea</i><br><i>atrovirens</i> ) (I)                                           | 70%                            | 3 cm                               |
| Vegetação 10<br>anos –<br>Extrato 2-<br>Vértice 2 | 4 m                             | arbs, her             | 2540,2                | 78%                    | -                     | Capim exótico (I) Peludinha (III)<br>, Samambaia exótica (I), Pixirica<br>( <i>Miconia jucunda</i> ) (I)                                                                                                       | 50%                            | 2 cm                               |
| Vegetação 10<br>anos – Extrato<br>2-Vértice 3     | 4 m                             | arbs, her             | 3050,4                | 75%                    | -                     | Palmeira-juçara ( <i>Euterpe edulis</i> )<br>(I), samambaiaçu ( <i>Cyathea</i><br><i>atrovirens</i> ) (I), peludinha I,<br>pixirica ( <i>Miconia jucunda</i> ) (II)<br>samambaia (III), folha miudinha<br>(II) | 10%                            | -                                  |

| Local                                             | Altura<br>média da<br>vegetação | Extratos<br>vegetais* | Luminosidade<br>(Lux) | Cobertura<br>do dossel | Microhábitats                                          | Espécies vegetais                                                                                                                           | Porcentagem<br>de<br>herbáceas | Profundidade<br>da<br>serapilheira |
|---------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| Vegetação 10<br>anos – Extrato<br>2-Vértice 4     | 4 m                             | arbs, her             | 1192,6                | 88%                    | -                                                      | Palmito-juçara ( <i>Euterpe edulis</i> )<br>III, samambaia II, pixirica<br>( <i>Miconia jucunda</i> ) II, peludinha<br>II, folha pequena II |                                | 3 cm                               |
| Vegetação 10<br>anos – Extrato<br>2-Vértice 5     | -                               | -                     | -                     | -                      | -                                                      |                                                                                                                                             | 10%                            | 1 cm                               |
| Vegetação 50<br>anos –<br>Extrato 1-<br>Vértice 1 | 30-35 m                         | arbs, her,<br>ar      | 1024,7                | 88%                    | Raízes<br>expostas,<br>troncos<br>caídos,<br>bromélias | Bromélia epífita II, palmeira II,<br>flor de cera I, tucum I,<br>samambaia rasteira III, veg 1 II,<br>veg 2 I, veg 3                        | 96%                            | 2 cm                               |
| Vegetação 50<br>anos –<br>Extrato 1-<br>Vértice 2 | 40 m                            | arbs, her             | 516,7                 | 90%                    | Raízes<br>expostas<br>troncos<br>caídos,<br>bromélias  | Flor de cera II, samambaia<br>rasteira I, palmeira-juçara<br>( <i>euterpe edulis</i> ) III, amarantacea<br>III, bromélia II, veg 3 I        | 96%                            | 3 cm                               |
| Vegetação 50<br>anos –<br>Extrato 1-<br>Vértice 3 | 35 m                            | ar, arbs,<br>her      | 445,6                 | 90%                    | Raízes<br>expostas,<br>bromélias                       | veg 5 I, veg 1 I, veg 3 II, veg 4 I,<br>amarantacea III, bromélia II                                                                        | 97%                            | 4 cm                               |

| Local                                             | Altura<br>média da<br>vegetação | Extratos<br>vegetais* | Luminosidade<br>(Lux) | Cobertura<br>do dossel | Microhábitats                                                                 | Espécies vegetais                                                                                                          | Porcentagem<br>de<br>herbáceas | Profundidade<br>da<br>serapilheira |
|---------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| Vegetação 50<br>anos – Extrato<br>1-Vértice 4     | 35 m                            | arb, her              | 825,6                 | 88%                    | Troncos<br>caídos,<br>raízes<br>expostas,<br>bromélias<br>Raízes<br>expostas, | Flor de cera I, veg 3 II,<br>amarantacea I, trepadeira<br>exótica I, palmito juçara<br>( <i>Euterpe edulis</i> ) I         | 90%                            | 3 cm                               |
| Vegetação 50<br>anos –<br>Extrato 1-<br>Vértice 5 |                                 |                       |                       |                        | rochas,<br>troncos<br>caídos,<br>bromélias                                    |                                                                                                                            | 90%                            | 2,5 cm                             |
| Vegetação 50<br>anos – Extrato<br>2-Vértice 1     | 20-25 m                         | arbs, ar,<br>her      | 589,5                 | 90%                    | Raízes<br>expostas,<br>troncos<br>caídos,<br>bromélias                        | Veg 4 I, flor de cera II, bromélia<br>com folha vermelha II, ( <i>Euterpe<br/>edulis</i> ) II, amarantece III, veg 3<br>II | 95%                            | 3 cm                               |
| Vegetação 50<br>anos –<br>Extrato 2-<br>Vértice 2 | 20 m                            | ar, arbs,<br>her      | 629,7                 | 89%                    | raízes<br>expostas,<br>troncos<br>caídos,<br>bromélias                        | Flor de cera I, samambaia<br>epífita II, samambaia II, veg 3 III,<br>amarantace III                                        | 90%                            | 4 cm                               |

| Local                                             | Altura<br>média da<br>vegetação | Extratos<br>vegetais*              | Luminosidade<br>(Lux) | Cobertura<br>do dossel | Microhábitats                                                     | Espécies vegetais                                                                                                                                          | Porcentagem<br>de<br>herbáceas | Profundidade<br>da<br>serapilheira |
|---------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| Vegetação 50<br>anos – Extrato<br>2-Vértice 3     | 20 m                            | ar, her                            | 2165,6                | 81%                    |                                                                   | Jerivá ( <i>Syagrus<br/>rommanzoffiana</i> ) I bromélia II,<br>tucum I, amarantace III                                                                     | 90%                            | 5 cm                               |
| Vegetação 50<br>anos – Extrato<br>2-Vértice 4     | 20- 25 m                        | ar, her                            | 3010,8                | 76%                    | raízes<br>expostas,<br>troncos<br>caídos,<br>bromélias            | Palmito-juçara ( <i>Euterpe edulis</i> )<br>flor de cera II, bromélia II, tucum<br>I, amarantace III, outra bromélia<br>II                                 | 98%                            | 3 cm                               |
| Vegetação 50<br>anos – Extrato<br>2-Vértice 5     |                                 |                                    |                       |                        | Raízes<br>expostas,<br>rochas,<br>troncos<br>caídos,<br>bromélias |                                                                                                                                                            | 60%                            | 2 cm                               |
| Floresta<br>primária –<br>Extrato 1-<br>Vértice 1 | 25 m                            | Arbóreo,<br>arbustivo,<br>herbáceo | 330,7                 | 90%                    |                                                                   | Samambaia chão I, bromélia<br>epífita III, flor de cera I,<br>amarantace II, palmito-juçara<br>( <i>Euterpe edulis</i> ) I, arvore grande<br>I, palmeira I | 90%                            | 5 cm                               |
| Floresta<br>primária –                            | 25 m                            | Arbustivo,<br>herbáceo             | 899,1                 | 88%                    | Raízes<br>expostas,                                               | Flor de cera I, bromélia epífita I,<br>palmito-juçara ( <i>Euterpe edulis</i> )                                                                            | 70%                            | 2 cm                               |

| Local                                             | Altura<br>média da<br>vegetação | Extratos<br>vegetais*              | Luminosidade<br>(Lux) | Cobertura<br>do dossel | Microhábitats                            | Espécies vegetais                                                                                                           | Porcentagem<br>de<br>herbáceas | Profundidade<br>da<br>serapilheira |
|---------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| Extrato 1-<br>Vértice 2                           |                                 |                                    |                       |                        | troncos<br>caídos,<br>bromélias          | II, palmeira II, outras arvores cf<br>I, amarantace II                                                                      |                                |                                    |
| Floresta<br>primária –<br>Extrato 1-<br>Vértice 3 | 20 m                            | Arbóreo,<br>arbustivo,<br>herbáceo | 159,                  | 93%                    | Raízes<br>expostas,<br>troncos<br>caídos | Amarantace I, palmito-juçara<br>( <i>Euterpe edulis</i> ) III, samambaia<br>rasteira I, outras árvores I,<br>palmeira III,  | 60%                            | 4 cm                               |
| Floresta<br>primária –<br>Extrato 1-<br>Vértice 4 | 35 m                            | Arbóreo,<br>arbustivo,<br>herbáceo | 334,2                 | 90%                    | Rochas,<br>raízes<br>expostas,           | Flor de cera II, amarantace II,<br>bromélia epífita II, palmito-juçara<br>( <i>Euterpe edulis</i> ) II, outras<br>arvores I | 70%                            | 4 cm                               |
| Floresta<br>primária –<br>Extrato 1-<br>Vértice 5 |                                 |                                    |                       |                        | Troncos<br>caídos                        |                                                                                                                             | 40%                            | 3 cm                               |
| Floresta<br>primária –<br>Extrato 2-<br>Vértice 1 | 30 m                            | Arbóreo,<br>arbustivo,<br>herbáceo | 399,9                 | 90%                    | Bromélias,<br>troncos<br>caídos          | Flor de cera I, bromélia epífita<br>III, samambaia de chão II, folha<br>lisa II, palmeira I, amarantace I                   | 70%                            | 5 cm                               |
| Floresta<br>primária –                            | 25 m                            | Arbóreo,<br>ar, herb               | 641,4                 | 90%                    |                                          | Samambaia III, palmeira I,<br>bromélia II, flor de cera I                                                                   | 95%                            | 3 cm                               |

| Local                                             | Altura<br>média da<br>vegetação | Extratos<br>vegetais* | Luminosidade<br>(Lux) | Cobertura<br>do dossel | Microhábitats                                                     | Espécies vegetais                                                                                 | Porcentagem<br>de<br>herbáceas | Profundidade<br>da<br>serapilheira |
|---------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| Extrato 2-<br>Vértice 2                           |                                 |                       |                       |                        |                                                                   |                                                                                                   |                                |                                    |
| Floresta<br>primária –<br>Extrato 2-<br>Vértice 3 | 25 m                            | Ar, her               | 334,7                 | 90%                    | Troncos<br>caídos,<br>bromélias,<br>raízes<br>expostas,<br>rochas | Flor de cera I, samambaia de<br>chão III, bromélia epífita III,<br>amarantace III, palmeira I     | 80%                            | 4 cm                               |
| Floresta<br>primária –<br>Extrato 2-<br>Vértice 4 | 25 m                            | Ar, arbs<br>her       | 321,2                 | 90%                    | Rochas,<br>bromélias,<br>troncos<br>caídos,<br>raízes<br>expostas | Flor de cera II, samambaia III,<br>bromélia epífita III, samambaia<br>de chão III, amarantace III | 70%                            | 4 cm                               |
| Floresta<br>primária –<br>Extrato 2-<br>Vértice 5 |                                 |                       |                       |                        | Raízes<br>expostas,<br>bromélias                                  |                                                                                                   | 70%                            | 2 cm                               |

## CONCLUSÃO GERAL

A interrupção do plantio de mudas de outras regiões, a erradicação de plantas exóticas e/ou clima subtropical da área de estudo com temperaturas próximas do limite mínimo de tolerância de *Ovachlamys. fulgens*, podem explicar o seu não estabelecimento na Reserva Bicudinho-do-brejo. O ambiente com vegetação jovem, foi onde prevaleceu a presença de espécies exóticas ou associadas a ambientes antrópicos, talvez pela área apresentar histórico de antropização, e se encontrar mais próxima da sede, permitindo a introdução dessas espécies por vias externas. Na vegetação intermediária, a ocorrência de gastrópodes exóticos foi escassa, indicando que essas espécies possivelmente não estão estabelecidas em vegetação secundária antiga ou na floresta primária. No entanto, uma vez que as invasões biológicas são processos dinâmicos, medidas de prevenção e monitoramento são essenciais. A baixa abundância e diversidade da população geral de gastrópodes no ambiente com vegetação primária, talvez se deva por ser um ambiente mais preservado e equilibrado, com predadores e dinâmicas naturais.