MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

ESPACIALIZAÇÃO DO RISCO POTENCIAL DE CONTÁGIO DE ESQUISTOSSOMOSE NA BACIA DO MÉDIO PARANAPANEMA-SP

Vivian Alessandra Ferreira da Silva

Trabalho final da disciplina de Introdução ao Geoprocessamento do Curso de Mestrado em Sensoriamento Remoto

2021

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

ESPACIALIZAÇÃO DO RISCO POTENCIAL DE CONTÁGIO DE ESQUISTOSSOMOSE NA BACIA DO MÉDIO PARANAPANEMA-SP

Vivian Alessandra Ferreira da Silva

Trabalho final da disciplina de Introdução ao Geoprocessamento do Curso de Mestrado em Sensoriamento Remoto

2021

RESUMO

O estado de São Paulo concentrou o maior número de notificações de casos de esquistossomose no ano de 2020. Neste trabalho criou-se um mapa de risco potencial de contágio de esquistossomose na Bacia do Médio Paranapanema, no referido estado, utilizado o método AHP (Processo Analítico Hierárquico). Considerou-se seis variáveis tratadas na literatura como relacionadas a fatores do ambiente e socioeconômicos influentes na instalação e manutenção de criadouros e focos de esquistossomose: drenagem, pivôs centrais de irrigação, presença de esgoto a céu aberto no entorno do domicílio, localização das propriedades rurais, uso e cobertura da Terra e condições de moradia inadequadas. Cada uma delas recebeu um peso numérico para designar sua importância no cenário de contágio e passou por processos de álgebra de mapas para gerar o produto final. As áreas de risco potencial foram identificadas, divididas em cinco classes e o resultado foi submetido a validação com dados de presença dos caramujos hospedeiros e municípios com casos registrados da doença. A validação apontou para a possibilidade de aperfeiçoar o modelo considerando outras variáveis variáveis, inclusive sobre a presença dos caramujos hospedeiros do *schistossoma mansoni*.

Palavras-chave: Esquistossomose. Geoprocessamento. Doença de veiculação hídrica. AHP. Risco potencial de contágio.

LISTA DE FIGURAS

Pág.

2.1 Mapa de localização da Bacia do Médio Paranapanema 9

3.1 Distribuição espacial dos dados considerados na análise. 12

4.1 Mapa de risco potencial de contágio de esquistossomose na Bacia do Médio Paranapanema. 14

4.2 Mapa de avaliação do risco potencial de contágio de esquistossomose na Bacia do Médio Paranapanema com a localização dos caramujos hospedeiros. 15

4.3 Mapa de avaliação do risco potencial de contágio de esquistossomose no Médio Paranapanema com os municípios com casos confirmados da doença. 15

LISTA DE TABELAS

Pág.

3.1 Variáveis incluídas no método AHP. 11
3.2 Pesos das variáveis incluídas no método AHP. 13

SUMÁRIO

Pág.

1 INTRODUÇÃO 1

2 ESQUISTOSSOMOSE E MÉDIO PARANAPANEMA 4

2.1 Esquistossomose e ambiente 5

2.2 Esquistossomose e características socioeconômicas 7

2.3 Médio Paranapanema 8

3 MATERIAIS E MÉTODOS 10

3.1 Metodologia 10

3.2 Aquisição dos dados 10

3.3 AHP - Processo Analítico Hierárquico 12

4 ANÁLISE E RESULTADOS 14

5 CONCLUSÕES 17

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 18

1 INTRODUÇÃO

A esquistossomose, popularmente conhecida como barriga d'água, é uma doença infecciosa, negligenciada, parasitária, tropical. É uma verminose que tem como agente causador no Brasil o *Schistosoma Mansoni* e é transmitida por caramujos gastrópodes aquáticos (FIOCRUZ, 2014). No estado de São Paulo, o coeficiente de incidência de casos novos de esquistossomose por 100 mil habitantes foi de 0,07 em 2020. Foram registradas 145 notificações da doença em 63 município de residência diferentes. Embora haja redução nos casos da infecção desde 2013, São Paulo foi o estado com o maior número de casos de esquistossomose em 2020, seguido pela Bahia (26 casos), Minas Gerais (17) e Pernambuco (16) (SECRETARIA DE ESTADO DE SAúDE DE SãO PAULO, 2021).

Acredita-se que linhagens ancestrais de *Schistosoma* tenham surgido na Ásia a mais de cinco milhões de anos, que foram introduzidas na África ainda em tempos remotos, e trazidas ao continente americano possivelmente pelo tráfico de escravos africanos. A esquistossomose foi descrita pela primeira vez no Egito em 1851, e foi documentada no Brasil somente em 1908. Entende-se que doença foi introduzida no Brasil através de população africanos escravizada no nordeste brasileiro na produção canavieira. Lá havia condições bioecológicas para que se completasse o ciclo evolutivo do parasita. Na década de 1950, após inquérito de nível nacional, delimitou-se as zonas endêmicas, índices de prevalência e a gravidade da expansão da esquistossomose no Brasil. Nas duas décadas seguintes, ao lado do aumento na quantidade de infectados, percebeu-se a tendência à expansão territorial das áreas endêmicas da doença (CHIEFFI; WALDMAN, 1988; CASTAGNA, 2010).

A caracterização da esquistossomose como zoonose no Brasil ainda é discutível, já que a identificação de vertebrados que desempenham a função de reservatório silvestre é pouco precisa, mas parece ser consenso a importância da interação do homem com o habitat e nicho do vetor biológico para a sobrevivência do parasita (CASTAGNA, 2010). As doenças parasitárias e as doenças tropicais negligenciadas, categorias em que a esquistossomose se encaixa, estão entre os agravos em saúde que apresentam comportamento epidemiológico mais relacionado à existência de elementos do ambiente que influenciam, em graus variados, a sua ocorrência e a dinâmica de vida dos parasitas, vetores e hospedeiros. É possível afirmar que alguns ecossistemas, quando em contato com populações humanas, se constituem em importantes fatores determinantes da ocorrência de doenças ambientais (CONFALONIERI, 2005; HAMM et al., 2015).

Na pesquisa em saúde, os produtos de estudos de variação espacial são entendidos como possibilidades ao indicar os riscos aos quais uma população está exposta, acompanhar a disseminação de agravos à saúde, orientar e avaliar intervenções, e fornecer bases para explicações causais (HINO et al., 2006). O estudo clássico e pioneiro do médico John Snow sobre a epidemia de cólera em Londres em 1854 foi um dos primeiros exemplos de análise espacial de que se tem registro, e integrou conhecimentos da área da saúde com a investigação da variação espacial do evento. O resultado foi a identificação da origem da epidemia, mesmo sem que o agente etiológico da enfermidade fosse conhecido. Os trabalhos de coleta, interpretação dos dados, e a relação espacial entre os dados contribuiu para o avanço na compreensão da doença e para a descoberta da associação entre água contaminada com esgoto nas bombas de abastecimento de 20 mil casas do município e os óbitos pela doença (HINO et al., 2006).

A utilização de Sistema de Informação Geográfica (SIG) em pesquisas relacionadas à saúde facilita o levantamento, espacialização, armazenamento, manipulação e comparação dos dados geograficamente referenciados. Aspectos como vizinhança e contiguidade, envolvendo áreas restritas ou extensas, podem ser medidas e desenhadas utilizando esse tipo de *software* castana. Antes de 1960, quando começaram a serem desenvolvidos os sistemas de informação geográfica (SIGs) e outras ferramentas de mapeamento temático com uso de computadores, os mapas tinham limitações que dificultavam o manejo de grandes quantidades de dados e informações. Após essa mudança de paradigma que introduziu o uso de ferramentas computadorizadas e facilitou a integração e visualização de dados georreferenciados de diferentes fontes, o uso mais comum dos SIGs na epidemiologia continuou sendo o mapeamento temático. No entanto, as ferramentas disponíveis podem promover análises espaciais mais sofisticadas sobre a ocorrência de doenças e incluir o uso de variáveis relacionadas ao ambiente em estudo (RYTKöNEN, 2004).

A epidemiologia espacial busca estimações empíricas de relações entre indicadores epidemiológicos da ocorrência de doenças e variáveis ambientais e/ou socioeconômicas, que geralmente são modeladas como covariáveis com o objetivo de promover o entendimento dos fatores que influenciam a distribuição espacial da doença ou fazer previsões espaciais para intervenções geograficamente orientadas. Com aumento do foco em desfechos de doenças múltiplas, e com a intensidade da infecção e coinfecção de doenças tropicais negligenciadas e suas associações com comorbidades, a epidemiologia tem recorrido à aplicação de dados de observação da Terra com objetivos mais amplos, expandindo o uso dos SIGs e incorporando variáveis ambientais. Dados

de observação da Terra incrementam análises epidemiológicas por fornecer as variáveis que influenciam a distribuição de doenças infecciosas, bem como caracterizam o habitat, que pode mudar de acordo com o clima e conforme o uso e cobertura da Terra se alteram, de patógenos, vetores e hospedeiros (HAMM et al., 2015).

A adoção dos SIGs também promove agilidade no fluxo de dados espacializados de diferentes fontes de informação e possibilita a identificação de fatores e áreas com potencial de vulnerabilidade. Isto auxilia o delineamento de estratégias de controle ao orientar com maior precisão a conduta relacionada a uma determinada endemia (CORREIA; CARVALHO M. S.AND SABROZA, 2004; CASTAGNA, 2010). Há, inclusive, interesse no uso de abordagens espaciais na epidemiologia no âmbito operacional para facilitar a vigilância, monitorar e avaliar medidas de intervenção (HAMM et al., 2015). Certos SIGs possuem módulos especialmente desenvolvidos para auxiliar em processos de decisão a partir da criação e comparação de cenários (passados, atuais, futuros prováveis, ideais, etc) (DONHA et al., 2006; VIEIRA, 2010; CASTAGNA, 2010).

Objetivando entender a espacialização do risco potencial de contrair esquistossomose na Bacia do Médio Paranapanema, este trabalho criou um mapa identificando as áreas de maior ou menor potencial de contágio da doença através da aplicação do Processo Analítico Hierárquico (AHP) com dados socioeconômicos e do ambiente.

2 ESQUISTOSSOMOSE E MÉDIO PARANAPANEMA

A esquistossomose é uma doença endêmica no Brasil, onde estimava-se existirem cerca de 6,3 milhões de portadores do parasita em 18 estados brasileiros em 1997. Dentro do gênero *Schistosoma*, a única espécie e agente etiológico encontrado no Brasil é o Schistosoma mansoni (KATZ; PEIXOTO, 2000), que tem parte do seu ciclo biológico associado aos corpos hídricos de águas lênticas, paradas, com pouca movimentação. O hospedeiro intermediário, que aloja o parasita em sua fase larvária ou de reprodução assexuada, consiste em algumas espécies de caramujos de água doce, enquanto o hospedeiro definitivo, que hospeda o parasita em sua fase de maturidade ou de reprodução sexuada, é o ser humano. Quando instalado no hospedeiro definitivo, a fêmea do *Schistosoma* adulto, após a cópula, libera seus ovos que são impulsionados para o intestino por processos inflamatórios e liberados ao ambiente juntamente com as fezes. Na água, os ovos eclodem liberando larva que pode infectar algumas espécies de moluscos do gênero *Biomphalaria*, continuando o ciclo da doença com o hospedeiro intermediário. Após um período aproximado de 25 a 30 dias, o molusco inicia a liberação de grande quantidade de larvas infectantes na água. A transmissão no ser humano se dá pela penetração ativa da larva através da pele do indivíduo suscetível que entra em contato com as águas infectadas (PESSOA; MARTINS, 1988).

A sintomatologia clínica da esquistossomose depende de seu estágio de evolução no hospedeiro definitivo. A fase aguda pode ser assintomática, sendo frequentemente acidentalmente revelada em exames médicos de rotina, devido a alterações nos exames laboratoriais (ANDRADE, 2004). A forma aguda sintomática se apresenta em quadro clínico único de sintomatologia parca, com sintomas dermatológicos e prurido, podendo evoluir para a forma aguda febril. Após seis meses de infecção há o risco do quadro clínico evoluir para a fase de esquistossomose crônica, quando pode haver a forma intestinal (assintomática ou acompanhada de sintomas como diarreia, hepatomegalia, hepatoesplenomegalia e epigastralgia) ou até a forma hepatoesplênica descompensada grave, que apresenta fígado volumoso ou contraído devido à fibrose, ascite, hematemese, anemia, desnutrição e hiperesplenismo (CASTAGNA, 2010). A transmissão de *Schistosoma mansoni* no Brasil acontece em ambientes hídricos de água doce colonizados por caramujos planorbídeos das espécies *Biomphalaria glabrata*, *Biomphalaria tenagophila* e *Biomphalaria straminea* (TELES, 2005).

O homem é o principal reservatório do *Schistosoma Mansoni*, mas existem relatos

da possibilidade de que certos animais silvestres possam, eventualmente, atuar como reservatórios dessa espécie em áreas de alta endemicidade (PESSOA; MARTINS, 1983). Os caramujos hospedeiros têm sua distribuição geográfica pelo Brasil relacionada à sua biologia e são dependentes de áreas com recursos hídricos abundantes e águas de baixa vazão. A espécie predominante no estado de São Paulo é a *Biomphalaria tenagophila*, que distribui-se de forma agregada e normalmente está associada a regiões de ocupação urbana intensa, conurbadas e poluídas (TELES, 2005).

Movimentos migratórios nos séculos XVIII, XIX e XX, relacionados ao desenvolvimento das atividades econômicas do país, provavelmente tornaram possível a reunião de indivíduos infectados e moluscos hospedeiros intermediários do parasita em várias partes do Brasil. De forma geral, a esquistossomose em território brasileiro acompanhou as correntes de migração interna, sendo condicionada pela presença do molusco hospedeiro intermediário. No estado de São Paulo, a introdução da cultura cafeeira no vale do Paraíba (Século XIX) utilizou formas de trabalho escrava em seu processo de desenvolvimento econômico. A expansão da fronteira agrícola para oeste e sudoeste do estado gerou correntes migratórias procedentes de áreas com provável transmissão de esquistossomose, especialmente na área Alto Sorocabana e nas proximidades de Ourinhos. A partir de 1930 intensifica-se o fluxo migratório com origem no Nordeste para compor a mão de obra rural que anteriormente, era formada por imigrantes estrangeiros que mudaram para o Paraná, junto com as principais áreas de cafeicultores, com o esgotamento das terras paulistas para o plantio do café (CHIEFFI; WALDMAN, 1988).

2.1 Esquistossomose e ambiente

De acordo com Teles (2005), a distribuição da transmissão da esquistossomose mansoni no estado de São Paulo e no restante do país não é homogênea e não parece seguir um padrão de distribuição espacial. Entretanto, nos locais onde ela ocorre é evidente a presença na paisagem de um ou mais fatores ecológicos favoráveis à manutenção do ciclo de vida completo do parasita. Dois destes fatores são a presença do hospedeiro intermediário e a falta de tratamento dos esgotos na maioria das cidades. As correntes migratórias, então, não são o único fator a influenciar a expansão da esquistossomose no país. O comportamento epidemiológico da doença é estreitamente relacionado à existência de elementos do meio que favorecem a sua ocorrência. Ou seja, o avanço e a disseminação da esquistossomose nas cidades brasileiras estão relacionados com a forma de ocupação e organização do espaço. A esquistossomose é uma das principais doenças parasitárias de veiculação hídrica do

mundo e sua associação às forma de ocupação humana dos espaços urbanos das periferias das grandes cidades, à alta vulnerabilidade social, e às condições inadequadas de moradia é responsável por impactos na dinâmica da esquistossomose e de várias doenças emergentes no país (KATZ; PEIXOTO, 2000; COURA; AMARAL, 2004; TELES, 2005).

Os componentes ambientais que favorecem a transmissão da esquistossomose podem ser entendidos como elementos que compõem a paisagem. Assim, podem ser delimitados espacialmente e sua contribuição à expansão da doença pode ser quantificada, indicando áreas ambientalmente vulneráveis. A presença de um ou mais indutores em um mesmo lugar pode não ser determinante para a ocorrência de novos casos, mas a proximidade de elementos indutores favorece a circulação do parasita entre populações humanas e de moluscos. Dessa forma, uma área onde a estrutura da paisagem apresenta grande conexão, sobretudo por proximidade espacial, entre os elementos indutores de vulnerabilidade ambiental, a ocorrência de casos novos de esquistossomose humana deve ser maior que em áreas onde o número, tamanho e proximidade dos elementos indutores são menores (CASTAGNA, 2010).

Para avaliar as possíveis relações entre os elementos da paisagem e a vulnerabilidade à transmissão de esquistossomose mansoni, Castagna (2010) identificou 61 características do meio ambiente que podem favorecer a instalação e reprodução de *Biomphalaria* e a transmissão do *Schistossoma mansoni*. Os fatores considerados estão relacionados a agricultura anual e de subsistência, agricultura semianual ou perene, áreas permanentes ou eventualmente alagadas, águas e valas para irrigação de cultivos, meandros retificados, ambientes próximos a cursos d'água propícios à poluição por dejetos humanos, lagoas de piscicultura, lagoa assoreada ou pouco profunda, lagoas ou curso d'água utilizados para esporte, pesca, lavagens de utensílios e banho, várzea, presença de nascentes ou bicas, depósitos arenosos nas bordas dos rios desprovidos de vegetação, grandes depósitos de entulho e lixo, atividades humanas nas bordas de curso de água, área de preparo agrícola, cobertura vegetal.

De maneira similar, Anaruma et al. (2007) identificaram como fatores indutores para esquistossomose algumas características dos corpos hídricos e certas formas de uso e ocupação das margens de rios e lagoas além dos descritos por Castagna (2010), tais como: meandros e canais naturais; lagoas com presença de vegetação aquática flutuante ou macrófitas fixas no fundo (taboa); terras baixas alagadiças, vegetação ciliar e fragmentos florestais. Para os autores, cada indutor participa positiva ou negativamente na evolução da transmissão da esquistossomose por meio de redes de

interação.

MOURA e al. (2005) observaram a importância do mapeamento dos recursos hídricos para a caracterização de áreas de risco, uma vez que esta variável é fundamental para o conhecimento da distribuição do hospedeiro intermediário. Os autores procuraram associar o risco para esquistossomose às áreas de maior concentração de recursos hídricos a partir de mapeamento da hidrografia através de um modelo digital de elevação de terreno obtido a partir de imagens de radar. Essa associação da transmissão da doença com a concentração de recursos hídricos favorece a delimitação da área de estudo respeitando-se os limites das bacias hidrográficas, inclusive porque a vulnerabilidade dessas áreas frente as atividades humanas refletem com precisão desequilíbrios relacionados a mudanças no uso da terra (CASTAGNA, 2010).

A conectividade dos elementos da paisagem se coloca como uma propriedade essencial para a sobrevivência de espécies em paisagem fragmentada, isso porque facilita o fluxo de um fragmento para outro, o que pode incluir os reservatórios naturais da esquistossomose. Os corredores ecológicos, como os rios em ambientes de abundância hídrica, são habitats lineares que conectam duas ou mais manchas que foram únicas num passado histórico antes de serem fragmentadas. Os corredores podem ser provenientes do próprio ambiente natural ou produtos da atividade humana, como os canais de irrigação, permitindo movimentação de espécies entre lagoas dentro de uma mesma bacia hidrográfica. Assim, a compreensão sobre as vias pelas quais um hospedeiro ou vetor se propaga no território e quais as suas prováveis conexões devem permitir as elaboração de possíveis formas de intervenção no meio, de maneira a controlar ou interromper a expansão de uma doença (CASTAGNA, 2010).

2.2 Esquistossomose e características socioeconômicas

Embora a presença das espécies de caramujos hospedeiros seja essencial para a introdução e manutenção dos focos da esquistossomose mansônica, o sucesso do ciclo de transmissão demanda a convergência de uma série de fatores biológicos e ambientais que determinam a intensidade da prevalência e da morbidade da doença. A transmissão do parasita também é favorecida pelas deficiências do saneamento básico (TELES, 2005) e pelos hábitos de contato com águas naturais (COURA-FILHO et al., 1995).

Produções científicas desde a década de 1960 analisaram áreas onde contatos com água naturais ocorriam por lazer e em atividades domésticas. Uma análise sobre o uso do paradigma de risco para a esquistossomose em áreas endêmicas sugere

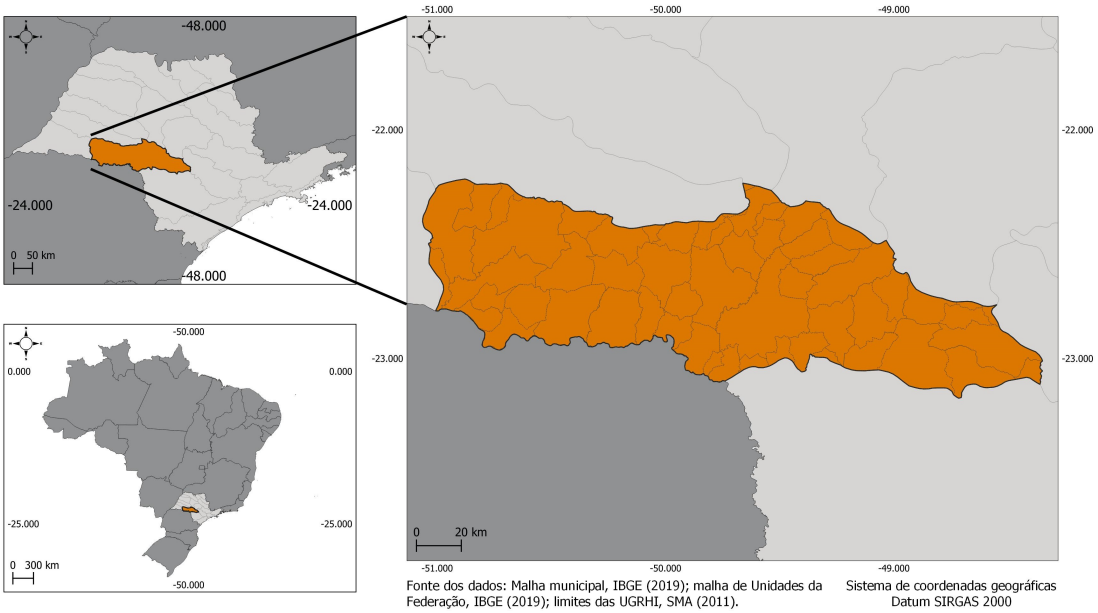
maior tendência de indivíduos de áreas rurais a terem em torno de 70% dos contatos com águas naturais em atividades profissionais (agricultura e domésticas); nas áreas mais urbanizadas, esse percentual é observado por motivo de lazer. Coura-Filho et al. (1995) afirma em seu estudo que os padrões de contatos com água naturais são estabelecidos de maneira diferente entre grupos de moradores em função da desigualdade na distribuição da água potável. As instalações sanitárias e a origem da água para beber, lavar vasilhas, lavar roupas e tomar banhos, eram significativamente diferentes e na localidade que apresentou piores condições sanitárias, a prevalência de esquistossomose entre os residentes chegou a $63,86\%$ da população (COURA-FILHO et al., 1995).

2.3 Médio Paranapanema

A Bacia do Médio Paranapanema se localiza no estado de São Paulo, próxima à divisa com o estado de Paraná (Figura 2.1) e é formada por 46 municípios. A região apresenta grande disponibilidade de água superficial e subterrânea e abrange cinco rios principais (Capivara, Novo, Pari, Pardo, Truvo). Os 1.354 km² de vegetação natural remanescente dividem espaço com a atividade agrícola nas áreas rurais, onde há cultivo de cana-de-açúcar, uva, milho, soja, pêssego, entre outros além da piscicultura (SIGRH, s.d.; DUARTE; KANTHACK., 2017).

A Bacia do Médio Paranapanema é considerada uma importante área endêmica da esquistossomose e concentra aspectos favoráveis para a expansão da doença: urbanização precária em termos de saneamento básico (PALASIO et al., 2021b), uso da terra para atividade agrícola, inclusive com pivôs de irrigação central, presença dos três hospedeiros intermediários do *S. mansoni* nos corpos de água doce e municípios com histórico de casos de esquistossomose (PALASIO et al., 2021a).

Figura 2.1 - Mapa de localização da Bacia do Médio Paranapanema



Fonte: Produção da autora.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Metodologia

A metodologia para a criação do mapa de risco potencial de contágio de esquistossomose pode ser dividida em 5 etapas: (i) aquisição dos dados; (ii) preparação dos dados e aplicação do método AHP (processo analítico hierárquico); (iii) avaliação e discussão dos resultados, que será discutida no Capítulo 4.

3.2 Aquisição dos dados

Considerando-se o ciclo de transmissão da esquistossomose, a extensa literatura sobre os determinantes da doença, e os trabalhos de Palasio et al. (2021b), que apontou associação entre a esquistossomose e rede de esgoto em Ourinhos (SP), e Barreto (1991) que demonstrou a maior prevalência da doença em criança sem descarga ou latrina em casa, optou-se por incluir os dados do Censo demográfico de 2010 referentes à existência de esgoto a céu aberto para a criação do mapa de risco potencial de contágio. Utilizou-se o somatório do número de moradores em domicílios particulares permanentes próprios, alugados e cedidos, por setor censitários, com existência de esgoto à céu aberto no entorno do domicílio.

Com relação à condição de habitação individual, utilizou-se o indicador de condição de moradia do Índice Brasileiro de Privação Socioeconômica (IBP), que combina em uma única variável o número de pessoas que experimenta ao menos uma das situações de falta de banheiro e chuveiro, coleta de lixo, abastecimento de água da rede geral e rede de esgoto sanitário ou fossa séptica. Os dados para o cálculo do IBP provêm do Censo demográfico de 2010 e essa dimensão do índice fornece a porcentagem média de pessoas em um setor censitário que experimenta qualquer uma das condições a parir da combinação das variáveis de forma a minimizar os efeitos da contagem dupla de indivíduos. Como a maioria dos dados dos setores censitários do Censo demográfico são fornecidos como tabelas independentes, qualquer medida usando uma combinação de duas ou mais variáveis para características do domicílio levará à contagem dupla de alguns indivíduos. O acesso à rede de esgoto e/ou fossa séptica é considerado um subconjunto de todas as pessoas que têm acesso a banheiro ou chuveiro em casa na metodologia do IBP. A adoção dessa combinação não remove todas as contagens duplas de indivíduos, mas é uma opção de abordagem para a situação (ALLIK et al., 2020).

Das 61 variáveis identificadas por Castagna (2010) como influentes para a formação

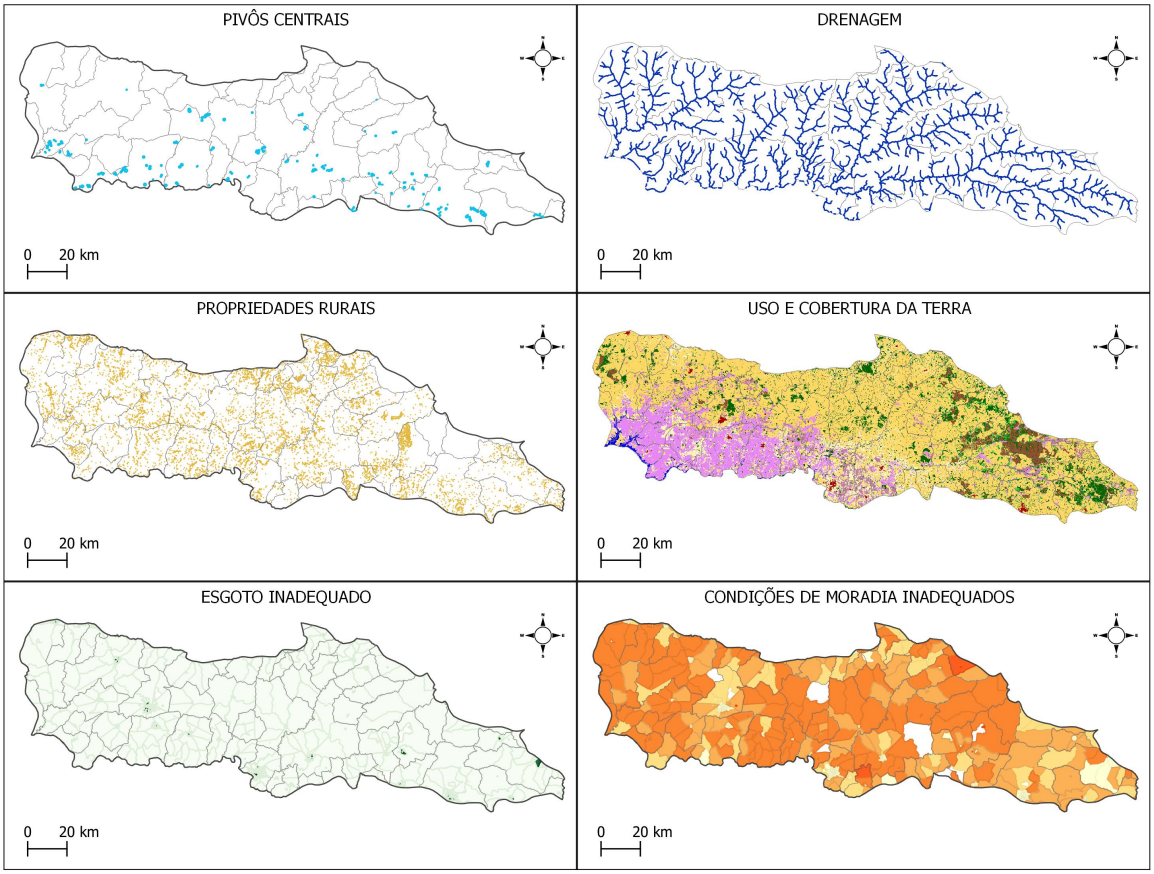
e manutenção de criadouros ou focos de esquistossomose, 24 são relacionadas à atividade agrícolas. Isso norteou a inclusão do uso e cobertura da Terra na criação do mapa de risco para o Médio Paranapanema, e a fonte dos dados foi o produto da Coleção 5 do projeto Mapbiomas, com sua atualização mais recente em 2020. Foram consideradas as classes campo alagado e área plantada; cana-de-açúcar; mosaico de agricultura e pastagem; infraestrutura urbana; rio, lago e oceano; lavoura perene; outras lavouras temporárias.

Como forma de refinar a interação entre os indivíduos e as áreas de lavoura foram incluídas as localizações de todas as 12.349 propriedades rurais presentes no CNEFE (Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos) do Censo Agro de 2017. A drenagem da região foi gerada utilizando-se o software TerraHidro a partir dos dados STRM de resolução de 30 m para a área da bacia. Os dados dos pivôs centrais de irrigação têm como fonte a ANA (Agência Nacional de Águas) e datam do ano de 2017. A compilação dos dados utilizados encontra-se na Tabela 3.1 e suas distribuições espaciais são mostradas na Figura 3.1.

Tabela 3.1 - Variáveis incluídas no método AHP.

Dado	**Fonte**	**Observações**
Esgoto a céu aberto	Censo demográfico 2010	Planilha Entorno 3, variáveis v471, v473, v475
Condições de moradia inadequadas	IBP	Condições de moradia: falta de acesso a banheiro e chuveiro, a coleta de lixo, a água e esgoto adequados
Uso e cobertura da Terra	Mapbiomas	Campo alagado e área plantada, cana-de-açúcar, mosaico de agricultura e pastagem, infraestrutura urbana, rio, lago e oceano, lavoura perene, outras lavouras temporárias
Propriedades rurais	Censo Agro 2017	Coordenadas dos propriedades rurais presentes no CNEFE
Drenagem	Dados SRTM	
Pivôs centrais de irrigação	ANA	Dados de 2017

Figura 3.1 - Distribuição espacial dos dados considerados na análise.



Fonte: IBGE, 2010; ANA, 2017; IBGE, 2017; MAPBIOMAS, 2020. Produção da autora.

3.3 AHP - Processo Analítico Hierárquico

O AHP (Processo Analítico Hierárquico) é uma estrutura não linear para traduzir o pensamento dedutivo e indutivo considerando-se vários fatores simultaneamente, permitindo a dependência e *feedback* dos elementos. Faz-se compensações numéricas em um processo em que cada variável recebe um peso que define a sua importância em relação à outra variável no desfecho estudado para chegar-se a uma síntese ou conclusão. Um aspecto importante do AHP é a ideia de consistência. Uma vez que os objetos podem ser envolvidos em mais de uma comparação e não há uma escala padrão, atribui-se valores de acordo com o julgamento do especialista que aplica o método, havendo a possibilidade de ocorrerem inconsistências (SAATY, 1987).

A forma de se avaliar a sensibilidade do modelo é através de uma medida chamada

Razão de Consistência (RC, Equação 3.2), que obtida através da razão entre o índice de consistência (IC) do modelo (Equação 3.1) e o índice de consistência definido por valores aleatórios (IR). Recomenda-se que a Razão de Consistência não deve exceder muito o valor de 0,10, e não deve ser muito baixa, como 0,01, porque a própria inconsistência é importante por deixar a oportunidade de incorporar novos conhecimentos e aperfeiçoar o modelo (SAATY, 1987).

$$CI = \frac{\lambda_{máx} - n}{n-1}, \quad Sendo\ \lambda_{máx} = \sum_{i=1}^{n} \lambda_{máx}\ w_i \tag{3.1}$$

$$RC = \frac{IC}{IR} \tag{3.2}$$

Com a aplicação da Equação 3.2 na matriz de comparação das variáveis selecionadas para a criação do mapa de risco potencial de contágio de esquistossomos foi encontrada a Razão de Consistência de 0,0957, ou seja, dentro dentro do limite tolerável de inconsistência do modelo. O peso recebido por cada variável é indicado na Tabela 3.2.

A etapa seguinte da aplicação do método executou a normalização dos dados quantitativos para valores dentro do intervalo entre zero e um, criou *buffer* de 100 m para a camada de drenagem e realizou a conversão das camadas do formato vetorial para matricial, quando necessário. Optou-se pela utilização da ferramenta "Calculadora Raster"do *software* QGIS 3.16 para realizar a álgebra das camadas considerando os pesos estabelecidos para cada variável. O resultado do processamento é apresentado na Figura 4.1 como o mapa de risco potencial de contágio.

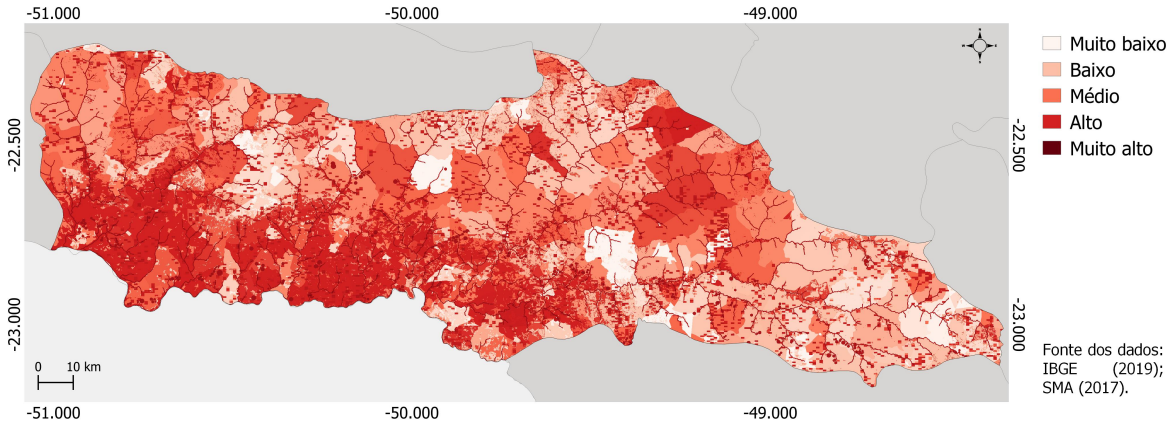
Tabela 3.2 - Pesos das variáveis incluídas no método AHP.

Variável	**Peso**
Drenagem	0,212
Pivôs centrais de irrigação	0,206
Esgoto a céu aberto no entorno	0,191
Condições de moradia inadequadas	0,177
Propriedades rurais	0,134
Uso e cobertura da Terra	0,081

4 ANÁLISE E RESULTADOS

O mapa de risco potencial de contágio de esquistossomose na bacia do Médio Paranapanema, mostrado na Figura 4.1, apresenta cinco classes que identificam as áreas com muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto risco de contágio.

Figura 4.1 - Mapa de risco potencial de contágio de esquistossomose na Bacia do Médio Paranapanema.

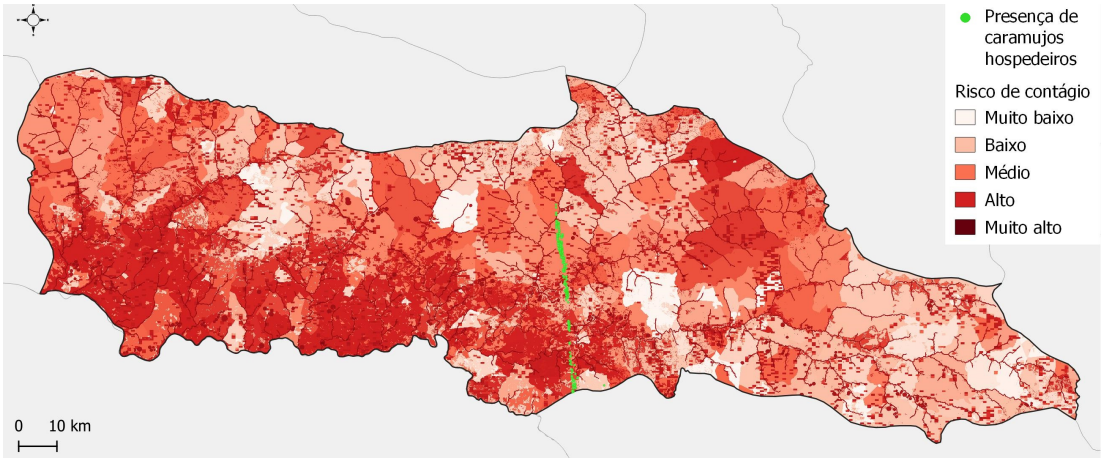


Fonte: Produção da autora.

O mapa de risco potencial de contágio foi submetido a duas validações. Uma delas utilizou dados coletados em campo sobre a presença dos caramujos hospedeiros do *schistossoma* em uma pequena parte da área de estudo. Esses dados foram sobrepostos ao mapas de risco potencial de contágio como mostrado na Figura 4.2. Percebe-se que os 373 pontos de identificação dos caramujos estão concentrados de forma linear em um parte restrita da bacia do Paranapanema e se estendem por áreas de baixo, médio e alto risco potencial de contágio. Portanto, pode-se conjecturar que os dados para a validação não são livres de viés por não estarem distribuídos por toda a área de estudo e por não ser possível assegurar distribuição aleatória dos pontos de amostragem. Dessa forma, a divergência apresentada na validação não é suficiente para indicar inexatidão do resultado do método.

A segunda validação foi realizada a partir da comparação entre o mapa de risco potencial e as áreas dos municípios com casos de esquistossomose notificados entre 2012 e 2020, disponibilizados pela Secretaria de Saúde do estado de São Paulo (Figura 4.3). Não há concordância total das grandes áreas de muito alto risco potencial

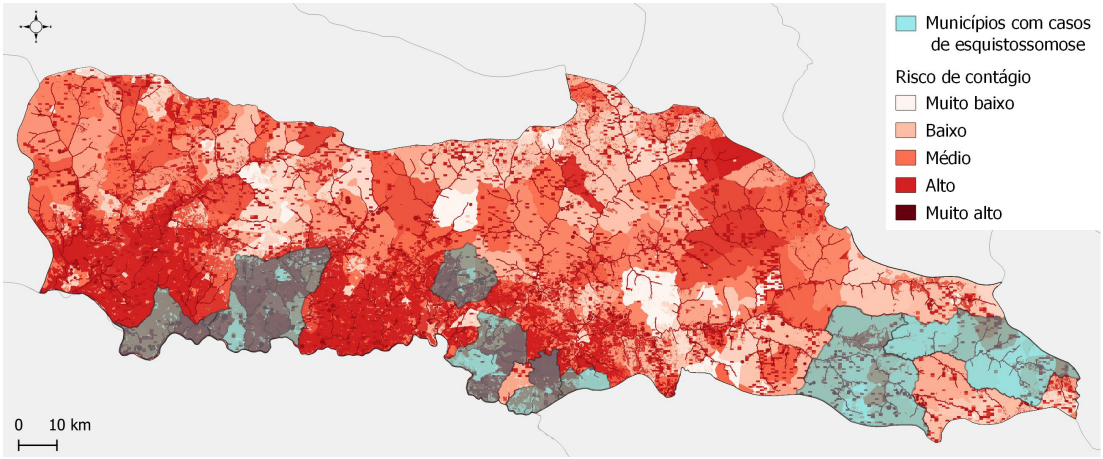
Figura 4.2 - Mapa de avaliação do risco potencial de contágio de esquistossomose na Bacia do Médio Paranapanema com a localização dos caramujos hospedeiros.



Fonte: Produção da autora.

de contágio com os municípios com casos confirmados. No entanto, há gradiente de risco potencial nas áreas intramunicipais que inclui as classes de alto e muito alto risco potencial, mesmo que em áreas pequenas. Isso aponta para a possibilidade de incrementar o modelo adicionando variáveis como a presença do hospedeiro intermediário (caramujo) e sobre a falta de tratamento dos esgotos nos municípios ou bairros, para que o resultado seja mais consoante com a situação real.

Figura 4.3 - Mapa de avaliação do risco potencial de contágio de esquistossomose no Médio Paranapanema com os municípios com casos confirmados da doença.



Fonte: Produção da autora.

Durante a avaliação do resultado foi percebido que a maior parte das áreas de muito alto risco potencial de contágio coincide com áreas identificadas como "Outras lavouras temporárias"nos dados de Uso e Cobertura da Terra. De forma similar, parte da superfície identificada com muito baixo risco potencial se sobrepõe à "Formação vegetal". Mesmo com o menor peso dentre as variáveis, o Uso e Cobertura da Terra demonstrou ter significativa influência sobre o resultado do modelo.

5 CONCLUSÕES

Neste trabalho foi realizada a criação de um mapa de risco de contágio de esquistossomose na Bacia do Médio Paranapanema utilizando-se o método AHP. A análise do resultado aponta a coincidência de áreas de muito alto e muito baixo risco potencial de contágio com as categorias de "Outras lavouras temporárias"e "Formação vegetal", respectivamente, na classificação do uso e cobertura da Terra, embora esses tenham sido os dados com menor peso numérico no método. Percebeu-se, também, através da avaliação do produto que há espaço para a inclusão de mais dados no modelos, sendo a presença do hospedeiro intermediário (caramujo) e dados sobre a falta de tratamento dos esgotos nos municípios ou bairros boas opções por agregarem informações sobre os fatores essenciais para a instalação e manutenção de criadouros e focos de esquistossomose.

Por fim, reitera-se que a identificação de áreas vulneráveis à uma determinada endemia é essencial para o planejamento de intervenções na área da saúde. A epidemiologia espacial procura juntar indicadores epidemiológicos da ocorrência de doenças e variáveis ambientais e socioeconômicas para promover o entendimento dos fatores que influenciam a distribuição espacial de uma doença ou fazer previsões espaciais que orientem intervenções. Por isso, é importante que os produtos utilizados como base, como os mapas de risco, sejam corretos e estejam em concordância com a situação real de uma doença.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLIK, M.; RAMOS, D.; AGRANONIK, M.; JúNIOR, E. P. P.; ICHIHARA, M. Y.; BARRETO, M. L.; LEYLAND, A. H.; DUNDAS, R. **Developing a small-area deprivation measure for Brazil:Technical report.** 2020. Disponível em: <https://cidacs.bahia.fiocruz.br/ibp/wp-content/uploads/2020/12/technical-report_compressed.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2021. 10

ANARUMA, F.; SANTOS, F.; SANTANA, J. M. **Indicadores da relação entre estrutura da paisagem, degradação ambiental e esquistossomose mansoni**. Caxambu, 2007. 6

ANDRADE, Z. A. Schistosomal hepatopathy. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 99, n. 1, p. 5157, 2004. 4

BARRETO, M. L. Geographical and socioeconomic factors relating to the distribution of schistosoma mansoni infection in an urban area of north-east brazil. **Bulletin of the World Health Organization**, v. 69, n. 1, p. 93–102, 1991. 10

CASTAGNA, C. L. **Medida da vulnerabilidade ambiental para esquistossomose mansoni em função da estrutura da paisagem**. 99 p. Dissertação ao (Mestrado em Engenharia Civil) — Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campinas, 2010. 1, 3, 4, 6, 7, 10

CHIEFFI, P. P.; WALDMAN, E. A. Aspectos particulares do comportamento epidemiológico da esquistossomose mansônica no estado de são paulo, brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 4, n. 4, p. 257–275, 1988. 1, 5

CONFALONIERI, U. E. C. Saúde na amazônia: um modelo conceitual para a análise de paisagens e doenças. **Estud av.**, v. 19, n. 53, p. 221–236, 2005. 1

CORREIA, V. R. M.; CARVALHO M. S.AND SABROZA, P. C. V. C. H. Remote sensing as a tool to survey endemic diseases in brazil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 20, n. 4, p. 891–904, 2004. 3

COURA-FILHO, P.; WILLIAM, M.; FARAH, C.; REZENDE, D. F.; LAMARTINE, S. S.; CARVALHO, O. S.; N, K. Determinantes ambientais e sociais da esquistossomose mansoni em ravena, minas gerais, brasil. **Cad. Saúde Pública**, v. 11, n. 2, 1995. 7, 8

COURA, J. R.; AMARAL, R. S. Epidemiological and control aspects of schistosomiasis in brazilian endemic Áreas. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 99, n. 1, p. 1319, 2004. 6

DONHA, A. G.; SOUZA, L. C. P.; SUGAMOSTO, M. L. Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão e sig. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 175–181, 2006. 3

DUARTE, A. P.; KANTHACK., R. A. D. **Tecnologias desenvolvidas pela APTA na região do Médio Paranapanema**. Campinas: Instituto Agronômico, 2017. 1ª edição. 8

FIOCRUZ. **Esquistossomose**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/taxonomia-geral-7-doencas-relacionadas/esquistossomose>. Acesso em: 21 mar 2021. 1

HAMM, N. A. S.; MAGALHãES, R. J. S.; CLEMENTS, A. C. A. Earth observation, spatial data quality, and neglected tropical diseases. **PLoS Negl Trop Dis**, v. 9, n. 12, 2015. (Ihttps://doi.org/10.1371/journal.pntd.0004164). 1, 3

HINO, P.; VILLA, T. C. S.; SASSAKI, C. M.; NOGUEIRA, J. A.; SANTOS, C. B. Geoprocessamento aplicado à área da saúde. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 14, n. 6, Nov-Dez 2006. 2

KATZ, N.; PEIXOTO, S. V. Análise crítica da estimativa do número de portadores de esquistossomose no brasil. **Rev. Soc. Bras. Med. Trop**, v. 31, n. 3, 2000. 4, 6

MOURA, A. C. M.; AL. et. **Atualização de mapa de drenagem como subsídio para montagem de SIG para a análise da distribuição da esquistossomose em Minas Gerais**. Goiânia, 2005. 7

PALASIO, R. G. S.; AZEVEDO, T. S.; TUAN, R.; CHIARAVALLOTI-NETO, F. Modelling the present and future distribution of biomphalaria species along the watershed of the middle paranapanema region, são paulo, brazil. **Acta Trop**, v. 214, 2021. 8

PALASIO, R. G. S.; BORTOLETO, A. N.; R., T.; F., C.-N. Geographic information system-based association between the sewage network, geographical location of intermediate hosts, and autochthonous cases for the estimation of risk areas of schistosomiasis infection in ourinhos, são paulo, brazil. **Rev. Soc. Bras. Med. Trop**, v. 54, 2021. 8, 10

PESSOA, S. B.; MARTINS, A. V. Importância epidemiológica de alguns animais silvestres na esquistossomose mansônica. **Revista de Saúde Pública**, v. 17, p. 34–56, 1983. 5

_____. **Parasitologia Médica**. Rio de aneiro: Guanabara Koogan, 1988. 11ª edição. 4

RYTKöNEN, M. J. P. Not all maps are equal: Gis and spatial analysis in epidemiology. **International Journal of Circumpolar Health**, v. 63, p. 9–24, 2004. (DOI: 10.3402/ijch.v63i1.17542). 2

SAATY, R. W. The analytic hierarchy process – what it is and how it is used. **Math Modelling**, v. 9, n. 3-5, p. 161–176, 1987. 12, 13

SECRETARIA DE ESTADO DE SAúDE DE SãO PAULO. **Casos Notificados por GVE, municípios de residência, infecção, ano**. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://www.saude.sp.gov.br/resources/cve-centro-de-vigilancia-epidemiologica/areas-de-vigilancia/doencas-de-transmissao-por-vetores-e-zoonoses/dados/esquisto/esquisto_dados.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2021. 1

SIGRH. **Apresentação – Bacia do Médio Pranapanema**. Goiânia, s.d. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/cbhmp/apresentacao>. Acesso em: 04 abr 2021. 8

TELES, H. M. S. Distribuição geográfica das espécies dos caramujos transmissores de schistosoma mansoni no estado de são paulo. **Rev. Soc. Bras. Med. Trop.**, v. 38, n. 5, 2005. 4, 5, 6, 7

VIEIRA, E. **Conservação Ambiental em Cenários de Uso: Medidas de Mudanças, Heterogeneidade e Valoração da Paisagem**. 2010. 164 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) — Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campinas, 2010. Acesso em: 2021. 3