

Relação da ocorrência de caramujos *Biomphalaria* e a incidência de esquistossomose nos municípios do Espírito Santo, Brasil, em relação à cobertura de esgoto tratado

Marília S. Dias¹ , Rodrigo T. Zaiden Filho² , Iago Atílio F. Dantas³ , Sales Augusto S. Marins^{4*} , Natália M. Costa⁵ , Mayara G. Feijo⁶ , Yasmin Dirce Iser⁷ , Laurien Alana E. Ehlers⁷ , Hiago A. de F. R. Xavier⁷ , Vinícius L. de Sá⁷ , Bruna G. Paim⁷ , Enzo P. Provin⁸ , Bárbara M. L. Marc⁷ , Vitor O. A. de A. Castro⁹ , Gabriel de A. Maschio⁷ , Yasmin S. Rodrigues⁷ , Matheus Jaderson S. M. Evangelista⁷ , Juliana F. P. Wrague⁷ , Letícia R. Moresco⁷ .

Resumo

A esquistossomose representa um importante problema de saúde pública no Espírito Santo, especialmente em municípios de maior vulnerabilidade socioeconômica, contato frequente com corpos hídricos e cobertura insuficiente de saneamento básico. Este estudo objetivou investigar a associação entre a ocorrência de moluscos do gênero *Biomphalaria*, o histórico municipal de *Schistosoma mansoni*, indicadores de saneamento e a positividade da esquistossomose nos municípios do estado do Espírito Santo (ES). Trata-se de um estudo ecológico longitudinal, realizado com dados secundários referentes ao período de 2011 a 2019, abrangendo 2.766 casos investigados no ES. Foram empregadas análises descritivas, análise de variância, teste do qui-quadrado de Pearson e regressão linear múltipla. Observou-se tendência geral de redução dos casos ao longo do período analisado. A riqueza de espécies de *Biomphalaria* **não apresentou** associação significativa com o índice de positividade de exames para esquistossomose. Em contrapartida, a presença de *B. glabrata* e o histórico municipal de ocorrência de *S. mansoni* estiveram significativamente associados à maior taxa de positividade da doença. Por outro lado, *B. straminea* e *B. tanegophila* apresentaram associação negativa, enquanto a cobertura de tratamento de esgoto, a população total e o percentual de população urbana não tiveram associação à taxa de positividade para a esquistossomose após ajuste pelo efeito das demais variáveis. Os achados indicam que a presença de *Biomphalaria* por si só não explica a distribuição municipal da esquistossomose, mas destaca a relevância epidemiológica de *B. glabrata* em relação às demais espécies congêneres registradas no Espírito Santo, e a

¹UCPel, Pelotas, RS, Brasil. ²PUC Goiás, Goiânia, GO, Brasil. ³UFRR, Boa Vista, RR, Brasil. ⁴Prefeitura Municipal de Xinguara, Xinguara, PA, Brasil. ⁵FAI, Adamantina, SP, Brasil. ⁶FAMETRO, Manaus, AM, Brasil. ⁷Pesquisador Independente, Brasil. ⁸UPF, Passo Fundo, RS, Brasil. ⁹UNIFACS, Salvador, BA, Brasil.

*Correspondência: salesaugusto123@outlook.com

© 2026. Os autores. Artigo de acesso aberto publicado pela SUMMA Medical and Health Sciences. Os autores mantêm os direitos autorais de seus trabalhos e concedem à SUMMA Medical and Health Sciences o direito de primeira publicação. Este artigo está licenciado sob a Creative Commons Atribuição-Compartilhado 4.0 Internacional (CC BY-SA 4.0), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, inclusive para fins comerciais, desde que o trabalho original seja corretamente citado e que as obras derivadas sejam distribuídas sob a mesma licença.

importância da ocorrência prévia de *S. mansoni*. Esses resultados reforçam a necessidade de integrar vigilância epidemiológica, vigilância malacológica, ampliação do saneamento básico e métodos moleculares para identificação das espécies de *Biomphalaria*, visando aprimorar a identificação de áreas de risco e fortalecer as estratégias de controle da esquistossomose no Espírito Santo.

PALAVRAS-CHAVE: Esquistossomose, Epidemiologia, Malacologia, *Biomphalaria*, *Schistosoma mansoni*.

Introdução

A esquistossomose figura entre as doenças tropicais negligenciadas de maior impacto em saúde pública global, com distribuição concentrada em regiões onde a pobreza e a insuficiência de políticas sanitárias limitam tanto a prevenção quanto o controle da doença (GRIMES *et al.*, 2014). No Brasil, os territórios de maior carga endêmica coincidem com áreas de vigilância ambiental precária e baixa cobertura de saneamento básico, o que evidencia que a persistência da transmissão é determinada, em grande medida, por fatores socioambientais (GAZZINELLI *et al.*, 2006; SANTOS *et al.*, 2023). Esse padrão revela que municípios com maior incidência de esquistossomose concentram as piores condições de vulnerabilidade social e ambiental, tornando a doença um marcador sensível de desigualdade territorial e de insuficiência das políticas públicas de infraestrutura sanitária (GAZZINELLI *et al.*, 2006; OLIVEIRA *et al.*, 2013).

A transmissão do *Schistosoma mansoni*, agente etiológico da esquistossomose, ocorre por meio de um ciclo biológico associado a condições sanitárias inadequadas (GRIMES *et al.*, 2015). O processo envolve a eliminação de ovos do parasita pelas fezes de indivíduos infectados, que alcançam coleções hídricas em decorrência da ausência ou insuficiência da coleta e do tratamento de esgoto. Nesse ambiente, caramujos do gênero *Biomphalaria*, hospedeiros intermediários da doença, tornam-se infecta-

dos e liberam larvas cercárias, que penetram ativamente na pele humana durante o contato com a água contaminada (GRIMES *et al.*, 2014; GRIMES *et al.*, 2015). A insuficiência do abastecimento de água tratada agrava esse cenário ao favorecer o uso de corpos hídricos naturais para atividades cotidianas, aumentando a frequência de exposição às formas infectantes (GRIMES *et al.*, 2015). Diante disso, os indicadores de saneamento básico constituem importantes determinantes ambientais da persistência da transmissão da esquistossomose em nível municipal.

No contexto do Brasil, a ocorrência da esquistossomose apresenta distribuição heterogênea, com maior prevalência em estados como Minas Gerais, São Paulo e Espírito Santo, onde fatores climáticos favorecem a proliferação dos caramujos do gênero *Biomphalaria* e a manutenção da transmissão da doença (CARNEIRO *et al.*, 2025). Entretanto, a persistência da doença não depende apenas das condições ambientais. Evidências demonstram que melhorias na infraestrutura sanitária e na adoção de hábitos de higiene estão associadas à redução dos índices de infecção e adoecimento (CRUZ *et al.*, 2025). Em contrapartida, desigualdades sociais, deficiência de infraestrutura urbana, presença de resíduos sólidos e esgoto a céu aberto favorecem a manutenção de doenças infecciosas e parasitárias, especialmente em locais como comunidades rurais e assentamentos informais, onde o acesso aos serviços públicos de saneamento tende a ser limitado (NAHAS *et al.*, 2019; SOUZA *et al.*, 2020).

O Espírito Santo destaca-se entre os estados brasileiros com maior carga da esquistossomose. Em estudo epidemiológico realizado na Região Sudeste entre 2013 e 2023, o estado apresentou a segunda maior prevalência acumulada da doença no Brasil (OLIVEIRA *et al.*, 2025). Segundo o Boletim Epidemiológico da Secretaria de Estado da Saúde, essa situação está relacionada à interação entre fatores climáticos e geográficos, como altitude e precipitação, associado à proximidade com estados endêmicos e às defici-

ências no saneamento básico (ESPÍRITO SANTO, 2023). Com o objetivo de investigar os fatores determinantes para a elevada prevalência da esquistossomose em Afonso Cláudio, município endêmico do Espírito Santo, um estudo avaliou variáveis como idade, renda, nível de escolaridade, local de moradia e o grau de conhecimento dos indivíduos afetados sobre a doença. Os resultados evidenciaram o desconhecimento generalizado a respeito de ações educativas comunitárias, além de infraestrutura sanitária precária, sobretudo na zona rural em que a predominância de fossas rudimentares se mostra ineficaz para conter a contaminação dos recursos hídricos e a consequente proliferação dos parasitas (FREITAS *et al.*, 2022). Diante do exposto, reforça-se o caráter endêmico da esquistossomose no Espírito Santo, cuja dinâmica de transmissão resulta da interação entre fatores ambientais, sociais e estruturais que variam entre os municípios.

Na literatura descreve-se o diagnóstico da esquistossomose associado a variáveis socioeconômicas e de saúde como: IDH, distribuição espacial e ambiental dos casos notificados, especialmente em Minas Gerais e estados do Nordeste brasileiro (SOUZA *et al.*, 2022). Entretanto, existe uma carência de estudos ecológicos que abordem a associação entre os indicadores de saneamento básico e a detecção da esquistossomose no estado do Espírito Santo que levem em consideração aspectos ecológicos do parasita e do hospedeiro intermediário da doença (SANTOS *et al.*, 2023). Assim, o objetivo do estudo foi investigar a associação entre indicadores municipais de saneamento básico, a ecologia dos grupos biológicos relacionados ao ciclo natural da esquistossomose e a detecção da doença no estado do Espírito Santo, entre 2011 e 2019, por meio de um estudo ecológico de série temporal baseado em dados públicos. A hipótese a ser investigada é que a distribuição do agente etiológico e das espécies hospedeiras de *Biomphalaria* tem associação significativa com a incidência da esquistossomose entre os municípios do estado do Espírito Santo, mes-

mo após controle pelo efeito do tamanho populacional e da presença de tratamento de esgoto municipal.

Metodologia

Trata-se de um estudo ecológico longitudinal, de base municipal, realizado a partir de dados secundários referentes ao *Schistosoma mansoni*, à ocorrência de moluscos do gênero *Biomphalaria* e a indicadores municipais relacionados à esquistossomose no estado do Espírito Santo entre os anos de 2011 e 2019, totalizando 2.766 casos investigados. A janela temporal foi interrompida em 2019 por ser data anterior à mudança estadual de notificação em 2020 e aos efeitos sistêmicos da pandemia sobre vigilância e testagem. A unidade de análise adotada foi o valor por município, considerando-se todas variáveis incluídas no estudo, de forma a evitar problemas de associação múltipla dentro do conjunto de dados. A interpretação dos resultados considerou a significância estatística e a plausibilidade biológica da transmissão da esquistossomose, uma vez que a presença de moluscos do gênero *Biomphalaria* é condição necessária para a manutenção do ciclo do *Schistosoma mansoni* no ambiente. Por sua vez, a presença do agente etiológico no município é obrigatória para a incidência da doença.

As variáveis epidemiológicas analisadas foram: o número de indivíduos examinados, o número de casos positivos para esquistossomose, a ocorrência ou não de registro histórico de *S. mansoni* no município (como dado binário), a ocorrência ou não de registro histórico de moluscos do gênero *Biomphalaria* (como dado binário) e o percentual de positividade da doença. A positividade foi calculada pela razão entre o número de exames positivos e o número total de indivíduos examinados, multiplicada por 100, sendo tratada como variável quantitativa contínua. A ocorrência

de *S. mansoni* foi definida pela incidência de casos positivos em algum momento no município, registrado no mapa da distribuição da doença no Espírito Santo (RAMOS, 2018).

As variáveis malacológicas incluíram a presença ou ausência das espécies do gênero *Biomphalaria* nos municípios avaliados. A ocorrência municipal de cada espécie de *Biomphalaria* foi estabelecida com base na obra especializada “Moluscos Hospedeiros Intermediários de *Schistosoma mansoni* do Brasil”, de Omar dos Santos Carvalho, publicado em 2020. Essa classificação permitiu comparar os municípios segundo o perfil malacológico, considerando a ocorrência das espécies descritas para o Espírito Santo: *B. glabrata*, *B. straminea* e *B. tanegophila*.

Inicialmente, foram realizadas análises descritivas com o objetivo de caracterizar o perfil epidemiológico e malacológico dos municípios incluídos no estudo. As variáveis quantitativas foram descritas por meio de medidas de tendência central e dispersão, incluindo média, desvio-padrão, mediana e valores mínimo e máximo, conforme a distribuição dos dados. As variáveis categóricas foram apresentadas por frequências absolutas e relativas. Foram descritos o número total de indivíduos examinados, o número de casos positivos, a positividade média por município, a ocorrência de esquistossomose e a presença ou ausência de espécies de *Biomphalaria*. Também representamos a série temporal de número total de casos da doença, bem como a sua incidência por auto declaração de cor, além dos tipos de corpo hídrico mais frequentemente indicados como de possível infecção.

Considerando que a base inicial poderia conter múltiplos registros referentes a um mesmo município, foi realizada agregação dos dados em nível municipal antes das análises inferenciais. Esse procedimento foi adotado para evitar a repetição artificial de dados populacionais ou de características municipais em diferentes entradas, o que poderia violar

o pressuposto de independência das observações exigido por testes inferenciais. Dessa forma, para cada município, foram calculadas medidas municipais, incluindo o número médio de casos e o percentual médio de positividade. Após essa etapa, cada município passou a representar uma unidade independente de análise, reduzindo o risco de superestimação da significância estatística decorrente da duplicidade de observações.

Para comparar o percentual médio de positividade da esquistossomose entre os grupos definidos pela presença/ausência de uma ou mais das três espécies de moluscos de ocorrência descrita para o Espírito Santo, foi utilizada análise de variância ANOVA. Nessa análise, o percentual de positividade foi considerado a variável quantitativa dependente (ou resposta), enquanto a presença de uma, duas ou três espécies do gênero *Biomphalaria* foi utilizada como variável categórica independente (ou explicativa). A ANOVA, com teste de Tukey, foi empregada para verificar se existe diferença estatisticamente significativa na positividade média da esquistossomose entre municípios agrupados de acordo com o perfil malacológico. Os resultados foram expressos por diferença entre médias, erro padrão e valor de p a partir do teste de Tukey. Foram avaliados os pressupostos da análise, incluindo independência das observações, distribuição aproximadamente normal dos resíduos e homogeneidade das variâncias entre os grupos.

Para avaliar a associação entre a ocorrência de esquistossomose e a presença de *B. glabrata*, *B. straminea* e *B. tanegophila*, foi construída três tabelas de contingência a partir dos dados de ocorrência de cada uma das espécies e a incidência da esquistossomose. Nessa análise, os municípios do Espírito Santo foram classificados como positivos, caso tenham tido ocorrência histórica da doença, ou negativos, caso não tenham ocorrência histórica da doença, e comparados de acordo com a presença ou ausência de cada uma das espécies de moluscos do gênero *Biomphalaria*. A associação entre as variáveis categóricas foi testada por meio do teste do

chi-quadrado de Pearson, com o objetivo de verificar se a incidência da doença diferia de forma estatisticamente significativa conforme a presença de cada um dos possíveis hospedeiros intermediários.

Adicionalmente, foi realizada análise de regressão linear para avaliar a relação entre o percentual de positividade da esquistossomose por município e as variáveis, sociais, malacológicas e epidemiológicas de interesse sendo elas: população total do município, percentual de população com atendimento de esgoto, percentual de população urbana, ocorrência histórica do agente etiológico *S. mansoni* (variável binária caracterizada como positiva caso o município tenha histórico de infecção confirmada da doença) e ocorrência histórica de *B. glabrata*, *B. straminea* e *B. tanegophila* (variável binária caracterizada como positiva caso o município tenha registro da espécie documentado no livro de Omar dos Santos Carvalho de 2020). A regressão linear foi utilizada com o objetivo de estimar a magnitude e a direção da associação entre o perfil malacológico municipal e a positividade da esquistossomose, após controle pelo efeito das variáveis socioeconômicas disponíveis, permitindo avaliar se a presença ou o tipo de hospedeiro intermediário esteve associado ao aumento ou à redução da positividade observada nos municípios. Os resultados foram apresentados por estimativas de efeito (estimate), intervalos de confiança e valores de *p* para cada variável explicativa. Todas as análises estatísticas foram rodadas no software Jamovi. O *Forest Plot*, representativo dos resultados da análise de regressão linear, foi gerado com auxílio de ferramenta de inteligência artificial a partir dos dados originais do presente estudo.

Resultados

Foi registrado o maior número de notificações de casos de esquistossomose no Espírito Santo em 2011 (*n* = 529), seguido por redução pro-



gressiva até 2017 ($n = 195$), com novo aumento em 2018 ($n = 307$) e 2019 ($n = 385$). A linha de tendência indica tendência temporal geral decrescente, com coeficiente de inclinação de $-14,57$, tendo sido capaz de representar 15,29% da variabilidade observada (**Figura 1**). Quanto à distribuição por cor autodeclarada, a maioria dos casos ocorreu em indivíduos brancos ($n = 1.440$; 52,1%), seguidos por pardos ($n = 916$; 33,1%), pretos ($n = 213$; 7,7%), amarelos ($n = 44$; 1,6%) e indígenas ($n = 13$; 0,5%). Foram registrados ainda 98 casos com informação de cor autodeclarada ignorada (**Figura 2**). Os municípios capixabas com maior percentual de incidência da doença levando em conta infectados por habitante são: Marechal Floriano, Dorcas do Rio Preto, Santa Maria do Jetibá, Domingos Martins, Irupi e Muniz Freire com 1,1%, 1%, 0,6%, 0,6%, 0,6% e 0,4% respectivamente. Este valor é apenas uma estimativa da incidência controlando pelo tamanho populacional, mas não representa o percentual da população infectada uma vez que o número de casos de cada município abrange a totalidade de casos entre 2011 e 2019 (**Figura 3**).

Figura 1. Variação temporal de casos de esquistossomose entre os anos de 2011 e 2019 no estado do Espírito Santo com representação da linha de tendência (linha pontilhada) e sua equação de regressão.

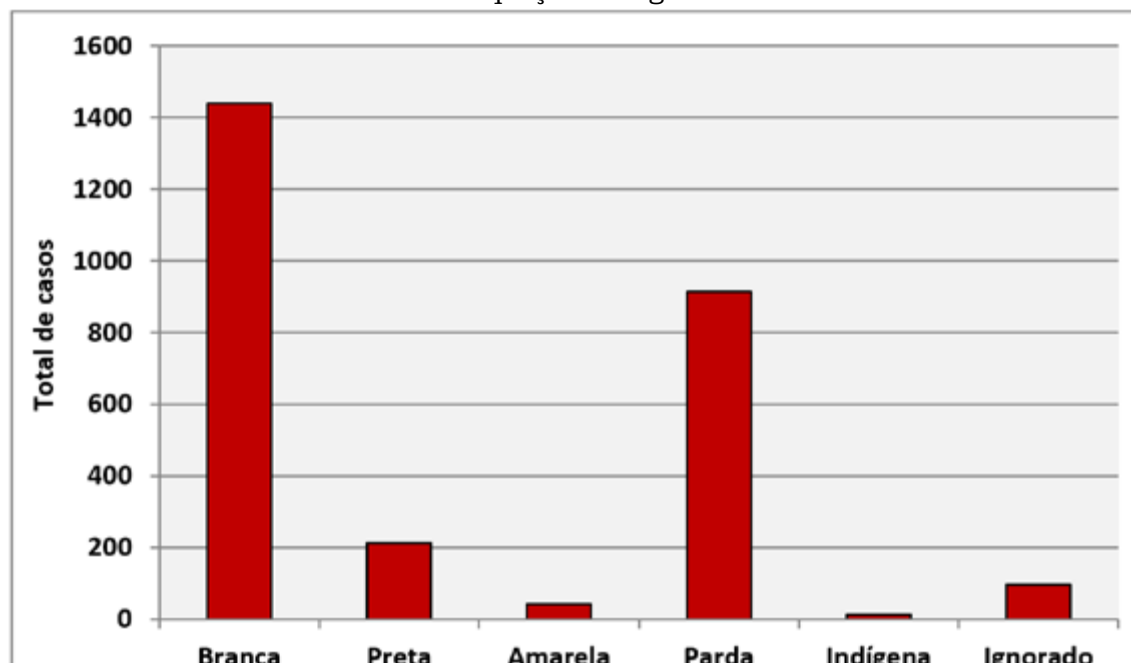


Figura 2. Total de casos de esquistossomose no Espírito Santo entre 2011 e 2019 agrupados por auto declaração de cor.

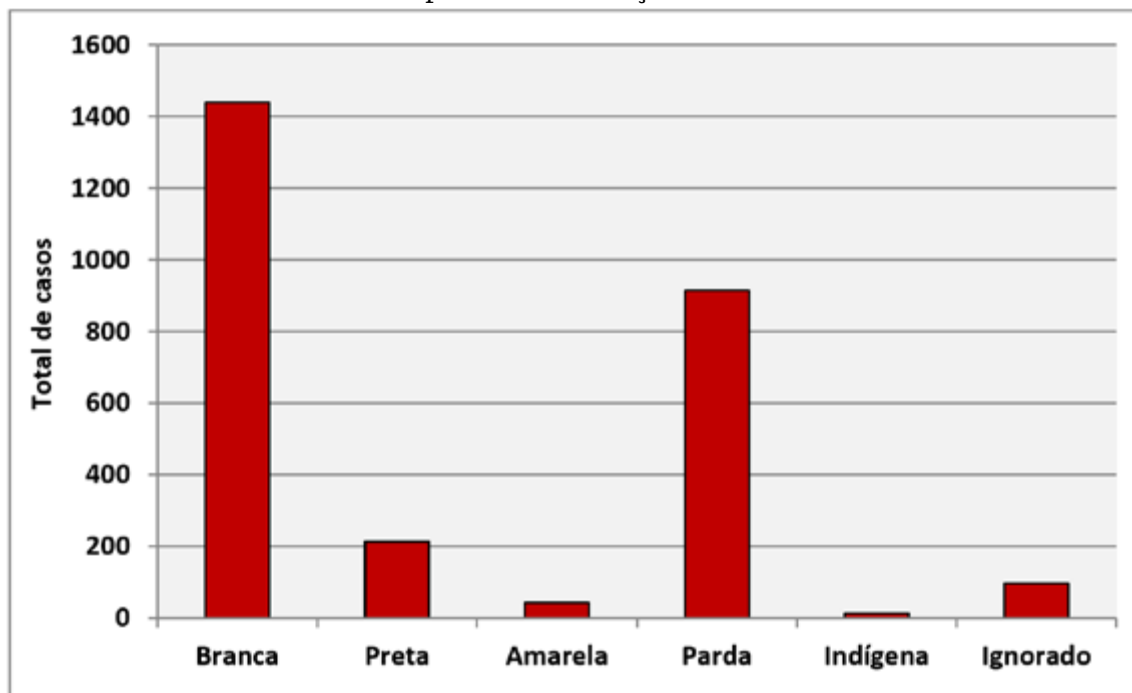
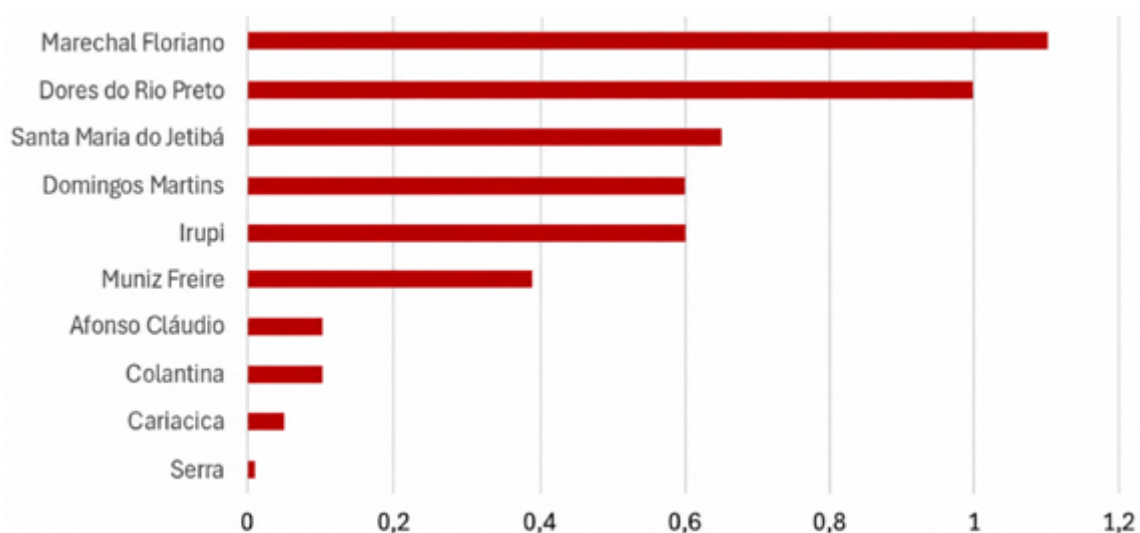


Figura 3. Municípios do Espírito Santo com maior incidência da esquistossomose entre os anos de 2011 e 2019, após controle pela população total expresso em: total de casos/100 habitantes.



Dentre os corpos hídricos, os mais frequentes em relação a provável local de infecção foram: rios, lagoas, córregos, cachoeiras e valões, com 11,68%, 5,60%, 3,76%, 2,82% e 1,08%, respectivamente. Do total de 2766 ca-

sos investigados, 1905 casos não apresentaram informação em relação ao provável local de infecção (**Tabela 1**).

A comparação da porcentagem de positividade da esquistossomose entre as categorias de ocorrência das três espécies de *Biomphalaria*, por meio da análise de variância (ANOVA), não evidenciou diferença estatisticamente significativa em análise global ($F = 1,47$; $p = 0,231$) e nem em análise par-a-par, envolvendo as categorias: sem a presença de espécies de *Biomphalaria* e a presença de uma, duas ou três espécies no município (**Tabela 2**). Por outro lado, o registro histórico de *S. mansoni* no município esteve significativamente associado à porcentagem de positividade, com diferença média de 16% a mais nos municípios que apresentam histórico de registro do agente etiológico ($F = 8,0$; $p = 0,006$).

Tabela 1. Distribuição dos casos de esquistossomose segundo o local de suspeita de infecção no Espírito Santo entre 2012 e 2019.

Local	Número de casos	Percentual de casos
Rio	323	11,68
Lagoa	155	5,60
Córrego	104	3,76
Cachoeira	78	2,82
Valão	30	1,08
Lago	16	0,58
Brejo	14	0,51
Nascente	13	0,47
Barragem	11	0,40
Outros	117	4,23
Não sabe informar	1905	68,87
TOTAL	2766	100,00

Tabela 2. Resultado na análise de ANOVA com a riqueza de espécies (S) de *Biomphalaria* (0, 1, 2 ou 3) e a presença ou ausência (0/1) de registro de *S. mansoni* em cada município do Espírito Santo como variáveis categóricas e o percentual de positividade para esquistossomose no município como variável quantitativa. (DM) = Diferença média; (EP) = Erro padrão.

S de <i>Biomphalaria</i>		DM	EP	ptukey
0	1	-7,012	6,83	0,734
	2	-6,329	8,37	0,874
	3	9,265	8,82	0,720
1	2	0,683	7,84	1,000
	3	16,277	8,32	0,214
2	3	15,594	9,62	0,374
Ocorrência de <i>S. mansoni</i>				
0	1	-16	5,64	0,006

Nos municípios onde a ocorrência de *B. glabrata* foi confirmada, a taxa média de positividade de exames diagnósticos atingiu 71,1%, indicando elevada transmissibilidade desta espécie, mesmo em cenários com diferenças demográficas e de infraestrutura sanitária. Na análise de associação a partir de tabelas de contingência, observou-se associação significativa entre a ocorrência municipal da esquistossomose e a presença de *B. glabrata* ($\chi^2 = 6,06$; $p = 0,014$), com *odds ratio* (OR) de 3,96 (IC95%: 1,27 – 12,3), indicando risco de incidência quase quatro vezes maior da doença nos municípios onde essa espécie foi identificada. Já para *B. straminea*, não foi observada associação estatisticamente significativa com a ocorrência da esquistossomose ($\chi^2 = 0,00178$; $p = 0,966$), com OR de 0,974 (IC95%: 0,292 – 3,25). Por fim, a presença de *B. tenagophila* apresentou associação significativa com a ocorrência municipal da esquistossomose ($\chi^2 = 6,06$; $p = 0,014$). Entretanto, a razão de chances foi inferior a 1 (OR = 0,253), sugere-

rindo associação inversa entre a ocorrência dessa espécie e a incidência da doença (**Tabela 3**).

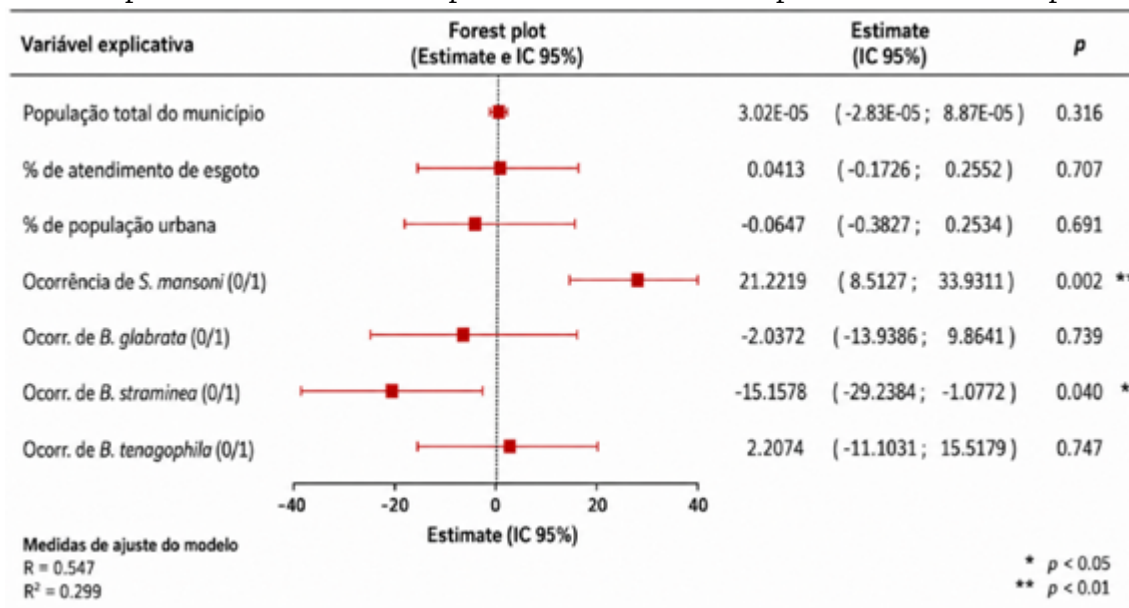
Na análise de regressão linear múltipla, o modelo apresentou coeficiente de correlação (R) de 0,547 e coeficiente de determinação (R²) de 0,299, indicando que aproximadamente 29,9% da variabilidade do percentual de positividade para esquistossomose foi explicada pelas variáveis incluídas no modelo. A ocorrência de *S. mansoni* apresentou associação positiva e estatisticamente significativa com o percentual de positividade (Estimate = 21,2219; EP = 6,489; t = 3,27; p = 0,002), indicando aumento médio de aproximadamente 21,2 pontos percentuais na positividade nos municípios com ocorrência histórica do agente etiológico. Em contrapartida, a ocorrência de *B. straminea* apresentou associação negativa significativa (Estimate = -15,1578; EP = 7,182; t = -2,11; p = 0,040), indicando redução média de aproximadamente 15,2 pontos percentuais na positividade nos municípios onde essa espécie foi registrada. As variáveis da população municipal total (Estimate = $3,02 \times 10^{-5}$; p = 0,316), percentual de atendimento por esgoto (Estimate = 0,0413; p = 0,707), percentual de população urbana (Estimate = -0,0647; p = 0,691), ocorrência de *B. glabrata* (Estimate = -2,0372; p = 0,739) e ocorrência de *B. tenagophila* (Estimate = 2,2074; p = 0,747) não apresentaram associação estatisticamente significativa com o percentual de positividade, após controle pelo efeito das demais variáveis (**Figura 4**).

Tabela 3: Tabelas de contingência com as variáveis categóricas de ocorrência de esquistossomose (Não/Sim) e da ocorrência de cada uma das espécies de *Biomphalaria* nos municípios do Espírito Santo. (OR) = Odds ratio; (IC95%) = Intervalo de confiança de 95%.

Ocorrência de <i>B. glabrata</i>		Ocorrência de Esquistossomose		
		Não	Sim	Total
Não	Observado	19	24	43
	%	44,2%	55,8%	100,0%
Sim	Observado	5	25	30
	%	16,7%	83,3%	100,0%
Total	Observado	24	49	73
	%	32,9%	67,1%	100,0%
<i>B. glabrata</i> x Esquistossomose		OR	IC(95%)	
		0,014	3,96	1,27 12,3
Ocorrência de <i>B. straminea</i>		Ocorrência de Esquistossomose		
		Não	Sim	Total
Não	Observado	19	39	58
	%	32,8%	67,2%	100,0%
Sim	Observado	5	10	15
	%	33,3%	66,7%	100,0%
Total	Observado	24	49	73
	%	32,9%	67,1%	100,0%
<i>B. straminea</i> x Esquistossomose		OR	IC(95%)	
		0,966	0,974	0,292 3,25
Ocorrência de <i>B. tenagophila</i>		Ocorrência de Esquistossomose		
		Não	Sim	Total
Não	Observado	5	25	30
	% da linha	16,7%	83,3%	100,0%
Sim	Observado	19	24	43
	% da linha	44,2%	55,8%	100,0%
Total	Observado	24	49	73
	% da linha	32,9%	67,1%	100,0%
<i>B. tanegophila</i> x Esquistossomose		OR	IC(95%)	
		0,014	0,253	0,0813 0,785



Figura 4. Forest plot para representação do resultado da análise de Regressão Linear tendo o percentual de resultados positivos em cada município como variável resposta.



Discussão

A hipótese do trabalho, de que os registros históricos do *S. mansoni* e das espécies do gênero *Biomphalaria*, seu potencial hospedeiro intermediário, teria associação significativa com a incidência da esquistossomose entre os municípios do estado do Espírito Santo após controle pelo efeito do tamanho populacional e da presença de tratamento de esgoto municipal foi apenas parcialmente confirmada. Os nossos resultados são consistentes com a hipótese alternativa de que algumas das espécies de *Biomphalaria* estão associadas ao menor risco para a doença, uma vez que apresentaram associação inversa com a incidência da esquistossomose.

Apesar do papel essencial das espécies de *Biomphalaria* no ciclo biológico do *S. mansoni* (CARVALHO & AMARAL, 2008), a simples presença dos hospedeiros intermediários nos municípios não foi associada à positividade dos exames parasitológicos. Esse resultado sugere que fatores relacionados à intensidade da transmissão, condições ambientais locais,



saneamento e contato humano com corpos hídricos contaminados podem ser mais importantes para explicar a distribuição espacial da esquistossomose do que a ocorrência das espécies hospedeiras, uma vez que elas podem estar presentes no local, mas sem transmitir o parasita (SOUZA, 2018; CONCEIÇÃO et al., 2016; SANTOS et al., 2023).

Além disso, das três espécies de *Biomphalaria* registradas no estado do Espírito Santo, apenas *B. glabrata* teve associação significativamente positiva com a incidência da esquistossomose, corroborando a literatura que a identifica como o principal hospedeiro intermediário do *S. mansoni* no Brasil (CARVALHO; AMARAL, 2008). Em contraste, *B. straminea* e *B. tenagophila* apresentaram associação nula e/ou negativa com o percentual de resultados positivos para a doença. Esse desvio do padrão vetorial esperado pode ser explicado por questões taxonômicas envolvendo o gênero *Biomphalaria*. Conforme evidenciado na literatura, *B. straminea* e *B. tenagophila*, espécies suscetíveis ao *S. mansoni*, são morfologicamente indistinguíveis de *B. kuhniana* (CALDEIRA et al., 2000) e *B. occidentalis* (COIMBRA JÚNIOR; ENGEL, 1982; PARAENSE, 1981; PARAENSE; CORRÊA, 1982), respectivamente, sendo estas duas últimas refratárias à infecção pelo parasita (CARVALHO et al., 2008; TEODORO et al., 2010). Historicamente, essa acentuada sobreposição fenotípica já resultou em equívocos de mapeamento em outras regiões do Brasil, exigindo reajustes epidemiológicos (PARAENSE, 1986; PIZA et al., 1972; TELES, 1989; VAZ et al., 1983). Portanto, os nossos resultados sugerem a possibilidade de vies de identificação taxonômica no mapeamento estadual, no qual espécies naturalmente resistentes ao *S. mansoni* podem estar sendo equivocadamente catalogadas como de risco para transmissão da doença. Isso indica um potencial ponto de atenção, evidenciando a necessidade premente de que estudos futuros sobre a distribuição espacial de caramujos no Espírito Santo incorporem técnicas de biologia molecular em conjunto com

a avaliação morfológica (CALDEIRA *et al.*, 2000), garantindo a acurácia da sua identificação, com possível atualização da distribuição geográfica e, conseqüentemente, das estimativas de risco para os municípios do estado do Espírito Santo.

A incidência de casos em ambientes aquáticos naturais, principalmente de rios, lagoas, córregos e cachoeiras, aliada à variabilidade na cobertura de saneamento básico, reforça a complexidade da cadeia de transmissão e a importância de abordagens integradas de saúde pública, incluindo melhorias no saneamento e vigilância malacológica aprimorada, para o controle efetivo da esquistossomose no Espírito Santo (ESPÍRITO SANTO, 2010; CONCEIÇÃO *et al.*, 2016). A maior incidência da doença nos municípios do interior do estado está relacionada à elevada proporção de infecção em pessoas autodeclaradas brancas, identificado no presente estudo, onde existe presença expressiva de descendentes de pomeranos (SPAMER, 2016), reforçando a necessidade de ampliação da rede de coleta e tratamento de esgoto e das ações de controle dos hospedeiros intermediários envolvidos no ciclo da doença nas regiões mais afastadas dos centros políticos e econômicos do estado, visando a uma assistência pública que contemple todo o conjunto populacional capixaba.

Conclusões

O presente estudo apresenta limitações inerentes à utilização de sistemas administrativos e bases de dados secundárias, o que pode introduzir vieses relacionados à cobertura dos programas de vigilância, à qualidade dos registros e à completude das informações. Possíveis subnotificações de casos de esquistossomose e inconsistências no registro da detecção do parasito e dos possíveis hospedeiros intermediários podem comprometer a precisão das estimativas e a comparabilidade entre os municípios anali-

sados. Ainda assim, os resultados deste estudo mostram que a presença de moluscos do gênero *Biomphalaria* por si só, não esteve associada à ocorrência da esquistossomose no estado do Espírito Santo. Em contrapartida, observou-se associação significativa entre a ocorrência da doença e *B. glabrata*, reforçando o papel dessa espécie como principal hospedeiro intermediário na transmissão da esquistossomose no Espírito Santo. Por outro lado, *B. tenagophila* e *B. straminea* não apresentaram a mesma relação, sugerindo associação de redução de risco em relação à incidência da doença. São necessários estudos moleculares que investiguem a correta distribuição geográfica destas espécies no estado e a possibilidade de se tratarem de espécies alternativas, resistentes ao *S. mansoni*, como ocorreu em outras regiões do Brasil, contribuindo para a identificação mais precisa das áreas de risco de transmissão da esquistossomose no estado. Ações de vigilância e controle da doença devem ser direcionados para áreas prioritárias, reforçando a importância da educação em saúde como estratégia permanente de prevenção da doença.

Contribuição dos autores

Curadoria de dados: MGF; NMC

Análise formal: BGP; EPP; BMLM; VLS

Metodologia: RTZF; VOAAC

Administração de projetos: SASM

Visualização: MSD

Redação - rascunho original: YSR; LAEE; HAFRX; RTZF; VOAAC; MSD; BGP; EPP; BMLM; VLS; GADM; LRM; IAFD; YDI; MJSME

Redação - revisão e edição: SASM

Conflito de Interesses

Os autores declaram não haver conflitos de interesse relacionados ao presente estudo. Este trabalho foi realizado de forma independente, sem influência de instituições, organizações ou patrocinadores que pudessem afetar os resultados ou a interpretação dos dados apresentados.

Disponibilidade de Dados

Os autores declaram que os dados que sustentam os resultados deste estudo estão disponíveis no artigo e derivam de fontes públicas descritas na metodologia. Dados derivados que sustentam as conclusões e não estejam apresentados no artigo podem ser solicitados ao autor responsável pela correspondência.

Financiamento

Este trabalho foi realizado sem financiamento específico de agências de fomento dos setores público, comercial ou sem fins lucrativos.

Referências

CALDEIRA, R. L.; VIDIGAL, T. H. D. A.; MATINELLA, L.; SIMPSON, A. J. G.; CARVALHO, O. S. Identification of planorbids from Venezuela by polymerase chain reaction amplification and restriction fragment length polymorphism of the ITS of the RNA ribosomal gene. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro, v. 95, n. 2, p. 171-177, 2000. DOI: 10.1590/S0074-02762000000200006.

CARNEIRO, A. T. M. *et al.* Estudo Epidemiológico da Esquistossomose no Brasil. *Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences*, Macapá, v. 7, n. 8, p. 1333-1347, 2025. Disponível em: doi.org.

CARVALHO, O. D. S., Mendonça, C. L. F., Teles, H. M. S., Finau, J., Caldeira, R. L., Scholte, R. G. C., & Mesquita, S. G. (2020). Moluscos hospedeiros intermediários de *Schistosoma mansoni* do Brasil. Belo Horizonte/Instituto René Rachou/Fiocruz.

CARVALHO, O. S.; AMARAL, R. S. *Biomphalaria glabrata*, principal hospedeiro intermediário de *Schistosoma mansoni* no Brasil. In: CARVALHO, O. S.; COELHO, P. M. Z.; LENZI, H. L. (Org.). *Schistosoma mansoni* e Esquistossomose: uma visão multidisciplinar. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2008. p. 393-418.

CARVALHO, O. S.; COELHO, P. M. Z.; LENZI, H. L. (Org.). *Schistosoma mansoni* e esquistossomose: uma visão multidisciplinar. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2008. 1124 p.

COIMBRA JÚNIOR, C. E. A.; ENGEL, L. A. Suscetibilidade de *Biomphalaria occidentalis* do Acre e do Mato Grosso à infecção pelo *Schistosoma mansoni* e sua implicação na epidemiologia da esquistossomose na Amazônia Ocidental, Brasil. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 12, n. 4, p. 795-799, 1982. DOI: 10.1590/1809-43921982124795.

CONCEIÇÃO, M. M. et al. Aspectos hídricos e epidemiológicos da transmissão da esquistossomose mansônica. *Revista Saúde e Biologia*, v. 11, n. 2, p. 55-64, 2016.

CRUZ, W. M. et al. Saneamento básico inadequado e condições de saúde relacionadas: uma revisão integrativa. *Physis: Revista de Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 35, n. 2, e350236pt, 2025. Disponível em: doi.org.

ESPÍRITO SANTO (Estado). Secretaria de Estado da Saúde. Boletim Epidemiológico da Esquistossomose 2023: Superintendência Regional de Saúde de Vitória. Vitória: SESA, 2023. Disponível em: saude.es.gov.br.

ESPÍRITO SANTO (Estado). Secretaria de Estado da Saúde. Vigilância da Esquistossomose Mansonii: diretrizes técnicas. Vitória: SESA, 2010.

FREITAS, B. S.; BERGER, M. S.; VOLPI, S. J. Esquistossomose: compreendendo os fatores para alta prevalência da doença em um município endêmico no Estado do Espírito Santo. *Natureza Online*, [s. l.], v. 20, n. 1, p. 1-13, jan./abr. 2022. Disponível em: naturezaonline.com.br.

GAZZINELLI, A. et al. Socioeconomic determinants of schistosomiasis in a poor rural area in Brazil. *Acta Tropica*, v. 99, n. 2-3, p. 260-271, 2006. DOI: 10.1016/j.actatropica.2006.09.001.

GRIMES, J. E. T. et al. The relationship between water, sanitation and schistosomiasis: a systematic review and meta-analysis. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, v. 8, n. 12, p. e3296, 2014. DOI: 10.1371/journal.pntd.0003296.

GRIMES, J. E. T. et al. The roles of water, sanitation and hygiene in reducing schistosomiasis: a review. *Parasites & Vectors*, v. 8, p. 156, 2015. DOI: 10.1186/s13071-015-0766-9.

NAHAS, Maria Inês Pedrosa; MOURA, Arlete Soares Alves de; CARVALHO, Rodrigo Coelho de; HELLER, Léo. Desigualdade e discriminação no acesso à água e ao esgotamento sanitário na Região Metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 35, n. 4, e00100818, 2019. Disponível em: doi.org.

OLIVEIRA, D. S. et al. Schistosomiasis mansoni in urban Northeast Brazil: influence of rainfall regime on the population dynamics of *Biomphalaria* sp. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 46, n. 5, p. 654-657, 2013. DOI: 10.1590/0037-8682-1671-2013.

OLIVEIRA, M. A. M.; LINS, C. M. L.; COSTA, L. B. B. Análise da esquistossomose no Sudeste (2013-2023). *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, São Paulo, v. 11, n. 3, p. 1173-1187, mar. 2025. DOI: doi.org.

PARAENSE, W. L. *Biomphalaria occidentalis* sp. n. from South America (Mollusca Basommatophora Pulmonata). *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro, v. 76, n. 2, p. 199-211, 1981. DOI: 10.1590/S0074-02761981000200010.

PARAENSE, W. L. Distribuição dos caramujos no Brasil. In: REIS, F. A.; FARIA, I.; KATZ, N. (Ed.). *Modernos conhecimentos sobre esquistossomose mansônica*. Belo Horizonte: Academia Mineira de Medicina, 1986. p. 117-128.

PARAENSE, W. L.; CORRÊA, L. R. Unsusceptibility of *Biomphalaria occidentalis* to infection with a strain of *Schistosoma mansoni*. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro, v. 77, n. 1, p. 55-58, 1982. DOI: 10.1590/S0074-02761982000100006.

PIZA, J. T.; RAMOS, A. S.; BRANDÃO, C. S. H.; CAMARGO, L. S.; CASTRO, N. F. A carta planorbídica do Estado de São Paulo. São Paulo: Secretaria de Estado da Saúde (Campanha de Combate à Esquistossomose), 1972.

RAMOS, R. F. (2018). Modelagem de nicho ecológico de *Biomphalaria* spp (Preston, 1910) no Estado do Espírito Santo-Brasil.

SANTOS, M. C. S. et al. Schistosomiasis, soil-transmitted helminthiasis and sanitation: a cross-sectional study in a low-endemic area in Brazil. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, v. 65, e41, 2023.

SANTOS, M. C. S.; OLIVEIRA, G. L.; MINGOTI, S. A.; HELLER, L. Effect of environmental factors in reducing the prevalence of schistosomiasis in schoolchildren: an analysis of three extensive national prevalence surveys in Brazil (1950-2018). *PLoS Neglected Tropical Diseases*, v. 17, n. 7, e0011480, 2023.

SOUZA, H. P. de et al. Doenças infecciosas e parasitárias no Brasil de 2010 a 2017: aspectos para vigilância em saúde. Revista Panamericana de Salud Pública, v. 44, e10, p. 1-11, 2020. Disponível em: doi.org.

SOUZA, M. D. R.; DE JESUS, D. M. S.; SANTOS, A. H. C.; et al. Risk clusters of *Schistosoma mansoni* infection in an endemic state of Brazil: space-time modelling and association with socio-economic and environmental factors. Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene, v. 116, n. 2, p. 135-145, 2022.

SOUZA, R. Z. R. Ecoepidemiologia da esquistossomose mansoni em áreas de baixa endemicidade no estado do Espírito Santo, Brasil. 2018. Dissertação (Mestrado em Doenças Infecciosas) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2018.

SPAMER, H. (2016). Migração e identidade étnica pomerana no Espírito Santo. I Colóquio Internacional de Mobilidade Humana e Circularidade de Ideias.

TELES, H. M. S. Distribuição de *Biomphalaria tenagophila* e *B. occidentalis* no Estado de São Paulo (Brasil). Revista de Saúde Pública, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 244-253, 1989. DOI: 10.1590/S0034-89101989000300009.

TEODORO, T. M.; JANOTTI-PASSOS, L. K.; CARVALHO, O. S.; CALDEIRA, R. L. Occurrence of *Biomphalaria cousini* (Mollusca: Gastropoda) in Brazil and its susceptibility to *Schistosoma mansoni* (Platyhelminths: Trematoda). Molecular Phylogenetics and Evolution, v. 57, n. 1, p. 144-151, 2010. DOI: 10.1016/j.ympev.2010.05.019.

VAZ, J. F.; TELES, H. M. S.; CORRÊA, M. A.; LEITE, S. P. S. Ocorrência no Brasil de *Biomphalaria occidentalis* Paraense, 1981, em um foco de esquistossomose mansônica. Revista de Saúde Pública, São Paulo, v. 17, n. 5, p. 343-361, 1983. DOI: 10.1590/S0034-89101983000500001.

Histórico da submissão - Submetido: 2026-08-04 - Aceito: 2026-09-08

DOI: 10.63923/smhs.2026.141

Editor responsável: Gustavo Martins Rocha  

© 2026. Os autores. Artigo de acesso aberto publicado pela SUMMA Medical and Health Sciences. Os autores mantêm os direitos autorais de seus trabalhos e concedem à SUMMA Medical and Health Sciences o direito de primeira publicação. Este artigo está licenciado sob a Creative Commons Atribuição-Compartilhado 4.0 Internacional (CC BY-SA 4.0), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, inclusive para fins comerciais, desde que o trabalho original seja corretamente citado e que as obras derivadas sejam distribuídas sob a mesma licença.