

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ
CENTRO DE PESQUISAS AGGEU MAGALHÃES
DOUTORADO EM SAÚDE PÚBLICA

Verônica Santos Barbosa

ANÁLISE DA PAISAGEM DE RISCO PARA TRANSMISSÃO DA
ESQUISTOSSOMOSE EM LOCALIDADES DO LITORAL DE PERNAMBUCO

Recife,
2017

Verônica Santos Barbosa

**Análise da Paisagem de Risco para Transmissão da Esquistossomose em Localidades do
Litoral de Pernambuco**

Tese apresentada ao curso de Doutorado em Saúde Pública do Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, para obtenção do grau de doutor em Ciências.

Orientadores: Dr^a Constança Simões Barbosa
Dr. Ricardo J. P. S. Guimarães

Recife, 2017

Catálogo na fonte: Biblioteca do Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães

- B238a Barbosa, Verônica Santos.
 Análise da paisagem de risco para transmissão da
 esquistossomose em localidades do litoral de
 Pernambuco / Verônica Santos Barbosa. - Recife: s.n,
 2017.
 87 p. : ilus., graf., tab.; 30 cm.
- Tese (doutorado em saúde pública) - Centro de
 Pesquisas Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz.
 Orientadores: Constança Simões Barbosa, Ricardo
 J. P. S. Guimarães.
1. Medição de Risco. 2. Esquistossomose -
 transmissão. 3. Doenças Endêmicas. 4. Perfil do
 Litoral. 5. Brasil. I. Barbosa, Constança Simões. II.
 Guimarães, Ricardo J. P. S. III. Título.

CDU 616.995.122

Verônica Santos Barbosa

**Análise da Paisagem de Risco para Transmissão da Esquistossomose em Localidades do
Litoral de Pernambuco**

Tese apresentada ao curso de Doutorado em
Saúde Pública do Centro de Pesquisas Aggeu
Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, para
obtenção do grau de doutor em Ciências.

Aprovada em 16/02/2017

Banca Examinadora

Dr^a Constança Simões Barbosa (Orientadora)
Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães/ FIOCRUZ

Dr. Reinaldo Souza Santos
Escola Nacional de Saúde Pública/ FIOCRUZ

Dr^a Andréa Sobral de Almeida
Escola Nacional de Saúde Pública/ FIOCRUZ

Dr^a Elaine Christine de Souza Gomes
Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães/ FIOCRUZ

Dr. Rafael da Silveira Moreira
Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães/ FIOCRUZ

BARBOSA, Verônica Santos. Análise da Paisagem de Risco para Transmissão da Esquistossomose em Localidades do Litoral de Pernambuco. 2017. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, Recife, 2017.

RESUMO

Casos humanos de esquistossomose e focos de caramujos têm sido detectados em localidades litorâneas. O objetivo do trabalho foi prever o risco espacial para expansão da esquistossomose identificando os elementos contidos no espaço que caracterizem ambientes associados à manutenção da doença em localidades litorâneas de Pernambuco. Foi realizado nas localidades de Itamaracá e Serrambi inquérito coproscópico com diagnóstico parasitológico pelo Kato Katz. Foram levantadas variáveis ambientais, de saneamento, socioeconômicas e comportamentais. A regressão logística foi aplicada para estimar os fatores associados a ocorrência dos casos humanos. Os criadouros de caramujos das localidades foram georreferenciados; os caramujos coletados durante 1 ano e examinados para verificação da infecção. Para modelagem da distribuição espacial das espécies de *Biomphalaria* foram aplicados o *Kernel*, a *Krigeagem* e o *MaxEnt*. Em Itamaracá foram diagnosticadas 69 pessoas com *S. mansoni* e em Serrambi 63. A maioria dos parasitados apresentou renda familiar entre 1 e 2 salários mínimos, mais de 4 pessoas morando nas residências e escolaridade dos chefes das famílias de ensino fundamental; há presença de fossa nas residências e as ruas não são asfaltadas; os moradores pisam em água da rua no inverno e já tomaram banho de rio. Em Itamaracá, foram identificados 28 criadouros, 26 com *B. straminea* (12 positivos para *S. mansoni*) e 2 com *B. glabrata*. Em Serrambi foram identificados 14 criadouros, 7 com *B. straminea* (2 positivos) e 7 com *B. glabrata* (5 positivos). Nas 2 localidades há aglomerados de casos positivos e de focos de *Biomphalaria*. Ao se estimar a ocorrência das espécies, na Região Metropolitana, *B. straminea* predomina no norte e centro. Levando em consideração as variáveis ambientais *B. straminea* permanece em toda área central e a susceptibilidade para *B. glabrata* é maior no litoral norte e sul. Os resultados contribuem para tomada de medidas que venham a minimizar o impacto da doença.

Palavras-chave: Medição de Risco. Esquistossomose. Doenças Endêmicas. Perfil do Litoral.

BARBOSA, Verônica Santos. Landscape Risk Analysis for the Transmission of Schistosomiasis in Locations of the Coast of Pernambuco. 2017. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, Recife, 2017.

ABSTRACT

Human cases of schistosomiasis and foci of host snails have been detected in coastal localities. The objective of this work was to predict the spatial risk for the expansion of schistosomiasis identifying the elements contained in the space that characterize environments associated to the maintenance of the disease in coastal localities of Pernambuco. It was carried out in Itamaracá and Serrambi localities, a coproscopic investigation with parasitological diagnosis by Kato Katz technique. Environmental, sanitation, socioeconomic and behavioral variables were raised. The logistic regression was applied to estimate associated factors with the occurrence of human cases. The snails breeding sites of the localities were georeferenced; the snails collected during 1 year and examined for infection verification. For the modeling of the spatial distribution of *Biomphalaria* species, the *Kernel*, *Kriging* and *MaxEnt* were applied. In Itamaracá there are 69 people with *S. mansoni* and in Serrambi 63. Most of the family had income between 1 and 2 minimum salary, more than 4 people living in the residences and the schooling of householder was elementary school; there is cesspit in the residences and the streets are not asphalted; the locals step in puddle of water on the streets in the winter and they have already bathed in the river. In Itamaracá, 28 breeding sites were identified, 26 with *B. straminea* (12 positive for *S. mansoni*) and 2 with *B. glabrata*. In S. Serrambi, 14 breeding sites were identified, 7 with *B. straminea* (2 positive) and 7 with *B. glabrata* (5 positive). In both locations there are clusters of positive cases and outbreaks of *Biomphalaria*. When estimating the occurrence of the species in the Metropolitan Region, *B. straminea* predominates in the north and center. Taking into account the environmental variables *B. straminea* remains throughout the central area and the susceptibility to *B. glabrata* is higher in the north and south coasts. The results contribute to measures that minimize the impact of disease.

Key-words: Risk Assesement. Schistosomiasis. Endemic Diseases. Shore Profile.

SUMÁRIO

1 Introdução	6
2 Justificativa	8
3 Fundamentação	9
3.1 Histórico da Esquistossomose Mansonii	9
3.2 Ciclo Evolutivo e Morfologia.....	10
3.3 Patogenia	11
3.4 Caramujos do Gênero <i>Biomphalaria</i>	12
3.5 Epidemiologia da Esquistossomose.....	14
3.6 A Ocupação do Espaço e os Fatores Ambientais Relacionados à Ocorrência da Esquistossomose.....	15
3.7 Geoprocessamento e Análise Espacial em Saúde.....	17
3.8 Geoprocessamento Aplicado a Esquistossomose	19
4 Objetivo geral	21
4.1 Objetivos Específicos	21
5 Resultados	22
5.1 Artigo 1 – First report of schistosomiasis on Serrambi beach, Ipojuca, State of Pernambuco	23
5.2 Artigo 2 – Fatores associados a ocorrência de esquistossomose em área endêmica e não endêmica de Pernambuco	27
5.3 Artigo 3 - Os Sistemas de Informação Geográfica em estudo sobre a esquistossomose no litoral de Pernambuco	48
5.4 Artigo 4 – Modeling of the distribution of <i>Biomphalaria</i> in the Metropolitan Region of Recife, Pernambuco, Brazil	65
6 Conclusões	72
REFERÊNCIAS	74
ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética.....	81

1 Introdução

Historicamente endêmica de áreas rurais, em Pernambuco (PE) a esquistossomose *mansoni* se expandiu para áreas litorâneas. Barbosa et al. (2000) apontam o registro de casos humanos de esquistossomose no ano de 1977, em residentes na Ilha de Itamaracá – litoral norte de PE, com positividade de 7,9%, além da presença de *Biomphalaria straminea* nas coleções hídricas. Em 1986 novos registros de positividade de 22,2% e 52,4%, ocorreram respectivamente em moradores das localidades Caboclo e Rio Âmbar (Itamaracá), porém em nenhum destas notificações houve informação sobre a autoctonia dos casos.

Os primeiros registros de casos autóctones ocorreram no início dos anos 90 na Ilha de Itamaracá, quando quatro indivíduos tiveram contato acidental com águas de chuva empoçadas nas ruas repletas de caramujos *B. glabrata*, infectados pelo parasito (GONÇALVES et al., 1991). Nesse mesmo ano foram capturados 7.217 caramujos dos quais 19,7% estavam eliminando cercárias de *Schistosoma mansoni*. O encontro de caramujos nos focos temporários ocorreu devido a proximidade destes a pequenas lagoas perenes existentes na localidade, criadouros naturais dos caramujos que ao transbordarem na época chuvosa foram responsáveis pela distribuição desses animais (GONÇALVES et al., 1991). Durante o primeiro registro de casos e focos da esquistossomose em áreas litorâneas foi apontada a possibilidade dos casos esporádicos poderem vir a se tornar frequentes.

A partir desses casos índices foram registrados mais 22 casos em Itamaracá, a partir de inquérito coproscópico realizado em 440 indivíduos moradores e veranistas da localidade, sendo 12 casos confirmados como autóctones (BARBOSA et al., 1998). Em 2000, um inquérito malacológico realizado por Barbosa et al. mostrou que a transmissão da doença nessa área não é específica de um período climático, ocorrendo ao longo de todo o ano, porém as chances de infecção são maiores na época da seca (jan-abr) e pós-chuvas (set-dez), períodos em que a população de veranistas/turistas costuma frequentar a praia. Em 2004 Barbosa et al. por meio do Sistema de Informações Geográficas (SIG) elaboraram mapas com a localização dos focos da esquistossomose na Praia do Forte, bem como o número de caramujos coletados, positivos e a taxa de infecção/ foco/ ano, contribuindo para a vigilância e monitoramento da doença no local.

Além da Ilha de Itamaracá, outros casos e focos de hospedeiros intermediários da esquistossomose foram registrados em áreas litorâneas como: Porto de Galinhas - Ipojuca (ARAÚJO et al., 2007; BARBOSA et al., 2001, 2011; GOMES et al., 2012, 2014), Carne de Vaca e Ponta de Pedras - Goiana (BARBOSA et al., 2010; PAREDES et al., 2010; SOUZA et

al., 2010), Piedade - Jaboatão dos Guararapes (SOUZA et al., 2008), Janga e Pau Amarelo – Paulista, Mangue Seco – Igarassu (BARBOSA et al., 2010).

A urbanização da esquistossomose em Pernambuco decorre da migração de pessoas de áreas rurais endêmicas em direção aos polos industriais ou turísticos urbanos. Os migrantes passam a residir em áreas periféricas sem infraestrutura de saneamento, onde as condições ambientais favorecem o surgimento de novos focos de transmissão da doença (BARBOSA et al., 1998, 2000). A expansão da esquistossomose para áreas indenes aponta para a necessidade do constante monitoramento dos fatores determinantes dessa doença, além da aplicação de medidas de prevenção e controle em localidades onde a mesma já esteja instalada.

2 Justificativa

No período de 1998 a 2012 existem registros sistemáticos de levantamentos realizados pelo Laboratório e Serviço de Referência em Esquistossomose do Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães/ Fiocruz (LSRE - CPqAM/Fiocruz) no litoral pernambucano que mostram a presença de caramujos transmissores da esquistossomose com taxas de infecção de até 31%, assim como casos humanos apresentando a forma clínica aguda da doença (BARBOSA et al., 1998, 2000, 2004, 2010; GOMES et al., 2012; SOUZA et al., 2008). Estes registros atestam a transmissão da esquistossomose em áreas litorâneas de Pernambuco, salientando as condições ambientais e sanitárias adversas que promovem a introdução e a reprodução local da doença e sinalizando para o risco a que a população está exposta. O conceito de risco nesse estudo foi empregado não com seu enfoque epidemiológico de causalidade, mas considerando a ocorrência de eventos relacionados à saúde, em particular eventos espaciais. A partir desse estudo pretende-se atualizar o quadro epidemiológico e ambiental de área costeira do Estado onde existe a transmissão da esquistossomose que permitirá seu monitoramento para a tomada de medidas que venham a minimizar o impacto da doença.

3 Fundamentação

3.1 Histórico da Esquistossomose Mansonii

A humanidade convive com a esquistossomose desde a antiguidade, fato comprovado por estudos que verificaram a presença de ovos de *Schistosoma* em múmias egípcias de 3500 a.C. (COURA; AMARAL, 2004). Entretanto, essa parasitose só foi descrita pela primeira vez em 1852 por Theodor Bilhartz que denominou o parasito causador da doença de *Distoma haematobia*. Posteriormente, em 1858, Weinland, observando a existência ao longo do corpo do macho de uma fenda utilizada para transportar a fêmea, o canal ginecóforo, o denominou *Schistosoma* (PESSOA; MARTINS, 1978). Em 1892, Patrick Manson levantou a hipótese da existência de duas espécies de *Schistosoma* parasitas do homem, devido à presença de espículo lateral em alguns ovos e espículo terminal em outros, sendo esse fato comprovado em 1907 por Sambon que propôs a denominação de *mansoni* em homenagem a Manson (COURA; AMARAL, 2004). Entre os anos de 1907 e 1908, Pirajá da Silva estudou uma espécie encontrada na Bahia suprindo as incertezas taxonômicas quanto ao parasito (KATZ; ALMEIDA, 2003).

Após a identificação do *Schistosoma mansoni*, Miyairi e Suzuki, em 1913, descreveram sua forma infectante para o homem, a cercária, sendo o ciclo evolutivo descrito dois anos mais tarde pelo egípcio Leiper (PESSOA; MARTINS, 1978). Em 1916, Adolpho Lutz, no Brasil, estudou a evolução do parasito no caramujo *Biomphalaria olivacea*, atual *B. glabrata*, o que levou à descoberta de um novo hospedeiro intermediário, *B. straminea*, além do estudo da morfologia e fisiologia do parasito, mecanismos e técnicas de infecção (KATZ, 1992; KATZ; ALMEIDA, 2003).

A introdução da esquistossomose no Brasil ocorreu no século XVI com a vinda de escravos trazidos da África infectados com *S. mansoni* para trabalhar nas lavouras canavieiras do Nordeste e nos plantios de café no Sudeste do Brasil (SILVA, 1985). Nestas regiões, quase sempre as margens de rios e riachos apresentando caramujos do gênero *Biomphalaria*, propiciaram as condições ambientais ideais para a introdução da doença no país (CAMARGO, 1980). O primeiro relato da doença no país ocorreu entre os anos de 1907 e 1908, na Bahia, por Pirajá da Silva (ANDRADE, 2002), mas sua importância só foi evidenciada na década de 50 com a realização, por Pellon e Teixeira, do grande inquérito coproscópico nacional de prevalência, inicialmente no nordeste do país e posteriormente em áreas supostamente não endêmicas do sul e sudeste (KATZ; PEIXOTO, 2000). Desde então

houve um crescimento exponencial nas pesquisas sobre esse parasito e a doença por ele provocada que ainda hoje constitui um importante problema de saúde pública (ANDRADE, 2002; COURA; AMARAL, 2004; KATZ; PEIXOTO, 2000).

3.2 Ciclo Evolutivo e Morfologia

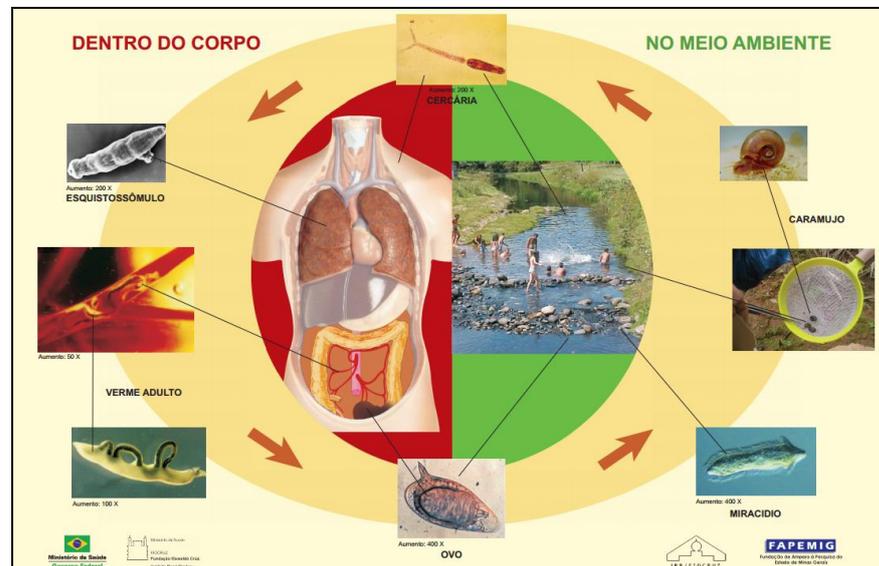
A esquistossomose é causada por um trematódeo digenético da família Schistosomatidae. Esta se encontra dividida nas subfamílias Bilharzielinae e Schistosomatinae, estando o *Schistosoma mansoni* incluído nesta última, que se caracteriza por apresentar espécies com dimorfismo sexual, parasitas de vasos sanguíneos do homem e de outros animais (MELO; COELHO, 2000). O homem é o principal hospedeiro definitivo do *S. mansoni*, embora alguns roedores, primatas e herbívoros já tenham sido encontrados naturalmente infectados eliminando os ovos desse helminto junto com suas fezes (OLIVEIRA et al., 2004). Esses ovos, ao entrarem em contato com a água, liberam uma larva ciliada, o miracídio, que tem uma sobrevida de aproximadamente 6 a 12 horas no meio externo. Atingindo o seu hospedeiro intermediário, os caramujos do gênero *Biomphalaria*, o miracídio penetra em seus tecidos, preferencialmente na região céfalo-podal, perde parte de suas estruturas e se transforma após 48 horas em um saco alongado repleto de células germinativas, o esporocisto primário, que permanece nessa região por alguns dias. Durante esse período, ocorre em seu interior a multiplicação das células germinativas e posteriormente a sua divisão, originando os esporocistos secundários (KATZ; ALMEIDA, 2003).

Inicialmente, os esporocistos secundários apresentam-se como aglomerados celulares sem membrana envolvente, mas logo se alongam e já envoltos por uma fina membrana migram através do tecido conjuntivo frouxo ou pela hemolinfa do molusco para órgãos como hepatopâncreas e ovotestis onde originam novos esporocistos ou se diferenciam em cercárias (GUARALDO et al., 1981). As cercárias, forma infectante para o homem, ao serem liberadas nos cursos de água, movimentam-se ativamente até encontrarem um hospedeiro definitivo no qual penetram através da pele ou mucosa, adaptam-se às condições fisiológicas do meio interno, transformando-se em seguida em esquistossômulos (FAUST; MELENEY, 1924).

Os esquistossômulos que não forem vencidos pelo sistema imunológico são levados pela via sanguínea até os pulmões e em seguida ao sistema porta (STANDEN, 1953; WILSON et al., 1978). Uma vez neste sistema completam o seu desenvolvimento sexual, acasalam-se e migram para a região da veia mesentérica inferior onde as fêmeas farão a

oviposição. Os primeiros ovos são vistos nas fezes cerca de 40 dias após a infecção do hospedeiro definitivo (MELO; COELHO, 2000) (Figura 1).

Figura 1 - Ciclo de Transmissão do *S. mansoni*.



Fonte: SHALL et al., 2007.

Um verme adulto vive de 3-5 anos, podendo chegar a 30 anos. O corpo desses helmintos apresenta-se dividido em uma porção anterior, onde estão localizadas as ventosas oral e ventral que atuam como órgãos de fixação e outra posterior que se inicia logo após a ventosa ventral (PESSOA; MARTINS, 1978; REY, 2001). O macho mede cerca de 1 cm de comprimento por 0,11cm de diâmetro e a fêmea mede cerca de 1,5cm de comprimento por 0,016cm de diâmetro (REY, 2001). Cada fêmea produz cerca de 300 ovos diários, destes 25 a 30% são eliminados nas fezes e o restante fica retido nos tecidos do intestino e fígado, onde são destruídos (COUTINHO; DOMINGUES, 1993).

3.3 Patogenia

Ao se infectar com o *S. mansoni*, o homem pode desenvolver manifestações clínicas de formas e intensidades variadas de acordo com sua idade, estado nutricional, frequência de exposições e estado imunológico do indivíduo, além de sua carga parasitária e da linhagem do parasito infectante (DOMINGUES; DOMINGUES, 1994; KATZ; ALMEIDA, 2003).

A fase inicial ou aguda da doença geralmente é assintomática, mas pode apresentar manifestações variadas ao primeiro contato dos indivíduos com as coleções hídricas

contaminadas (LAMBERTUCCI et al., 2000). A primeira manifestação caracteriza-se pelo desenvolvimento da dermatite cercariana, reação alérgica decorrente da penetração das cercárias através da pele do hospedeiro. Após a terceira ou quarta semanas de infecção surgem sintomas como febre, dor de cabeça, calafrios, suores, fraqueza, falta de apetite, dor muscular e abdominal, tosse e diarreia, podendo ocorrer aumento do fígado e do baço (BRASIL, 2010). A fase aguda permanece por um período de um a dois meses e desaparece através de tratamento específico ou pode evoluir para a fase crônica (KATZ; ALMEIDA, 2003).

Na fase crônica as formas clínicas podem ser intestinal, hepatointestinal e/ou hepatoesplênica. A forma intestinal manifesta-se logo após a fase aguda e normalmente é assintomática, podendo tornar-se sintomática após reinfecções, caracterizando-se por fraqueza, dor abdominal, diarreias e presença de sangue nas fezes (BRASIL, 2010). As formas hepatointestinal e hepatoesplênica são decorrentes da resposta inflamatória do hospedeiro aos antígenos secretados pelas larvas do parasito presentes no interior dos ovos depositados nos espaços porta do fígado, sendo os indivíduos com a segunda forma distinguidos dos outros com esquistossomose hepatointestinal devido a presença de esplenomegalia (LAMBERTUCCI et al., 2000). Os indivíduos com a forma hepatoesplênica podem ainda apresentar hipertensão portal, levando a ascite e formação de varizes gastroesofágicas que ao romperem-se resultam em hemorragias graves, muitas vezes fatais (LAMBERTUCCI et al., 2000).

Além do trato digestivo, granulomas provocados pelo *S. mansoni* também podem acometer órgãos como pulmões, pâncreas, testículos, ovários, baço, além do sistema nervoso central (MELO; COELHO, 2000).

3.4 Caramujos do Gênero *Biomphalaria*

Os caramujos hospedeiros da esquistossomose mansoni pertencem a classe Gastropoda, família Planorbidae, gênero *Biomphalaria*. São animais de conchas planas, pulmonares, vegetarianos (PIERI; FAVRE, 2008) que sofrem influência direta do meio em que vivem, tendo desenvolvido diversas estratégias de sobrevivência.

As espécies são hermafroditas e um único indivíduo é capaz de gerar, por autofecundação, cerca de 10 milhões de descendentes ao final de três meses (PARAENSE, 1972), porém em condições favoráveis os caramujos optam pela fecundação cruzada. O habitat desses

caramujos são exclusivamente as coleções de água doce de pouca correnteza como: rios, riachos, canais e áreas alagadas, preferencialmente de pouca profundidade (BARBOSA; BARBOSA, 1994; PIERI; FAVRE, 2008), mas há relatos de sua existência em poças d'água, bueiros e terrenos baldios alagados (BARBOSA et al., 2001, 2004; SILVA et al., 2006; SOUZA et al., 2008).

Dentre os fatores abióticos que influenciam sua sobrevivência estão: pH, salinidade, temperatura e pluviometria. Os caramujos vivem em biótopos com pH entre 6,0 e 9,0, em ambientes ácidos (pH menor que 5,6) são incapazes de promover a deposição de cálcio para a constituição da concha, o que impede sua colonização. Sendo espécies de água doce, o nível de salinidade tolerável desses caramujos é igual ou inferior a 0,50‰ (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 1986), apesar de terem sido encontrados exemplares de *B. glabrata* sobrevivendo em águas com salinidade 15 vezes superior ao máximo aceito para habitats dulcícolas (SILVA et al., 2006). A temperatura também desempenha influência sobre os caramujos uma vez que estimula a liberação de cercárias (LUTZ, 1919; NEVES, 2005; REY, 2008), sendo a temperatura ideal para o desenvolvimento desses caramujos em torno de 20 a 26 °C (BARBOSA; BARBOSA, 1994), podendo tolerar temperaturas de 18 a 41 °C (BRASIL, 2008). A pluviometria influencia na densidade do caramujo hospedeiro, determinando a formação e ampliação de criadouros/focos (BARBOSA; BARBOSA, 1994). Na estação chuvosa, devido principalmente às inundações, as populações de *Biomphalaria* diminuem, mas há uma aceleração do desenvolvimento para garantir a produção de novos indivíduos e o repovoamento dos criadouros ocorre principalmente no fim da estação chuvosa, quando aumenta o número de águas paradas. Os caramujos entram em estado de dormência, reduzindo a necessidade e a perda de água, para resistir a dessecação (GRISOLIA; FREITAS, 1985; JUBERG et al. 1987; PARAENSE, 1972).

No Brasil foram descritas onze espécies e uma subespécie de caramujo *Biomphalaria*: *B. glabrata*, *B. straminea*, *B. tenagophila*, *B. peregrina*, *B. schrammi*, *B. kuhniiana*, *B. intermediaria*, *B. amazonica*, *B. oligoza*, *B. occidentalis*, *B. cousini* e *B. tenagophila guaibensis*. Sendo somente as três primeiras encontradas naturalmente infectadas pelo *S. mansoni*. Em Pernambuco, registra-se a ocorrência de *B. glabrata* principal hospedeiro da esquistossomose na região litorânea e *B. straminea*, comum na Zona da Mata (BARBOSA et al., 1981; CARVALHO et al., 1992).

As espécies *B. glabrata* e *B. straminea* podem ser diferenciadas quanto ao tamanho: a primeira apresenta uma concha que mede de 30-40 mm (6-7 giros) e a segunda de 10-15 mm (4-5 giros), e ao aparelho genital, com a presença do enrugamento vaginal na segunda espécie

(BRASIL, 2008). Essas espécies também diferem quanto à susceptibilidade a infecção pelo *S. mansoni*, *B. glabrata* apresenta maior susceptibilidade, resultando num maior número de caramujos infectados, maior sobrevivência quando infectados e maior eliminação de cercárias, sendo classificado como mais importante hospedeiro da esquistossomose no Brasil. Esta espécie é capaz de eliminar cerca de 4.500 cercárias/ dia, 10 vezes mais que a capacidade de eliminação de *B. straminea* (cerca de 400 cercárias/ dia) (NEVES, 2005). *B. straminea* apresenta resistência à infecção, mas sua ampla distribuição em zonas endêmicas da esquistossomose em Pernambuco leva essa espécie a ser considerada a principal hospedeira da doença no Estado (PIERI; FAVRE, 2008).

O conhecimento sobre habitat desses caramujos, seu comportamento em relação às alterações climáticas, bem como sua distribuição geográfica são essenciais para orientar as medidas de prevenção e controle da esquistossomose.

3.5 Epidemiologia da Esquistossomose

Considerada a principal doença de transmissão hídrica da América, a esquistossomose ocorre em 76 países do mundo (NOYA et al., 2015). É uma doença negligenciada que atinge aproximadamente 200 milhões de indivíduos, manifestando-se assintomaticamente em 120 milhões destes e gravemente em 20 milhões, além de representar um risco para pelo menos outros 600 milhões (CHITSULO et al., 2000; ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2005). Dentre os países atingidos, 54, principalmente da África, leste do Mediterrâneo e da América do Sul e Caribe, apresentam o *Schistosoma mansoni* (BRASIL, 2010; ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2005).

O Brasil é considerado o país mais afetado das Américas, onde 25 milhões de pessoas vivem em áreas endêmicas (CHITSULO et al., 2000) e este parasito afeta 1,8 milhões de indivíduos, distribuindo-se em 19 dos seus 26 estados (NOYA et al., 2015). Apresenta-se de forma endêmica do Maranhão até Minas Gerais, além de focos no Pará, Piauí, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Goiás, Distrito Federal e Rio Grande do Sul (BRASIL, 2010). As prevalências mais elevadas da doença encontram-se na região Nordeste, nos estados de Sergipe, Bahia, Alagoas e Pernambuco, este apresentando prevalência de 1,94% (KATZ et al, 2014).

Em Pernambuco a esquistossomose é endêmica na Zona da Mata e Agreste, estando distribuída em 72 dos 185 municípios do Estado. Das 4.938.861 pessoas residentes nesses

municípios 62% apresentam risco de infectar-se e as prevalências em algumas dessas localidades são superiores a 50% (FARIAS et al., 2007; FAVRE et al., 2001). Segundo o Sistema de Informação do Programa de Controle da Esquistossomose (SISPCE), em 2010, foram realizados 175.417 exames de fezes em 96 municípios, com variação da positividade para *S. mansoni* entre 0,1% a 31,17% nos municípios endêmicos (PERNAMBUCO, 2014). No Estado a incidência da doença é maior em adolescentes e adultos jovens (10 – 19; 20 – 39 anos) (BARBOSA et al., 2010; PEREIRA, 2006; XIMENES et al., 2003). Indivíduos do sexo masculino apresentam maior coeficiente de internação hospitalar e de mortalidade, havendo também um maior número de internações e óbitos com o aumento da idade. Apesar de Pernambuco apresentar redução nas internações hospitalares e mortalidade por esquistossomose entre o período de 1992-2000, ainda exibe um alto percentual em relação ao total de internações (5,81%), o que demonstra a gravidade do problema no Estado (RESENDES et al., 2005).

A primeira iniciativa para o controle da doença em Pernambuco foi a implantação em 1975 pelo Ministério da Saúde do Programa Especial de Controle da Esquistossomose (PECE), onde adotou estratégias desde a tentativa de erradicação do caramujo hospedeiro através da aplicação do moluscicida niclosamida nos criadouros de *Biomphalaria* e tratamento em massa da população, até a vigilância epidemiológica nas áreas endêmicas, esta com a função de realizar busca ativa dos casos, diagnosticar e tratar os indivíduos doentes (FAVRE et al., 2001). Em 1980 o PECE tornou-se um programa de rotina e passou a denominar-se Programa de Controle da Esquistossomose (PCE). Apesar das inúmeras irregularidades e falhas como a ausência de critérios seletivos para o tratamento da população e os danos causados ao ambiente pela aplicação desordenada de moluscicida, durante os quase 40 anos de PCE, observa-se resultados positivos no que se refere a redução da prevalência da esquistossomose.

3.6 A Ocupação do Espaço e os Fatores Ambientais Relacionados à Ocorrência da Esquistossomose

Segundo Santos (1996), o espaço é “entendido como um conjunto indissociável, solidário e também contraditório, de sistemas de objetos e sistemas de ações, não considerados isoladamente, mas como o quadro único no qual a história se dá”. O espaço como fator determinante de doenças foi apontado desde 480 a.C. na obra “*Ares, Águas e Lugares*” de

Hipócrates que analisou os principais fatores geográficos e climáticos que influíam na ocorrência de endemias e epidemias (ANDRADE, 2000).

O espaço tem valor intrínseco na análise da relação entre saúde e ambiente, pois ali estão representados os fatores culturais, econômicos, demográficos e ambientais (BARCELLOS; BASTOS, 1996). Os padrões de ocupação do espaço influenciam no processo saúde-doença. Os fatores ambientais são fundamentais para a ocorrência de diversas doenças, não bastando conhecer as características de uma população, mas localizar onde estão acontecendo os agravos, a localização dos serviços de saúde demandados por uma população, as áreas onde se concentram situações sociais de vulnerabilidade (CARVALHO et al., 2000). O conhecimento da variação espacial e temporal dos agravos à saúde e suas relações com o contexto ambiental propicia informações essenciais para os serviços de saúde planejarem suas ações de prevenção e controle dos agravos (MEDRONHO, 1995).

A ocorrência da esquistossomose, como toda doença que está relacionada ao ambiente, depende de uma multiplicidade de fatores para sua existência, que podem ser de ordem política, econômica, social, cultural e biológica (CALIJURI et al., 2009). Não é difícil reconhecer as interrelações entre saúde e ambiente, uma vez que a influência deste último pode tanto promover condições de bem-estar como contribuir para o aparecimento e manutenção de doenças. No caso particular da esquistossomose, sua distribuição em determinadas áreas depende não só da presença dos hospedeiros intermediários do *S. mansoni* e das características físicas do ambiente, mas das características da população exposta ao parasito. Portanto, fatores fisiológicos, imunológicos e/ou socioculturais como a intensidade e o tipo de contato humano com águas naturais também são relevantes para ocorrência desta parasitose (COURA-FILHO et al., 1995; COUTINHO et al., 1997; FERREIRA; SILVA, 2007).

Segundo Loureiro (1989), a esquistossomose é determinada por fatores: Bioecológicos, que são as condições ambientais otimizadoras para a infecção e reprodução dos hospedeiros intermediários; Socioecológicos, referem-se às características ambientais modificadas pela ocupação social do espaço; e Socioculturais, compostos por determinantes históricos, políticos e o conhecimento que os grupos sociais têm sobre a doença, o que conduz o seu comportamento, atitudes e práticas de risco. As condições ambientais relacionadas à instalação e/ou manutenção dos focos de caramujo hospedeiros da esquistossomose podem estar associadas à sazonalidade pluviométrica, onde o volume e o fluxo das águas condicionam a densidade populacional e a dispersão dos caramujos (MALONE et al., 2001). Dentre as modificações provocadas pela ação humana no ambiente estão: desmatamento,

práticas agrícolas, drenagem de dejetos e a construção de represas e canais. Além disso, o modo desordenado de ocupação dos ambientes urbanos periféricos determina a ocorrência da doença, cuja causa muitas vezes é atribuída meramente à migração de pessoas infectadas para áreas indenes (BARBOSA et al., 2000). Esta urbanização sem planejamento muitas vezes está associada a condições precárias de vida, à falta de acesso à educação, serviços de saúde, remuneração adequada, moradia, saneamento, etc. (CARVALHO et al., 1998; COURAFILHO et al., 1995; SILVA, 1985). Os fatores acima elencados, associados aos hábitos individuais ou coletivos de defecar no solo ou fazer a drenagem dos esgotos para as coleções hídricas, promovendo a contaminação do meio ambiente, são responsáveis pela ocorrência, manutenção e expansão da esquistossomose.

Tanto nas áreas rurais como nas periurbanas os ambientes aquáticos são contaminados devido à carência de saneamento, abastecimento de água e de informação. Nas áreas rurais, a transmissão da esquistossomose é sistemática em todos os meses do ano, pois os indivíduos exercem atividades domésticas, de subsistência e de lazer nas coleções hídricas naturais (rios, lagoas e açudes) sendo prática usual o despejo direto ou indireto de fezes nesses ambientes aquáticos. Nas localidades periurbanas e/ou favelizadas, o resíduo de esgotos residenciais é diretamente lançado em canais, córregos ou valas ao redor do peridomicílio, onde os caramujos hospedeiros se criam e se infectam. A transmissão é sazonal, por ocasião das chuvas, quando os canais transbordam levando caramujos infectados para as ruas onde as pessoas se infectam acidentalmente pelo simples contato com as águas empoçadas (BARBOSA et al., 2008).

3.7 Geoprocessamento e Análise Espacial em Saúde

O geoprocessamento compreende um conjunto de ciências e tecnologias utilizadas na aquisição, armazenamento, gerenciamento, manipulação, cruzamento, exibição, documentação e distribuição das informações geográficas. É composto pelo Sistema de Posicionamento Global (GPS), o Sensoriamento Remoto (SR) e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) (CARVALHO et al., 2000).

O GPS mede a latitude, longitude e altura em qualquer ponto da Terra baseado em informações recebidas de satélites. O Sensoriamento remoto é o conjunto de processos e técnicas usados para medir propriedades eletromagnéticas de uma superfície, ou de um objeto, sem que haja contato entre o objeto e o equipamento sensor. Os sensores respondem

proporcionalmente à quantidade de luz incidente através de uma reação física ou de um sinal elétrico (CÂMARA et al., 1996). Os Sistemas de Informações Geográficas são estruturas de processamento eletrônico de dados que permitem a captura, armazenamento, manipulação, análise, demonstração e relato de dados georreferenciados (SANSON et al., 1991). Consiste na coleta de dados através de levantamento de campo ou acesso a bancos de dados; armazenamento dos dados em forma digital para sua posterior utilização e em seguida, procede-se sua recuperação, transformação, análise e transformação dos dados em informação na forma de mapas, gráficos e tabelas (ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE, 2002).

O SIG é um importante instrumento a ser utilizado na descrição e análise da situação de saúde subsidiando as ações de gestão (ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE, 1996). Ele relaciona um determinado fenômeno da realidade com sua localização espacial (MEDRONHO, 1995). Na Saúde Pública permite a descrição espacial de um evento de saúde, identificação de riscos ambientais e ocupacionais, análise de situação de saúde em uma determinada área, planejamento e programação de atividades e avaliação de intervenções em saúde (ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE, 1996). Desta forma, torna-se necessário fomentar a aplicação dos potenciais analíticos desta ferramenta para que, ao lado de outros instrumentos epidemiológicos, formem um arsenal de informações que possam apoiar decisões de planejamento por meio de múltiplos critérios (LANG; BLASCHKE, 2009).

Há mais de um século o potencial de mapas é explorado para o entendimento da dinâmica espacial das doenças. Um dos estudos pioneiros sobre uso de mapas na ciência médica foi realizado entre 1849 e 1854, na área do Soho, em Londres, por John Snow, que usou mapas (croquis) para mostrar a distribuição geográfica das mortes por cólera na região demonstrando uma associação espacial entre as mortes pela doença e o suprimento de água (MEDRONHO, 1995). O estudo dos padrões de distribuição geográfica das doenças e suas relações com fatores ambientais constituem-se objeto da Epidemiologia Geográfica. O conhecimento detalhado das condições ambientais de saúde da população pode ser feito através de mapas que permitam observar a distribuição espacial de situações de risco e dos problemas de saúde (CARVALHO et al., 2000).

O geoprocessamento se apresenta como um moderno instrumento de divulgação de resultados das investigações epidemiológicas, permitindo que epidemiologistas entendam a dinâmica das doenças e suas variações no espaço e no tempo, além das informações geradas

serem facilmente compreendidas e interpretadas tanto pelos profissionais como pelos usuários dos serviços de saúde (BARCELLOS; BASTOS, 1996).

3.8 Geoprocessamento Aplicado a esquistossomose

A aplicação de técnicas de geoprocessamento no estudo da esquistossomose ocorreu pela primeira vez nas Filipinas e Caribe (CROSS; BAILEY, 1984) para prever a ocorrência da doença. No Brasil, o uso de SIG na esquistossomose ocorreu inicialmente na Bahia, onde foram construídos mapas com características ambientais, prevalência do *S. mansoni* e a distribuição do caramujo para estudar a dinâmica espacial e temporal da infecção e identificar os fatores ambientais que influenciam a distribuição da esquistossomose (BAVIA et al., 1999)

Estudos utilizando o geoprocessamento demonstram sua utilidade na localização precisa de ambientes com hospedeiros intermediários do *S. mansoni* e com casos humanos da doença (BARBOSA et al., 2013, 2015). Trabalhos fazem uso dessa ferramenta de análise para estimar as áreas de maior ocorrência da doença (BARBOSA et al., 2010, 2014), melhor distribuição de recursos e políticas adequadas para o controle (GALVÃO et al., 2010; GUIMARÃES et al., 2009), análise temporal relacionada a internação hospitalar e mortalidade pela esquistossomose (RESENDES et al., 2005), além de mapas terem sido utilizados para construção de modelos para transmissão da doença com objetivo de prever o dimensionamento da mesma a partir do diagnóstico dos seus fatores de risco (GUIMARÃES et al., 2012).

Estudos usando dados de sensoriamento remoto para predição do risco de infecção permitem um entendimento mais completo sobre a ecologia da infecção e padrões de distribuição da doença. Esses estudos destacam também a influência de fatores determinantes do parasito e hospedeiro nos “micro ambientes” relacionados a transmissão da doença (BROOKER, 2002). Modelos espaciais de SIG e sensoriamento remoto permitem o estudo do impacto de inundação sobre a dinâmica de dispersão e fixação do molusco hospedeiro da esquistossomose (ZHOU et al., 2002). Na África, Cline (1970) também aponta o potencial das técnicas de sensoriamento remoto juntamente com o SIG para melhor compreensão da epidemiologia e controle da esquistossomose. A detecção através do sensoriamento remoto das variações de ocupação de áreas urbanizadas ao longo do tempo e suas características ambientais têm sido associadas à ocorrência da esquistossomose em diversas partes do mundo, como na China (ZHOU et al., 2001), África (MALONE et al., 2001) e Brasil (BAVIA

et al., 2001; FONSECA et al., 2014; FREITAS et al., 2006; MARTINS-BEDÊ et al., 2010; RASO et al., 2006; SCHOLTE, R. G. C., 2012, 2014).

Sendo a esquistossomose um agravo determinado por componentes estruturais e contextuais do meio ambiente, o geoprocessamento pode ser uma poderosa ferramenta para desvendar os fatores causais e analisar o risco da sua ocorrência no espaço e no tempo. Os métodos de análise espacial a serem utilizados no presente trabalho permitirão construir evidências, em forma de mapas, mostrando a posição geográfica da doença e sua espacialização, relacionando os dados biológicos com os fatores ambientais para caracterizar a paisagem epidemiológica das áreas em estudo.

4 Objetivo geral

Predizer o risco para expansão da esquistossomose identificando os elementos contidos no espaço geográfico que caracterizem ambientes associados à manutenção e transmissão da doença em localidades litorâneas de Pernambuco.

4.1 Objetivos Específicos

- 1 Identificar a positividade e intensidade de infecção dos casos humanos para esquistossomose;
- 2 Determinar as variáveis (ambientais, de saneamento, socioeconômicas e comportamentais) para estimar a ocorrência da esquistossomose na área de estudo (litoral de Pernambuco);
- 3 Estimar os fatores ambientais, socioeconômicos e comportamentais associados a esquistossomose em áreas litorâneas;
- 4 Identificar criadouros e focos de caramujos transmissores do *Schistosoma mansoni*;
- 5 Criar um mapa de risco com a informação da presença de caramujos e da esquistossomose;
- 6 Modelar a distribuição espacial das espécies de *Biomphalaria* nas localidades de estudo e extrapolar para Região Metropolitana do Recife.

5 Resultados

Este trabalho faz parte do projeto “Avaliação Quantitativa do Risco Ambiental e da Influência do Contexto na Transmissão da Esquistossomose na Praia de Itamaracá, Pernambuco”, aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa do Centro de Pesquisa Aggeu Magalhães – Fiocruz sob registro CAEE: 07240712.6.0000.5190 (ANEXO A).

Todos os resultados dos exames foram entregues aos pacientes que foram encaminhados para tratamento na USF. O Serviço de Referência em Esquistossomose do CPqAM/ Fiocruz solicitou a Secretaria Estadual de Saúde a liberação do medicamento (Praziquantel) para o município. Todos os pacientes positivos para *S. mansoni* ou outros helmintos foram tratados. Relatórios com os resultados dos exames de fezes foram repassados para as Secretarias de Saúde das localidades Forte Orange e Serrambi para serem inseridos no Sistema de Informações do Programa de Controle da Esquistossomose (SISPCE). O diagnóstico espacial das situações do agravo será repassado para os serviços da Secretaria de Saúde das localidades estudadas.

Os resultados dos objetivos desta tese foram submetidos e publicados na forma de 4 artigos.

5.1 Artigo 1 – First report of schistosomiasis on Serrambi beach, Ipojuca, State of Pernambuco

Este artigo foi publicado na Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical em 2015 e relata pela primeira vez a ocorrência de casos humanos de esquistossomose e focos de *Biomphalaria* em Serrambi, localidade de Ipojuca.



First report of schistosomiasis on Serrambi beach, Ipojuca, State of Pernambuco

Verônica Santos Barbosa^[1], Ricardo José de Paula Souza e Guimarães^[2],
Rodrigo Moraes Loyo^[1], Silas Marcelino^[1]
and Constança Simões Barbosa^[1]

[1]. Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, Recife, Pernambuco, Brasil. [2]. Instituto Evandro Chagas, Secretaria de Vigilância Sanitária, Ministério da Saúde, Ananindeua, Pará, Brasil.

ABSTRACT

Introduction: The expansion of schistosomiasis to previously unaffected areas is being monitored by identifying new cases and georeferencing outbreaks of vector snails. **Methods:** In 2014, the Laboratório de Esquistossomose began an epidemiological survey in Serrambi and registered 2,574 people living there. **Results:** Of these subjects, 1,414 (54.9%) underwent feces examination and 63 (4.5%) were diagnosed with *Schistosoma mansoni* infection. At this locality, seven breeding sites each were identified for *Biomphalaria straminea* and *Biomphalaria glabrata*. At two sites, *B. glabrata* were shedding cercariae. **Conclusions:** Implementing preventive measures is necessary to avoid the establishment of schistosomiasis in yet another tourist locality, Pernambuco.

Keywords: Schistosomiasis. Epidemiological survey. Pernambuco.

The first report of coastal transmission of schistosomiasis in the State of Pernambuco dates back to 1990. During that time, four medical students presented acute clinical form of the disease after accidental exposure via rainwater puddles on the streets of Forte Orange beach in Itamaracá Island, which had numerous *Biomphalaria glabrata* snails infected with the parasite *Schistosoma mansoni*⁽¹⁾.

Over the subsequent years, other human cases and foci of intermediate snail hosts were recorded in various coastal tourist localities in this state: Porto de Galinhas, in the municipality of Ipojuca^{(2) (3) (4) (5)}; Carne de Vaca and Ponta de Pedras in Goiana^{(3) (6) (7)}; Piedade, in Jaboatão dos Guararapes⁽⁸⁾; Janga and Pau Amarelo, in Paulista; and Mangue Seco, in Igarassu⁽³⁾.

The expansion of schistosomiasis to these previously unaffected areas is being monitored by identifying and treating new patients and by georeferencing and epidemiologically characterizing the locations of the vector focus. The *Laboratório e Serviço de Referência em Esquistossomose (LASERE)* of the Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães (CPqAM), of the Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), has been conducting systematic surveys along the coast of Pernambuco. These surveys have detected snails infected with *S. mansoni* at rates

of up to 31%, along with human communities exhibiting severe infection with this parasite^{(3) (5) (8) (9) (10) (11) (12)}. In an expedition in September 2013⁽¹³⁾, the first report of the presence of a breeding site for *B. glabrata* was registered in Serrambi, in the coastal tourist locality of Ipojuca; during this time, 49 specimens were collected. All these specimens were negative for *S. mansoni*. Attention was drawn to this finding because of the close proximity of Serrambi to Porto de Galinhas, where 425 humans had been diagnosed with schistosomiasis in 2010.

From October 2013 until the present time, the laboratory has been collecting vector snails on a monthly basis from Serrambi. In September 2014, *B. glabrata* snails infected with *S. mansoni* were detected for the first time in Serrambi. In 2014, LASERE began a parasitological survey and registered 2,574 people living there. Of these, 1,414 (54.9%) underwent feces examination, and 63 (4.5%) were diagnosed with *S. mansoni* infection, with parasite loads between 12 and 2,124 eggs per gram of feces. Until that time, seven breeding sites each for *B. straminea* and *B. glabrata* were identified in Serrambi. In two of the breeding sites, the snails were shedding cercariae of *S. mansoni* since September 2014, and this finding indicated the start and spread of schistosomiasis transmission in Serrambi (**Figure 1**).

The results from the 2014 parasitological survey showed that men between the ages of 20 and 39 years were the most frequently parasitized both by *S. mansoni* and other helminthiases (**Table 1**).

The infected humans could not be considered to be autochthonous because they had been exposed to contaminated waters from endemic areas. Nonetheless, the presence of parasitized *B. glabrata* snails that were shedding cercariae of

Corresponding author: Dra. Verônica Santos Barbosa. Depto. de Parasitologia/CPqAM/FIOCRUZ. Av. Prof. Moraes Rego s/n, Campus da UFPE, Cidade Universitária, 50740-465 Recife, Pernambuco, Brasil.

Phone: 55 81 2101-2661

e-mail: sbveronica85@hotmail.com

Received 10 March 2015

Accepted 25 May 2015

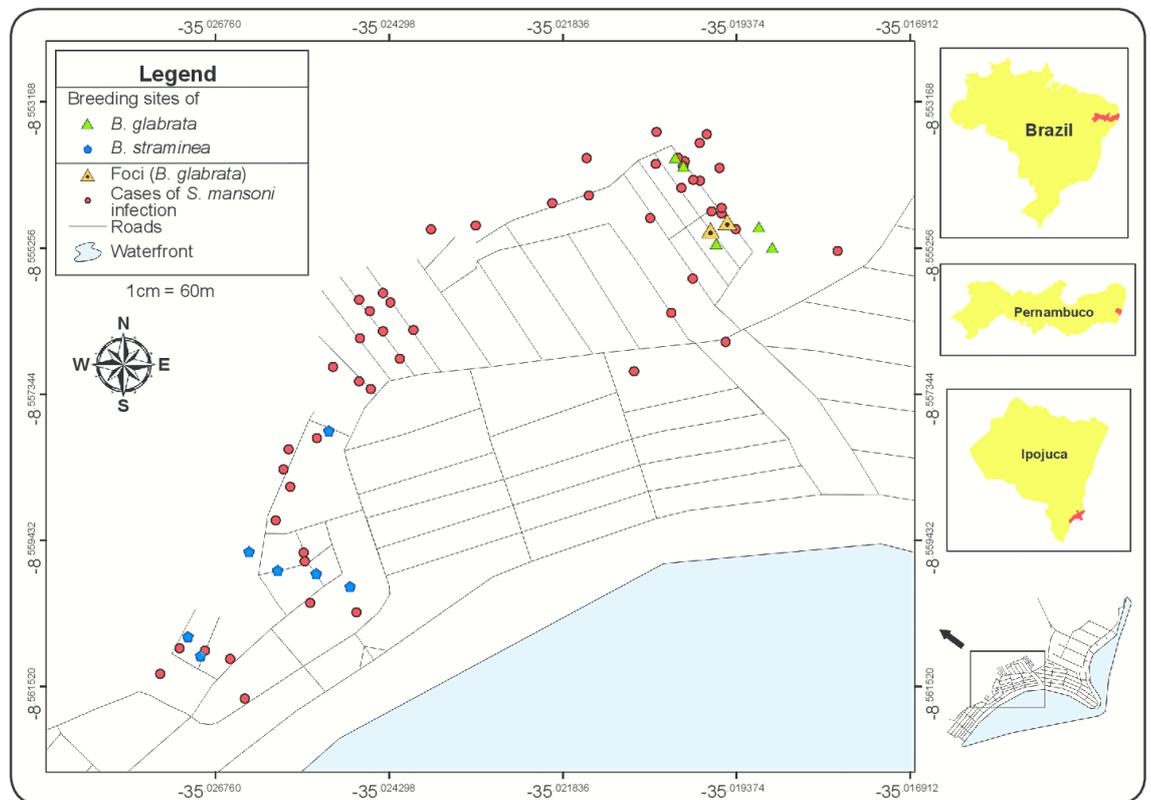


FIGURE 1 - Spatial distribution of the patients diagnosed with schistosomiasis, breeding sites for *B. glabrata* and *B. straminea*, and foci of *B. glabrata* with snails positive for *S. mansoni* in Serrambi, Ipojuca, State of Pernambuco. *B.*: *Biomphalaria*; *S.*: *Schistosoma*.

TABLE 1 - Individuals infected with helminths according to sex and age group in Serrambi, Ipojuca, State of Pernambuco.

Variable	<i>Schistosoma mansoni</i> (n = 63)		<i>Ascaris lumbricoides</i> (n = 38)		<i>Trichuris trichiura</i> (n = 68)		Hookworms (n = 25)	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Sex								
male	42	66.7	20	52.6	34	50.0	17	68.0
female	21	33.3	18	47.4	34	50.0	8	32.0
Age group (years)								
0-9	1	1.6	16	42.1	18	26.4	1	4.0
10-19	8	12.7	10	26.3	28	41.2	6	24.0
20-39	31	49.2	2	5.3	11	16.2	8	32.0
40-59	16	25.4	9	23.7	8	11.8	8	32.0
>60	5	7.9	1	2.6	3	4.4	2	8.0
not stated	2	3.2	-	-	-	-	-	-

Schistosoma mansoni is an epidemiological indicator suggesting the establishment of disease transmission in Serrambi.

In Serrambi, malacological surveys, involving monthly measurements of environmental and biological data such as rainfall rates, snail population densities, and snail infectivity rates, are ongoing in order to compile seasonal maps for identifying the periods of greater risk of schistosomiasis transmission in this locality.

The diagnosed human patients were properly treated, and the maps containing the malacological information were submitted to the local health department so that preventive measures could be implemented to avoid the establishment of schistosomiasis transmission in another tourist locality in Pernambuco, which would increase the risk of infection for vacationers and tourists who visit this region to admire its natural beauty.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank the technicians of the Laboratório e Serviço de Referência em Esquistossomose (LASERE) of the Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães (CPqAM), of the Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), for their support during the field and laboratory studies. We are grateful to the Health Department of Ipojuca for allowing us to conduct this project.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that there is no conflict of interest.

REFERENCES

- Gonçalves F, Coutinho A, Santana W, Barbosa CS. Esquistossomose Aguda, de caráter episódico, na Ilha de Itamaracá, Estado de Pernambuco. *Cad Saude Publica* 1991; 7:424-425.
- Barbosa CS, Domingues ALC, Abath F, Montenegro SML, Guida U, Carneiro J, et al. Epidemia de esquistossomose aguda na praia de Porto de Galinhas, Pernambuco, Brasil. *Cad Saude Publica* 2001; 17:725-728.
- Barbosa CS, Araújo KC, Sevilla MAA, Melo F, Gomes ECS, Souza-Santos R. Current epidemiological status of schistosomiasis in the state of Pernambuco, Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2010; 105:549-554.
- Araújo KCGM, Resendes APC, Souza-Santos R, Silveira-Junior JC, Barbosa CS. Análise Espacial dos Focos de *Biomphalaria glabrata* e de casos humanos de esquistossomose em Porto de Galinhas, Pernambuco, Brasil, no ano de 2000. *Cad Saude Publica* 2007; 23:409-417.
- Gomes ECS, Leal Neto OB, Albuquerque J, Silva HP, Barbosa CS. Schistosomiasis transmission and environmental change: a spatio-temporal analysis in Porto de Galinhas, Pernambuco - Brazil. *Int J Health Geogr* 2012; 11:51.
- Souza MAA, Barbosa VS, Albuquerque JO, Bocanegra S, Souza-Santos R, Paredes H, et al. Aspectos ecológicos e levantamento malacológico para identificação de áreas de risco para a transmissão da esquistossomose no litoral norte de Pernambuco, Brasil. *Iheringia Ser Zool* 2010; 100:1-6.
- Paredes H, Souza-Santos R, Resendes APC, Souza MAA, Albuquerque J, Bocanegra S, et al. Spatial pattern, water use and risk levels associated with the transmission of schistosomiasis on the north coast of Pernambuco, Brazil. *Cad Saude Publica* 2010; 26:1013-1023.
- Souza MAA, Barbosa VS, Wanderlei TNG, Barbosa CS. Criadouros de *Biomphalaria*, temporários e permanentes, em Jaboatão dos Guararapes, PE. *Rev Soc Bras Med Trop* 2008; 41:252-256.
- Barbosa CS, Gonçalves JF, Albuquerque J, Barbosa FS. Urban Schistosomiasis in Itamaracá Island, Pernambuco, Brazil: Epidemiological Factors Involved in the Recent Endemic Process. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 1998; 93:265-266.
- Barbosa CS, Pieri OS, Silva CB, Barbosa FS. Ecoepidemiologia da esquistossomose urbana na ilha de Itamaracá, Estado de Pernambuco. *Rev Saude Publica* 2000; 34:337-341.
- Barbosa CS, Araújo KC, Antunes L, Favre T, Piori OS. Spatial Distribution of Schistosomiasis Foci on Itamaracá Island, Pernambuco, Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2004; 99:79-83.
- Gomes ECS, Leal Neto OB, Oliveira FJ, Campos JV, Souza-Santos R, Barbosa CS. Risk analysis for occurrences of schistosomiasis in the coastal area of Porto de Galinhas, Pernambuco, Brazil. *BMC Infect Dis* 2014; 14:101.
- Barbosa CS, Souza-Santos R, Gomes ECS, Araújo K, Albuquerque J, Melo F, et al. Epidemiologia da Esquistossomose no Litoral de Pernambuco. *Rev Patol Trop* 2014; 43:436-445.

5.2 Artigo 2 – Fatores associados a ocorrência de esquistossomose em área endêmica e não endêmica de Pernambuco

Este artigo será submetido para Revista Brasileira de Epidemiologia e mostra os fatores de saneamento, socioeconômicos e comportamentais relacionadas a esquistossomose nas localidades do Forte Orange e Serrambi.

Fatores associados a ocorrência de esquistossomose em área endêmica e não endêmica de Pernambuco

Factors associated with the occurrence of schistosomiasis in an endemic and non-endemic area of Pernambuco

Fatores associados com a esquistossomose em Pernambuco

Factors associated with schistosomiasis in Pernambuco

Verônica Santos Barbosa¹, Ricardo José Ferreira², Rodrigo Loyo¹, Ricardo José de Paula Souza e Guimarães³, Constança Simões Barbosa¹

¹Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães - CPqAM/Fiocruz, Recife/PE - Brasil

²Instituto Federal da Paraíba, João Pessoa/ PB - Brasil

³Instituto Evandro Chagas - IEC/SVS/MS, Ananindeua/ PA - Brasil

Autor para correspondência: Verônica Santos Barbosa

Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães - CPqAM/Fiocruz-PE. Av. Professor Moraes Rego, s/n - 50.740-465 - Recife/PE. Telefone: 081 2101-2661/ 081 99671-0499.

sbveronica85@hotmail.com

Agradecimentos

Aos técnicos do Laboratório e Serviço de Referência em Esquistossomose do CPqAM/Fiocruz pelo suporte no trabalho de campo e laboratório. As Secretarias de Saúde da Ilha de Itamaracá e Ipojuca, pela anuência do projeto e contribuição no trabalho de campo.

Conflito de interesses

Não houve conflito de interesse.

Fontes de Financiamento

A Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) pelo financiamento do projeto de pesquisa (APQ 0035-4.00/13) e ao Programa Brasil Sem Miséria/ CAPES pela concessão de bolsa de doutorado.

Aprovação do Comitê de Ética

Comitê de Ética em pesquisa do Centro de Pesquisa Aggeu Magalhães/ Fiocruz -
CAEE: 07240712.6.0000.5190

Colaboradores

Verônica Santos Barbosa participou da concepção e planejamento, coleta de campo, análise e interpretação dos dados, redação e aprovação da versão final; Ricardo Ferreira participou da análise e interpretação dos resultados. Rodrigo Moraes Loyo participou da concepção e planejamento, coleta de campo, análise dos dados e aprovação da versão final; Ricardo Guimarães participou da concepção e planejamento, análise dos dados e aprovação da versão final; Constança Simões Barbosa participou da concepção e planejamento, e aprovação da versão final.

Resumo

Introdução: A ocorrência da esquistossomose, como toda doença que está relacionada ao ambiente, depende de uma multiplicidade de fatores para sua existência. Este trabalho teve como objetivo determinar as variáveis relacionadas a esquistossomose em área litorânea endêmica e não endêmica para a doença. **Metodologia:** Foi realizado inquérito coproscópico nas localidades de Itamaracá e Serrambi. O material fecal foi analisado pelo método de Kato Katz e foram coletadas variáveis de saneamento, socioeconômicas e comportamentais de risco relacionadas ao indivíduo. As análises estatísticas foram realizadas através dos testes T, Qui-Quadrado e da regressão logística multivariada, no software R 3.1.1. **Resultados:** O modelo final comprova que as variáveis que mais contribuem para presença da esquistossomose no Forte Orange em ordem de importância foram a ausência de rua asfaltada, pessoas do sexo masculino, de idade mais avançada, com baixa escolaridade e que tomam banho de rio. Em Serrambi as variáveis foram ausência de rua asfaltada, pessoas do sexo masculino, que tenham acúmulo de água em frente a casa, de idade mais avançada e que não tomam banho de rio. **Discussão:** Em Serrambi, há mais variáveis associadas a ocorrência do *S. mansoni* que no Forte Orange, porém ao considerar todas as variáveis, os modelos finais das duas localidades apontam as mesmas variáveis explicativas para a doença, apenas acrescentando que em Serrambi há o risco devido ao acúmulo de água na frente das casas e entre pessoas que não tomam banho de rio. Nessa localidade os criadouros/ focos estavam localizados no peridomicílio e podem ter contribuído na transmissão da doença quando na ocorrência de enchentes na localidade. **Conclusão:** O comportamento dos indivíduos aliado aos principais fatores de predisposição para esquistossomose fez com que áreas endêmicas e não endêmicas tenham o mesmo panorama para a doença.

Palavras-chaves: Associação, Esquistossomose, Perfil Litoral.

Abstract

Introduction: The occurrence of schistosomiasis, like any disease that is related to the environment, depends on a multiplicity of factors for its existence. The objective of this study was to determine the variables related to schistosomiasis in coastal areas endemic and not endemic to the disease. **Methodology:** Coproscopic investigation was carried out in Itamaracá and Serrambi. The stool sample was analyzed by the Kato Katz method and were collected variables of sanitation, socioeconomic and behavioral risk related to the individual. Statistical analyzes were performed using the T test, Chi-Squared and multinomial logistic regression in software R 3.1.1. **Results:** The final model confirms that the variables with greater contribution to the presence of *S. mansoni* in Fort Orange in order of importance are the absence of paved street, male, older, low education level and take river bath. In Serrambi the variables are absence of paved street, male, have accumulation of water at the house front, advanced age and do not take river bath. **Discussion:** In Serrambi, there are more variables associated with the occurrence of *S. mansoni* than Fort Orange, but when considering all variables, the final models of the two locations points the same explanatory variables for the disease, only adding that in Serrambi there is the risk due to the accumulation of water in front of the houses and between people who do not take bath of river. In this locality the breeding sites/ foci are located in the peridomicilio and that can contribute in the transmission of the disease when in the occurrence of floods in the locality. **Conclusion:** The individuals behavior combined with the main predisposing factors to schistosomiasis causes the same disease panorama to endemic and non-endemic areas.

Key-words: Association, Schistosomiasis, Shore Profile.

1. Introdução

Considerada a principal doença de transmissão hídrica da América, a esquistossomose ocorre em 76 países, destes 54, principalmente da África, leste do Mediterrâneo e da América do Sul e Caribe, apresentam o *Schistosoma mansoni*^{1, 2}. O Brasil é considerado o país mais afetado das Américas, onde 25 milhões de pessoas vivem em áreas endêmicas³ e este parasito afeta 1,8 milhões de indivíduos, distribuindo-se em 19 dos seus 26 estados^{2,4}. As prevalências mais elevadas da doença encontram-se na região Nordeste, nos estados de Sergipe, Bahia, Alagoas e Pernambuco, este apresentando prevalência de 1,94%⁵.

Em Pernambuco a esquistossomose é endêmica na Zona da Mata e Agreste estando distribuída em 72 dos 185 municípios do Estado^{6,7}. Sua incidência é maior em adolescentes e adultos jovens (10 – 19; 20 – 39 anos)^{8,9,10}. Indivíduos do sexo masculino apresentam maior coeficiente de internação hospitalar e de mortalidade, havendo também um maior número de internações e óbitos com o aumento da idade¹¹.

A ocorrência da esquistossomose, como toda doença que está relacionada ao ambiente, depende de uma multiplicidade de fatores para sua existência. De acordo com Loureiro¹², adaptado por Barbosa et al.¹³ a esquistossomose é determinada por fatores: Bioecológicos, que são as condições ambientais otimizadoras para a infecção e reprodução dos hospedeiros intermediários; Socioecológicos, referem-se às características ambientais modificadas pela ocupação social do espaço; e Socioculturais, compostos por determinantes históricos, políticos e o conhecimento que os grupos sociais têm sobre a doença, o que conduz o seu comportamento, atitudes e práticas de risco. As condições ambientais relacionadas à instalação e/ou manutenção dos focos de caramujos hospedeiros da esquistossomose podem estar associadas à sazonalidade pluviométrica, onde o volume e o fluxo das águas condicionam a densidade populacional e a dispersão dos caramujos¹⁴. Dentre as modificações provocadas pela ação humana no ambiente estão: desmatamento, práticas agrícolas, drenagem de dejetos e a construção de represas e canais. Além disso, o modo desordenado de ocupação dos ambientes urbanos periféricos determina a ocorrência da doença, cuja causa muitas vezes é atribuída meramente à migração de pessoas infectadas para áreas indenes¹⁵. Esta urbanização sem planejamento muitas vezes está associada a condições precárias de vida, à falta de acesso à educação, serviços de saúde, remuneração adequada, moradia, saneamento, etc.^{16,17,18}. Os fatores acima elencados, associados aos hábitos individuais ou coletivos de defecar no solo ou fazer a drenagem dos esgotos para as coleções hídricas, promovendo a contaminação do meio ambiente, são responsáveis pela ocorrência, manutenção e expansão da esquistossomose.

Este trabalho teve como objetivo determinar as variáveis (ambientais, de saneamento, socioeconômicas e comportamentais) relacionadas a esquistossomose em área litorânea endêmica e não endêmica para a doença.

2. Metodologia

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado em todas as residências que estavam no recorte amostral contido na área de abrangência física de uma Unidade de Saúde da Família (USF) das localidades: Forte Orange, Ilha de Itamaracá, litoral norte de Pernambuco e Serrambi, município de Ipojuca, litoral sul de Pernambuco. A USF do Forte Orange é composta por uma equipe saúde da família e uma equipe de saúde bucal que atende a 831 famílias e um total de 2.795 pessoas. A USF de Serrambi é composta por duas equipes de saúde da família, acompanha 1.082 famílias e 3.246 pessoas.

A Ilha de Itamaracá está localizada no litoral norte de Pernambuco, sendo um município integrante da Região Metropolitana do Recife, limitando-se a norte com Goiana, a sul com Igarassu, a leste com Oceano Atlântico e a oeste com Itapissuma. O município possui uma área de 66,68 km² e população de 24.888 habitantes¹⁹. A Praia do forte Orange está localizada ao sul da Ilha de Itamaracá e possui cerca de 4 km de extensão de orla marinha, se limitando a leste pelo mar e a oeste por uma mata num espaço de aproximadamente 1,4 km de largura. Esta praia fica situada a 47,5 km da cidade do Recife. As atividades urbanas predominam sobre as rurais e o movimento turístico motivou a ocupação de extensas áreas por loteamentos voltados ao lazer, principal indutor da urbanização. As atividades desenvolvidas nessa área são o turismo, a pesca, a extração mineral, o comércio e prestação de serviços. Predominantemente turística, a área do Forte Orange é bastante frequentada nos finais de semana e feriados, apresenta um belo visual paisagístico e é relativamente bem cuidada²⁰.

O município de Ipojuca está localizado no litoral sul, na Região Metropolitana, limitando-se a norte com Cabo de Santo Agostinho, a sul com Sirinhaém, a leste com Oceano Atlântico e a oeste com Escada. Possui uma área de 527,107 km² e população de 91.341 habitantes¹⁹. A Praia de Serrambi, situada ao sul do município de Ipojuca possui cerca de 5,4 km de extensão de orla marinha, se limitando a leste pelo mar e a oeste por um mangue num espaço de aproximadamente 1,8 km de largura. Serrambi fica distante cerca de 70 km da cidade do Recife. Juntamente com Porto de Galinhas, essa é a faixa litorânea mais adensada de Ipojuca, tendo o processo de urbanização iniciado na década de 70, com a implantação de

loteamentos de veraneio, sem um planejamento prévio através do aterramento de mangues, destruição de dunas e privatização de alguns trechos de praias. As pequenas vilas e povoados foram criadas junto com a demanda turística. Observa-se uma segregação espacial com a expulsão dos moradores de baixa renda da orla e ocupação turística do litoral²¹.

2.2 Inquérito Coproscópico

Os casos humanos positivos para *S. mansoni* foram identificados através de inquérito coproscópico realizado na população das duas localidades do estudo. O inquérito no Forte Orange foi realizado no período de maio a agosto de 2013 e em Serrambi de abril a julho de 2014.

O material foi analisado pelo método parasitológico de Kato Katz (1972), que permite detectar a presença de ovos do *S. mansoni* e a carga parasitária dos indivíduos, sendo assim possível determinar a intensidade da infecção na população em estudo. Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa do Centro de Pesquisa Aggeu Magalhães – Fiocruz sob registro CAEE: 07240712.6.0000.5190

2.3 Levantamento ambiental

Através da aplicação de questionário a todos os indivíduos que participaram voluntariamente da pesquisa, foram obtidas as seguintes variáveis:

- Saneamento relacionadas ao domicílio: abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana da rua, fluxo das águas pluviais.
- Socioeconômicas relacionadas ao domicílio: renda da família, escolaridade do chefe da família, número de pessoas que moram na casa.
- Comportamentais de risco relacionadas ao indivíduo: padrão de contato com a água definido pelo tempo de exposição e frequência do contato humano com águas contaminadas.

2.4 Análise estatística

As medidas de associação entre a presença/ausência do *S. mansoni* com a localidade investigada, Forte Orange ou Serrambi, foram realizadas através do teste Qui-Quadrado com um nível de 5% de significância.

Também foram aplicados os testes: T para observar, dentre os indivíduos doentes, quais variáveis estavam associados a ocorrência da doença e Qui-Quadrado para verificar a associação entre cada uma das variáveis explicativas e a presença/ ausência do *S. mansoni* por localidade, separadamente. As variáveis que apresentaram associação significativa foram

incluídas em um modelo de regressão logística multivariada. Foi utilizada a função de ligação *probit* que é recomendada para casos de grande quantidade de observações, como foi o caso estudado²².

As análises foram realizadas no software R 3.1.1 para Windows.

3. Resultados

No Forte Orange 2.515 pessoas atendidas pela USF foram cadastradas, num total de 722 residências. Das pessoas cadastradas, 1.604 (63,78%) aceitaram participar da pesquisa, destas 69 (4,3%) pessoas estavam infectadas com *S. mansoni*, 42 pessoas apresentaram de 12 a 96 ovos por grama de fezes (OPG) (baixa intensidade de infecção), 17 apresentaram de 108 a 348 OPG (moderada intensidade de infecção) e 10 acima de 400 OPG (alta intensidade de infecção). Em Serrambi 2.574 pessoas atendidas pela USF foram cadastradas, num total de 722 residências. Das pessoas cadastradas, 1.414 (54,93%) aceitaram participar da pesquisa, destas 63 (4,5%) pessoas estavam infectadas com *S. mansoni*, 46 pessoas apresentaram de 12 a 96 ovos por grama de fezes (OPG) (baixa intensidade de infecção), 13 apresentaram de 120 a 396 OPG (moderada intensidade de infecção) e 4 acima de 400 OPG (alta intensidade de infecção). A Tabela 1 mostra que não há associação entre a presença/ausência de doentes e as localidades Forte Orange e Serrambi.

Tabela 1. Associação entre o *S. mansoni* e a localidade investigada.

Localidade	<i>S. mansoni</i>		P-valor
	Sim	Não	
Forte Orange	69	1535	0,91
Serrambi	63	1351	

Dentre os indivíduos parasitados as variáveis que apresentaram associação estatisticamente significativa com o *S. mansoni* no Forte Orange e em Serrambi foram as mesmas, diferindo que em Serrambi não há associação entre a doença e o número de pessoas que moram na casa, a maioria dos doentes possuem abastecimento de água por poço, apresentam acúmulo de água defronte a casa no inverno e tempo de exposição durante o banho de rio é menor que 1 hora (Tabela 2).

Tabela 2. Variáveis associadas a ocorrência de *S. mansoni* entre os indivíduos infectados no Forte Orange e em Serrambi.

Variável	Forte Orange <i>n</i> (%)	Serrambi <i>n</i> (%)
Sexo		
Masculino	52 (75,4)*	42 (66,7)*
Feminino	17 (24,6)	21 (33,3)
Faixa Etária		
0 – 9	-	1 (1,59)
10 – 19	8 (11,6)	8 (12,70)
20 – 39	33 (47,8)*	31 (49,20)*
40 – 59	20 (28,9)	16 (25,40)
> 60	8 (11,6)	5 (7,94)
Renda Familiar		
< 1 salário mínimo	21 (30,4)	24 (38,1)
1 a 2 salários mínimos	44 (63,8)*	37 (58,73)*
3 a 5 salários mínimos	4 (5,8)	2 (3,17)
5 a 10 salários mínimos	-	-
>10 salários mínimos	-	-
Pessoas Morando na Casa		
1	2 (2,9)	5 (7,9)
2	11 (15,9)	10 (15,9)
3	10 (14,5)	10 (15,9)
4	13 (18,8)	14 (22,2)
5	11 (15,9)	11 (17,5)
Mais de 5	22 (31,9)*	13 (20,6)
Escolaridade do chefe da família		
Analfabeto	16 (23,2)	15 (23,8)
Ensino Fundamental I	30 (43,5)*	23 (36,5)*
Ensino Fundamental II	15 (21,7)	17 (26,9)
Ensino médio incompleto	3 (4,3)	1 (1,6)
Ensino médio completo	4 (5,8)	6 (9,5)
Ensino Superior incompleto	-	-
Ensino Superior completo	1 (1,4)	1 (1,6)
Pós-graduação	-	-
Abastecimento de água		

Água encanada	59 (85,5)*	9 (14,3)
Poço, Cacimba, Cisterna	10 (14,5)	54 (85,7)*
Destino do esgoto		
Rede geral de esgoto	3 (4,3)	-
Fossa	59 (85,5)*	57 (90,5)*
A céu aberto	6 (8,7)	5 (7,9)
Outros	1 (1,4)	1 (1,6)
Rua asfaltada		
Sim	2 (2,9)	4 (6,3)
Não	67 (97,1)*	59 (93,7)*
Acúmulo água no quintal no verão		
Sim	3 (4,3)	3 (4,8)
Não	66 (95,7)*	60 (95,2)*
Acúmulo de água no quintal no inverno		
Sim	13 (18,8)	23 (36,5)
Não	56 (81,2)*	40 (63,5)*
Acúmulo de água defronte a casa no verão		
Sim	-	16 (25,4)
Não	69 (100,0)	47 (74,6)*
Acúmulo de água defronte a casa no inverno		
Sim	23 (33,3)	56 (88,9)*
Não	46 (66,7)*	7 (11,1)
Fossa vazando na casa ou na rua		
Sim	6 (8,7)	9 (14,3)
Não	63 (91,3)*	54 (85,7)*
Pisa em água da rua no verão		
Sim	2 (2,9)	14 (22,2)
Não	67 (97,1)*	49 (77,8)*
Pisa em água da rua no inverno		
Sim	44 (63,8)*	58 (92)*
Não	25 (36,2)	5 (8)
Banho de rio na localidade do estudo		
Sim	34 (49,3)*	28 (44,4)*
Não	11 (15,9)	4 (6,3)
Outros locais	24 (34,8)	26 (41,3)

Tempo do banho de rio (anos)			
≤1 ano	13 (18,8)	13 (20,6)	
2 anos	7 (10,1)	9 (14,3)	
3 anos	7 (10,1)	2 (3,2)	
4 anos	-	3 (4,8)	
5 anos	1 (1,4)	5 (7,9)	
>5 anos	30 (43,5)*	22 (34,9)*	
Não sabe informar	11 (15,9)	4 (6,3)	
Não respondeu	-	5 (7,9)	
Tempo de exposição a água (horas)			
<1 hora	8 (11,6)	13 (20,6)*	
1 hora	10 (14,5)	7 (11,1)	
2 horas	12 (17,4)	8 (12,7)	
3 horas	5 (7,2)	12 (19,1)	
4 horas	5 (7,2)	3 (4,8)	
5 horas	6 (8,7)	2 (3,2)	
>5 horas	10 (14,5)	9 (14,3)	
Não sabe informar	11 (15,9)	4 (6,3)	
Não respondeu	2 (2,9)	5 (7,9)	

* Significante com um p-valor < 0,05

Considerando a presença/ ausência de infecção por *S. mansoni* as variáveis associadas a doença no Forte Orange também foram as mesmas, acrescentando em Itamaracá que há associação com a escolaridade do chefe da família, e em Serrambi com o número de pessoas morando nas casas, acúmulo de água defronte a casa no inverno, exposição a água da rua no inverno e banho de rio em menos de 1 hora (Tabela 3).

Tabela 3. Variáveis associadas a presença/ ausência de *S. mansoni* nas localidades Forte Orange e Serrambi.

Variáveis explicativas	Forte Orange		P-valor	Serrambi		P-valor
	<i>S. mansoni</i>			<i>S. mansoni</i>		
	Sim	Não		Sim	Não	
Sexo						
Masculino	52	691	<0,01*	42	627	<0,01*
Feminino	17	844		21	724	
Idade						
0-9	0	254	<0,01*	1	230	<0,01*
10-19	8	303		8	297	
20-39	33	435		31	414	
40-59	20	363		16	296	
>60	8	180		7	114	
Renda						

< 1 salário mínimo	21	356		24	402	
1 a 2 salários mínimos	44	1020		37	844	
3 a 5 salários mínimos	4	138	0,6615	2	97	0,5126
5 a 10 salários mínimos	0	16		0	2	
> 10 salários mínimos	0	2		0	6	
Pessoas morando na casa						
1	2	35		5	28	
2	11	197		10	171	
3	10	298		10	274	
4	13	318	0,6132	14	287	0,06*
5	11	310		11	250	
Mais de 5	22	377		13	341	
Escolaridade do chefe da família						
Analfabeto	16	165		15	212	
Ensino Fundamental I	30	564		23	544	
Ensino Fundamental II	15	419		17	352	
Ensino Médio incompleto	3	78		1	44	
Ensino Médio completo	4	235	0,02*	6	172	0,6915
Ensino Superior Incompleto	0	28		0	8	
Ensino Superior Completo	1	41		1	12	
Pós-Graduação	0	5		0	7	
Abastecimento de Água						
Água encanada	59	1245		9	117	
Poço, Cacimba, Cisterna	10	290	0,4478	54	1234	0,1916
Destino do esgoto						
Rede geral de esgoto	3	20		0	0	
Fossa	59	1440	0,04*	57	1301	0,06*
Céu aberto	6	61		5	39	
Outros	1	14		1	11	
Rua asfaltada						
Sim	2	159		4	321	
Não	67	1376	0,069*	59	1030	<0,01*
Acúmulo de água no quintal no verão						
Sim	3	40		3	72	
Não	66	1495	0,6203	60	1279	1
Acúmulo de água no quintal no inverno						
Sim	13	311		23	454	
Não	56	1224	0,8933	40	897	0,7338
Acúmulo de água defronte a casa no verão						
Sim	0	37		16	228	
Não	69	1498	0,3708	47	1123	0,1144
Acúmulo de água defronte a casa no inverno						
Sim	23	501	1	56	917	<0,01*

Não	46	1034		7	434	
Fossa vazando na casa ou na rua						
Sim	6	204	0,4552	9	263	0,3918
Não	63	1331		54	1088	
Pisa em água da rua no verão						
Sim	2	47	0,7766	14	226	0,4182
Não	67	1488		49	1125	
Pisa em água da rua no inverno						
Sim	44	1005	0,7269	58	1056	0,0297*
Não	25	530		5	295	
Banho de rio na localidade do estudo						
Sim	34	558		28	487	
Não	11	436	0,06*	4	406	<0,01*
Outros locais	24	541		26	435	
Tempo do banho de rio (anos)						
≤ 1 ano	13	327		13	203	
2 anos	7	65		9	71	
3 anos	7	57		2	54	
4 anos	0	17		3	29	
5 anos	1	25	<0,01*	5	36	<0,01*
> 5 anos	30	573		22	515	
Não sabe informar	11	441		4	406	
Não respondeu	0	30		5	37	
Tempo de exposição a água (horas)						
< 1 hora	8	227		13	125	
1 hora	10	155		7	136	
2 horas	12	166		8	153	
3 horas	5	125		12	148	
4 horas	5	133	0,1271	3	106	<0,01*
5 horas	6	58		2	55	
> 5 horas	10	191		9	166	
Não sabe informar	11	441		4	406	
Não respondeu	2	39		5	56	

* Significante com um p-valor < 0,05

No Forte Orange após a aplicação do Qui-Quadrado e seleção das variáveis significativas, foi testado o seguinte modelo de regressão logística multivariada:

$$S.mansoni = \beta_0 + \beta_1 \text{Sexo} + \beta_2 \text{Idade} + \beta_3 \text{Escolaridade} + \beta_4 \text{Esgoto} + \beta_5 \text{Rua_asfaltada} + \beta_6 \text{Banho_rio} + \beta_7 \text{Tempo_banho}$$

Em Serrambi o modelo testado foi:

$$S.mansoni = \beta_0 + \beta_1 \text{Sexo} + \beta_2 \text{Idade} + \beta_3 \text{Pessoas}_{_} \text{casa} + \beta_4 \text{Esgoto} + \beta_5 \text{Rua}_{_} \text{asfaltada} + \\ + \beta_6 \text{Agua}_{_} \text{frente}_{_} \text{inverno} + \beta_7 \text{Pisa}_{_} \text{agua}_{_} \text{inverno} + \beta_8 \text{Banho}_{_} \text{rio} + \\ + \beta_9 \text{Tempo}_{_} \text{banho} + \beta_{10} \text{Exposicao}_{_} \text{Agua}$$

A estimação dos parâmetros envolvidos no modelo mostra (Tabela 4):

Tabela 4. Parâmetros do modelo entre o *S. mansoni* e as variáveis investigadas nas localidades Forte Orange e Serrambi.

Variáveis explicativas	Forte Orange		Serrambi	
	Valor estimado	P-valor	Valor estimado	P-valor
Intercepto	-2,29	<0,01*	-2,33	<0,01*
Sexo	-0,619	<0,01*	-0,377	<0,01*
Idade	0,18	<0,01*	0,157	0,014*
Pessoas morando na casa	-	-	-0,04	0,28
Escolaridade	-0,155	<0,01*	-	-
Esgoto	0,104	0,55	0,24	0,22
Rua asfaltada	0,659	0,03*	0,41	0,07*
Acúmulo de água defronte a casa no inverno	-	-	-0,36	0,06*
Pisa em água no inverno	-	-	-0,159	0,24
Banho de rio	-0,111	0,08*	0,098	0,035*
Tempo de banho de rio	0,007	0,77	-0,0005	0,98
Tempo de exposição a água	-	-	0,0069	0,81

* Variáveis explicativas consideradas significantes estatisticamente no modelo.

O modelo de regressão que melhor demonstra a relação entre a variável dependente e as explicativas no Forte Orange é dado por:

$$S.mansoni_{FF} = \beta_0 + \beta_1 \text{Sexo} + \beta_2 \text{Idade} + \beta_3 \text{Escolaridade} + \beta_5 \text{Rua}_{_} \text{asfaltada} + \beta_6 \text{Banho}_{_} \text{rio}$$

Substituindo os parâmetros estimados na equação acima, temos o seguinte modelo:

$$S.mansoni_{FF} = -2,29 - 0,619 \text{Sexo} + 0,18 \text{Idade} - 0,155 \text{Escolaridade} + \\ + 0,659 \text{Rua}_{_} \text{asfaltada} - 0,111 \text{Banho}_{_} \text{rio}$$

O modelo comprova que as variáveis que mais contribuem para presença de *S. mansoni* no Forte Orange em ordem de importância foram a ausência de rua asfaltada, pessoas do sexo masculino, adulto jovem, com baixa escolaridade e que tomam banho de rio.

O modelo de regressão que melhor demonstra a relação entre a variável dependente e as explicativas em Serrambi é dado por:

$$S.mansoni = \beta_0 + \beta_1 \text{Sexo} + \beta_2 \text{Idade} + \beta_5 \text{Rua}_{_} \text{asfaltada} + \beta_6 \text{Agua}_{_} \text{frente}_{_} \text{inveno} + \beta_8 \text{Banho}_{_} \text{rio}$$

Substituindo os valores dos parâmetros adequadamente:

$$S.mansoni = -2,33 - 0,377 \text{Sexo} + 0,157 \text{Idade} + 0,41 \text{Rua}_{_} \text{asfaltada} \\ - 0,36 \text{Agua}_{_} \text{frente}_{_} \text{inveno} + 0,098 \text{Banho}_{_} \text{rio}$$

O modelo comprova que as variáveis que mais contribuem para presença de *S. mansoni* em Serrambi em ordem de importância foram ausência de rua asfaltada, pessoas do sexo masculino, que tenham acúmulo de água em frente a casa no período chuvoso, adulto jovem e que não tomam banho de rio.

4. Discussão

Os resultados apontam que independente da localidade que está sendo investigada, endêmica ou não endêmica, não há indícios de uma presença mais significativa do parasita em uma delas. Este fato aponta a capacidade adaptativa do parasito que rapidamente se instala em áreas onde haja coleções hídricas com caramujos *Biomphalaria*, juntamente com pessoas que se expõem a esses ambientes e condições de saneamento precárias. Em Itamaracá, a doença foi registrada pela primeira vez em 1991²³, em Serrambi caramujos *Biomphalaria* foram identificados em 2013²⁴ e em 2014 a prevalência já se igualava a da área endêmica. Apesar da introdução em períodos distintos, os doentes dos dois locais apresentam as mesmas características socioeconômicas e comportamentais, além de ambas as localidades pertencerem ao litoral de Pernambuco, área marcada pelos desmatamentos ambientais e expansão urbana desordenada; terem as mesmas espécies de caramujos participando do seu ciclo de transmissão (dados não publicados), fator relevante na transmissão da doença; e provavelmente a linhagem do parasito, responsável pelo poder de infectividade e patogenicidade da doença, é a mesma²⁵.

Estudos^{26,27,28,29} apontam a associação entre determinadas condições ambientais e precárias condições socioeconômicas com a ocorrência da esquistossomose. As duas localidades também possuem condições ambientais e de saneamento precárias, estando estes fatores relacionados à esquistossomose tanto em área endêmica e não endêmica. Isoladamente, em Serrambi, há mais variáveis associadas a ocorrência do *S. mansoni* que no Forte Orange, porém ao considerar todas as variáveis, os modelos finais das duas localidades apontam as mesmas variáveis explicativas para a doença, apenas acrescentando que em Serrambi há o risco devido ao acúmulo de água na frente das casas e entre pessoas que não tomam banho de rio. Barbosa et al. (dados não publicados) apontam que nessa localidade os criadouros/ focos estão localizados no peridomicílio e que podem contribuir na transmissão da doença quando na ocorrência de enchentes na localidade, transportando esses criadouros para as ruas e obrigando a população a se expor ao saírem de suas residências.

Sendo a esquistossomose uma doença que apresenta ampla difusão dos hospedeiros intermediários, com mecanismos de escape em relação à existência de métodos de controle;

associada a frequência do contato humano com a água em atividades agrícolas, doméstica ou por lazer; relacionada a falta de água potável; além das limitações do tratamento individual e em massa, seu controle é uma das tarefas mais difíceis dos serviços de saúde pública, fato onde aponta que somente medidas estruturais serão possíveis para controlar ou erradicar a doença¹¹.

Desde 1975 as ações de controle da esquistossomose em Pernambuco são realizadas pelo Ministério da Saúde através do Programa Especial de Controle da Esquistossomose (PECE), que em 1980 tornou-se um programa de rotina e passou a denominar-se Programa de Controle da Esquistossomose (PCE). Estudos apontam^{10,11} a ineficácia das ações de controle do PCE que se baseiam apenas na tentativa de erradicação do caramujo hospedeiro através da aplicação do moluscicida niclosamida nos criadouros *Biomphalaria* e tratamento em massa da população, acompanhado da vigilância epidemiológica nas áreas endêmicas, esta com a função de realizar busca ativa dos casos, diagnosticar e tratar os indivíduos doentes⁶. Além disso, Quinino et al³⁰ apontaram a falta de conectividade e continuidade entre as ações de controle aplicadas, o que pode contribuir para a manutenção da transmissão. Em 2011 foi criada pela Secretaria Estadual de Saúde (SES) de Pernambuco outra estratégia visando a redução ou eliminação da esquistossomose, além de mais seis doenças negligenciadas do estado, através do programa SANAR. Porém dentre as ações previstas estão fortalecimento da vigilância e atenção básica voltadas para identificação e manejo clínico adequado dos pacientes, ampliação do diagnóstico laboratorial, melhora do acesso ao tratamento e medicamentos e realização de ações educativas e de mobilização social³¹.

Observa-se que as estratégias de controle aplicadas são sempre as mesmas e a doença ainda se mantém endêmica, além de se apresentar em expansão em algumas áreas, este fato aponta que os programas de controle da esquistossomose, mesmo instrumentalizados com tecnologias eficazes, não têm conseguido, de forma eficaz, êxito nas suas ações porque são pensadas a partir de uma lógica centralizada, intervencionista, medicalizada e padronizada para todas as áreas endêmicas. Essas ações programáticas agem exclusivamente sobre o efeito ou sobre as manifestações físicas da doença, sem questionar suas causas históricas e estruturais¹³. É preciso que a investigação epidemiológica e ações de controle assumam a complexidade da endemia compreendendo a essência social do processo saúde/doença e a historicidade dos seus determinantes³². Desta forma, a elaboração de estratégias mais coerentes para o controle das endemias trará benefícios muito mais amplos para a qualidade de vida e saúde das populações.

5. Conclusão

Os resultados desse estudo apontam que os indivíduos que vivem em áreas litorâneas possuem o mesmo comportamento e isso aliado com os principais fatores de predisposição para esquistossomose faz com que áreas endêmicas e não endêmicas tenham o mesmo panorama para a doença. Recomendamos a realização de estudos semelhantes em outras áreas litorâneas para verificar a existência do mesmo comportamento.

Referências

1. World Health Organization. Report of the Scientific Working Group meeting on Schistosomiasis. Geneva; 2005.
2. Noya O, Katz N, Pointier JP, Theron A, Noya BA. Schistosomiasis in America. *Neglected Tropical Diseases*, v. VIII, p. 11 – 43. 2015.
3. Chitsulo L, et al. The global status of schistosomiasis and its control. *Acta Trop* 2000; 77: 41–51.
4. Katz N, Peixoto SV. Análise crítica da estimativa do número de portadores de esquistossomose mansoni no Brasil. *Rev Soc Bras Med Trop* 2000; 33: 303-308.
5. Katz N, Rocha RS, Barbosa CS, Bezerra FSM, Coelho PMZ, Carvalho OS, Teixeira CG, Fazito D, Marcelino JM. National survey on Schistosomiasis mansoni and Geohelminths in Brazil (2011-2014). XIII International Congress of Parasitology–ICOPA, Mexico. 2014.
6. Favre TC, Pieri OS, Barbosa CS, Beck L. Avaliação das ações de controle da esquistossomose implementadas entre 1977 e 1996 na área endêmica de Pernambuco, Brasil. *Rev Soc Bras Med Trop* 2001; 34: 569-576.
7. Farias LMM, Resendes APC, Sabroza PC, Souza-Santos R. Análise preliminar do Sistema de Informação do Programa de Controle da Esquistossomose no período de 1999 a 2003. *C Saúde Pública* 2007; 23: 235-239.

8. Ximenes R, Southgate B, Smith PG, Guimarães Neto L. Socioeconomic determinants schistosomiasis in an urban area in the Northeast of Brazil. *Rev Panam Salud Publica* 2003; 14: 409-421.
9. Pereira WR. Fatores de risco associados à infecção pelo *Schistosoma mansoni* [Dissertação de Mestrado]. Belo Horizonte: Centro de Pesquisas René Rachou Fundação Oswaldo Cruz; 2006.
10. Barbosa CS, Araújo KC, Sevilla MAA, Melo F, Gomes ECS, Souza-Santos R. Current epidemiological status of schistosomiasis in the state of Pernambuco, Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2010; 105: 549-554.
11. Resendes APC, Souza-Santos R, Barbosa CS. Internação hospitalar e mortalidade por esquistossomose mansônica no Estado de Pernambuco, Brasil, 1992/2000. *Cad Saúde Pública* 2005; 21: 1392-1401.
12. Loureiro S. A questão do social na epidemiologia e controle da esquistossomose mansônica. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 1989; 84: 124-131.
13. Barbosa CS, Silva CB, Barbosa FS. Esquistossomose: reprodução e expansão da endemia no Estado de Pernambuco no Brasil. *Rev Saúde Pública* 1996; 30: 609-616.
14. Malone JB, Yilma JM, McCarroll JC, Erko B, Mukaratirwa S, Zhou X. Satellite climatology and the environmental risk of *Schistosom amansoni* in Ethiopia and east Africa. *Acta Trop* 2001; 79: 59-72.
15. Barbosa CS, Pieri OS, Silva CB, Barbosa FS. Ecoepidemiologia da esquistossomose urbana na ilha de Itamaracá, Estado de Pernambuco. *Rev Saúde Pública* 2000; 34: 337-341.
16. Silva LJ. Crescimento urbano e doença a esquistossomose no município de São Paulo (Brasil). *Rev Saúde Pública* 1985; 19: 1-7.

17. Coura-Filho P, Farah MWC, Rezende DF, Lamartine SS, Carvalho OS, Katz N. Determinantes Ambientais e Sociais da Esquistossomose Mansonii em Ravena, Minas Gerais, Brasil. Cad Saúde Pública 1995; 11: 254-265.
18. Carvalho EMF, Acioli MD, Branco MAF, Costa AM, Cesse EAP, Andrade AG et al. Evolução da esquistossomose na Zona da Mata Sul de Pernambuco. Epidemiologia e situação atual: controle ou descontrole? Cad Saúde Pública 1998; 14: 787-795.
19. IBGE. Censo 2010. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/>> Acesso 25 de janeiro de 2013.
20. Leitão SS, Barbosa JM, Carraro FGP. Caracterização dos Impactos Ambientais na Ilha de Itamaracá, Pernambuco. Rev Bras Enga Pesca 2007; 2: 101-111.
21. Pontes, M. S. Planejamento para o desenvolvimento: Sustentável? Análise dos Instrumentos de Ordenamento Territorial da Faixa Litorânea de Ipojuca [Dissertação de Mestrado]. Recife: Universidade Federal de Pernambuco; 2009.
22. Freitas, Leillimar dos Reis, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2013. Comparação das funções de ligação logit e probit em regressão binária considerando diferentes tamanhos amostrais. Orientador: Sebastião Martins Filho.
23. Gonçalves F, Coutinho A, Santana W, Barbosa CS. Esquistossomose Aguda, de Caráter Episódico, na Ilha de Itamaracá, Estado de Pernambuco. Cad Saúde Pública 1991; 7: 424-425.
24. Barbosa CS, Souza Santos R, Gomes ES, Araújo K, Albuquerque J, Melo F et al. Epidemiologia da Esquistossomose no Litoral de Pernambuco. Rev Patol Trop 2014; 43: 436-445.
25. Magalhães LA, Carvalho JF. Sobre o Comportamento de duas Linhagens de *Schistosoma mansoni* Sambon, 1907 Proposição para método de estudo quantitativo. Rev Soc Bras Med Trop 1976; 10: 170 – 194.

26. Martins-Bedê FT, Dutra LV, Freitas CC, Guimarães RJPS, Amaral RS, Drummond SC et al. Schistosomiasis risk mapping in the state of Minas Gerais, Brazil, using a decision tree approach, remote sensing data and sociological indicators. Mem Inst Oswaldo Cruz 2010; 105: 541-548.
27. Guimarães RJPS, Freitas CC, Dutra LV, Oliveira G, Carvalho OS. 2013. Multiple Regression for the Schistosomiasis Positivity Index Estimates in the Minas Gerais State - Brazil at Small Communities and Cities Levels, Parasitic Diseases – Schistosomiasis. Disponível em: <http://www.intechopen.com/books/parasitic-diseases-schistosomiasis/multiple-regression-for-the-schistosomiasis-positivity-index-estimates-in-the-minas-gerais-state-bra>. 2013
28. Fonseca F, Freitas C, Dutra L, Guimarães R, Carvalho O. Spatial modeling of the schistosomiasis mansoni in Minas Gerais State, Brazil using spatial regression. Acta Trop 2014; 133: 56–63.
29. Scholte RGC, Gosoniu L, Malone JB, Chammartin F, Utzinger J, Vounatsou P. Predictive risk mapping of schistosomiasis in Brazil using Bayesian geostatistical models. Acta Trop 2014; 132: 57–63.
30. Quinino LR Macedo, Costa JMB Silva, Aguiar LR, Wanderley TNG, Barbosa CS. Avaliação das atividades de rotina do Programa de Controle da Esquistossomose em municípios da Região Metropolitana do Recife, Pernambuco, entre 2003 e 2005. Epid Serv Saúde 2009; 18: 335-343.
31. Pernambuco. Secretaria Estadual de Saúde. Programa de Enfretamento das Doenças Negligenciadas no Estado de Pernambuco SANAR – 2011/ 2014/ Secretaria Estadual de Saúde. Recife; 2013.
32. Agudelo S.F. As doenças tropicais: da análise de fatores à análise de processos. In: Nunes, E. D. As ciências sociais em saúde na América Latina. Brasília: ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE; 1985. p. 474.

5.3 Artigo 3 - Os Sistemas de Informação Geográfica em estudo sobre a esquistossomose no litoral de Pernambuco

Este artigo foi aceito para publicação na Revista de Saúde Pública em 2016 e aponta os ambientes de risco para transmissão da esquistossomose nas localidades Forte Orange e Serrambi, utilizando técnicas de geoprocessamento.

**OS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA EM ESTUDO SOBRE A
ESQUISTOSSOMOSE NO LITORAL DE PERNAMBUCO
O SIG EM ESTUDO SOBRE A ESQUISTOSSOMOSE EM PERNAMBUCO**

Verônica Santos Barbosa¹, Rodrigo Loyo¹, Ricardo José de Paula Souza e
Guimarães², Constança Simões Barbosa¹

¹Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães - CPqAM/Fiocruz, Recife/PE - Brasil

²Instituto Evandro Chagas - IEC/SVS/MS, Ananindeua/ PA - Brasil

Resumo

OBJETIVO: Diagnosticar ambientes de risco para esquistossomose em localidades litorâneas de Pernambuco utilizando técnicas de geoprocessamento. **MÉTODOS:** Foi realizado inquérito coproscópico e malacológico nas localidades Forte Orange e Serrambi. Foram coletadas variáveis ambientais (temperatura, salinidade, pH, Total Sólidos Dissolvidos (TDS) e dosagem de coliformes fecais da água) relacionadas aos criadouros e/ou focos de *Biomphalaria*. A análise espacial foi realizada no software ArcGis 10, aplicando-se o estimador kernel, mapa de elevação e mapa de distância. **RESULTADOS:** No Forte Orange 4,3% da população estava com *S. mansoni* e existem 2 criadouros de *B. glabrata* e 26 de *B. straminea*. Os criadouros apresentaram temperaturas de 25°C a 41°C, pH de 6,9 a 11,1, TDS de 148 a 661 e salinidade de 1.000d. Em Serrambi 4,4% da população estava com *S. mansoni* e há 7 criadouros de *B. straminea* e 7 de *B. glabrata*. Os criadouros apresentaram temperaturas de 24°C a 36°C, pH de 7,1 a 9,8, TDS de 116 a 855 e salinidade de 1.000d. O estimador de kernel mostra os aglomerados de pacientes positivos e de focos de *Biomphalaria*, e o mapa de elevação digital aponta áreas de concentração de águas pluviais. O mapa de distância aponta a proximidade dos focos dos caramujos em relação às Escolas e Unidades de Saúde. **CONCLUSÕES:** As técnicas de geoprocessamento se mostraram como importantes ferramentas para a localização e dimensionamento das áreas de risco para esquistossomose, podendo subsidiar as ações de controle por parte dos serviços de saúde.

Palavras-chave: esquistossomose, *Biomphalaria*, sistemas de informação geográfica, mapa de risco.

Abstract

OBJECTIVE: To diagnose risk environments for schistosomiasis in coastal areas of Pernambuco using geoprocessing techniques. **METHODS:** It was conducted parasitological and malacological survey in localities of Forte Orange and Serrambi. Were collected environmental variables (temperature, salinity, pH, Total Dissolved Solids (TDS) and dosage of fecal coliforms in water) related to breeding sites and / or foci of *Biomphalaria*. The spatial analysis was performed in software ArcGIS 10, applying the kernel estimator, elevation map and distance map. **RESULTS:** In Forte Orange 4.3% of the population was with *S. mansoni* and there are 2 breeding sites of *B. glabrata* and 26 of *B. straminea*. The breeding sites showed temperatures of 25°C to 41°C, pH 6.9 to 11.1, TDS 148-661 and salinity 1.000d. In Serrambi 4.4% of the population was with *S. mansoni* and there are 7 breeding sites of *B. glabrata* and 7 of *B. straminea*. The breeding sites showed temperatures of 24°C to 36 ° C, pH 7.1 to 9.8, TDS 116-855 and salinity 1.000d. The kernel estimator shows the clusters of positive patients and *Biomphalaria* foci, and the digital elevation map shows areas of accumulation of rainwater. The distance map indicates the proximity of the snails foci in relation to schools and health units. **CONCLUSIONS:** The geoprocessing proved to be important tools for locating and sizing risk areas for schistosomiasis, which can support the control actions by the health services.

Keywords: Schistosomiasis, *Biomphalaria*, Geographic Information Systems, Risk Map.

1. Introdução

A esquistossomose é causada pelo helminto *Schistosoma mansoni* que tem como hospedeiro intermediário caramujos da classe Gastropoda, família Planorbidae, gênero *Biomphalaria*. Os caramujos são animais de conchas planas, pulmonares que sofrem influência direta do meio em que vivem, tendo desenvolvido diversas estratégias de sobrevivência⁸.

Dentre os fatores abióticos que influenciam a sobrevivência dos caramujos estão: pH, salinidade, temperatura e pluviosidade. Vivem em biótopos com pH entre 6,0 e 9,0, em ambientes ácidos (pH menor que 5,6) são incapazes de promover a deposição de cálcio para a constituição da concha, o que impede sua colonização. O nível de salinidade tolerável desses caramujos é igual ou inferior a 0,50‰, apesar de terem sido encontrados exemplares de *B. glabrata* sobrevivendo em águas com salinidade 15 vezes superior ao máximo aceito para habitats dulcícolas²⁴. A temperatura

também desempenha influência sobre os caramujos uma vez que estimula a liberação de cercárias, sendo a temperatura ideal para o seu desenvolvimento em torno de 20 a 26 °C, podendo tolerar temperaturas de 18 a 41 °C. A pluviometria influencia na densidade do caramujo hospedeiro, determinando a formação e ampliação de criadouros/focos⁵.

Em Pernambuco a esquistossomose mansoni é endêmica de áreas rurais, porém estudos realizados no litoral pernambucano mostram casos humanos apresentando a forma clínica aguda da doença e focos de caramujos com taxas de infecção de até 31%, em localidades como Forte Orange (Itamaracá), Porto de Galinhas (Ipojuca), Carne de Vaca e Ponta de Pedras (Goiana), Piedade (Jaboatão), Janga e Pau Amarelo (Paulista) e Mangue Seco (Igarassu)^{9,11}.

Um importante instrumento a ser utilizado na descrição e análise da situação de saúde e que subsidia as ações de gestão são os Sistemas de Informação Geográfica (SIG)²¹. Estudos utilizando os SIG são úteis para a localização precisa de ambientes com hospedeiros intermediários do *S. mansoni* e com casos humanos da doença², para estimar as áreas de maior ocorrência¹⁶ e para realizar análise temporal relacionada à internação hospitalar e mortalidade pela doença²³. Estes sistemas também permitem a construção de mapas de risco para gerar modelos para transmissão da esquistossomose com objetivo de prever o dimensionamento da mesma a partir do diagnóstico dos seus fatores de risco¹⁵.

O geoprocessamento se apresenta como um moderno instrumento de divulgação de resultados das investigações epidemiológicas, permitindo que epidemiologistas entendam a dinâmica das doenças e suas variações no espaço e no tempo. Além disso, as informações geradas podem ser facilmente compreendidas e interpretadas pelos profissionais e usuários dos serviços de saúde¹⁴. Este estudo tem como objetivo diagnosticar ambientes de risco para transmissão da esquistossomose em localidades do litoral de Pernambuco, utilizando técnicas de geoprocessamento.

2. Metodologia

2.1 Área de Estudo

O estudo foi realizado com a população atendida pela Unidade de Saúde da Família (USF) de duas localidades litorâneas de Pernambuco (Figura 1): Forte Orange (A) e Serrambi (B).

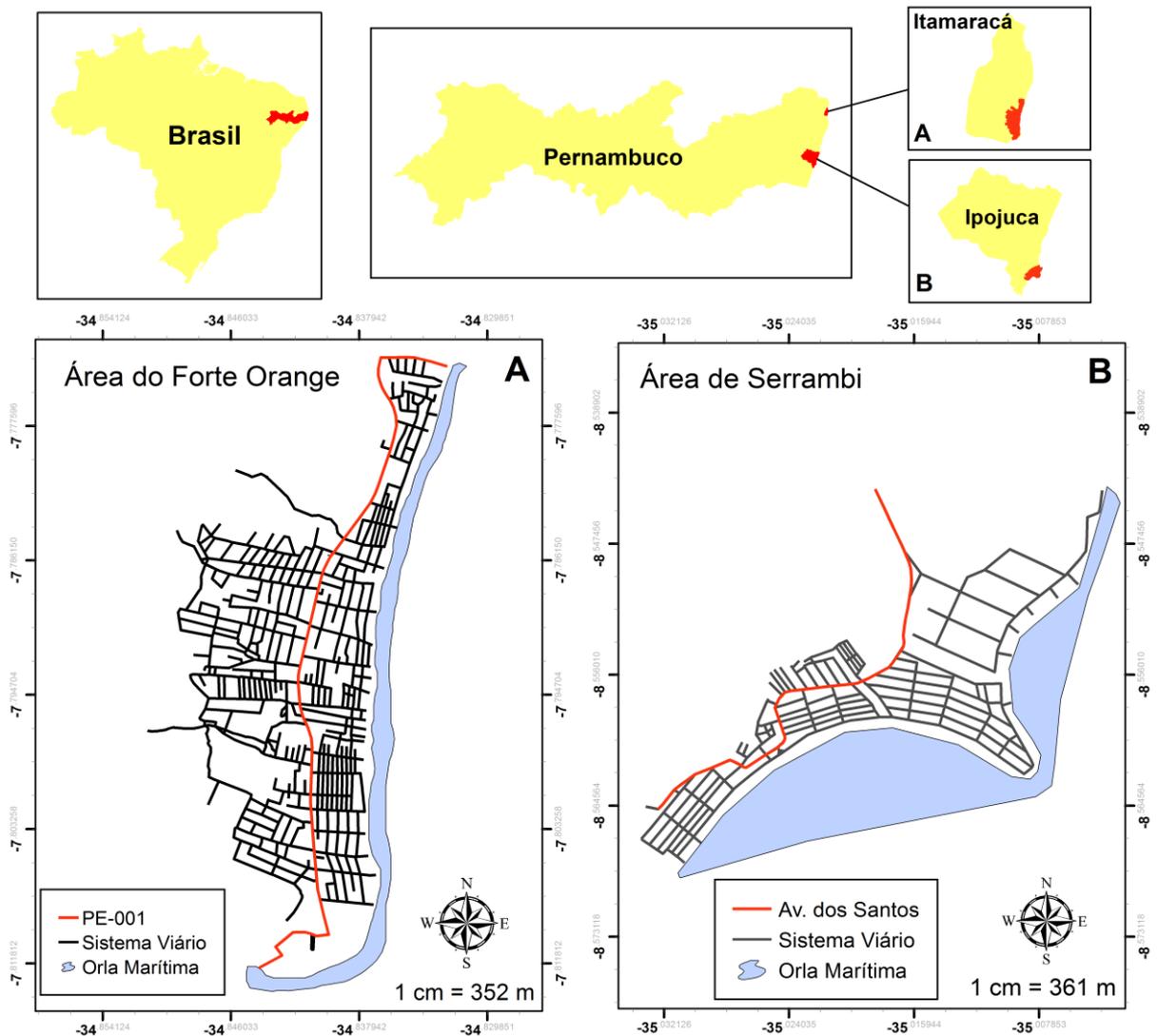


Figura 1: Localização espacial das localidades litorâneas A - Forte Orange (Itamaracá) e B - Serrambi (Ipojuca), Pernambuco.

O Forte Orange está localizado ao sul da Ilha de Itamaracá, litoral norte do Estado e possui cerca de 4 Km de extensão, se limitando a leste pelo Oceano Atlântico e a oeste pela rodovia PE-001 num espaço de 1,4 km de largura. Fica situada a 47,5 km da cidade do Recife, sendo bastante frequentada por veranistas e turistas na época do verão.

Serrambi está localizada no município do Ipojuca, limitando-se a norte com Cabo de Santo Agostinho, a sul com Sirinhaém, a leste com Oceano Atlântico e a oeste com Escada. Situada entre o Pontal de Maracaípe e a praia do Toquinho, Serrambi possui uma orla com cerca de 4 km de extensão e 2 km de largura. Fica a aproximadamente 70 km de distância da cidade do Recife.

2.2 Investigação coproscópica e malacológica

Em 2013 foi realizado inquérito coproscópico na população atendida pela Unidade de Saúde da Família (USF) do Forte Orange e em 2014 na população da USF de Serrambi. O diagnóstico parasitológico foi feito no Laboratório e Serviço de Referência em Esquistossomose (LASERE) - CPqAM/Fiocruz pelo método parasitológico Kato Katz (1972). A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em pesquisa do Centro de Pesquisa Aggeu Magalhães - Fiocruz sob o registro CAEE: 07240712.6.0000.5190.

A investigação malacológica foi efetivada através de coletas bimestrais durante o período de um ano, considerando-se os três períodos climáticos propostos por Barbosa et al. 2000⁷ (período de seca: de janeiro a abril; período de chuvas: de maio a agosto; período de pós-chuvas: de setembro a dezembro) sendo uma coleta feita no início e no meio de cada período. As coletas foram realizadas com conchas apropriadas ou pinças, de acordo com a profundidade da coleção hídrica, seguindo o método de Oliver e Schneiderman (1956)²⁰. As espécies dos caramujos coletados foram identificadas através da Técnica de Dissecção do Aparelho Genital¹⁷ e a verificação da infecção dos caramujos foi realizada através da técnica clássica de exposição à luz para estimular a eliminação de cercárias de *S. mansoni*²⁵, método que permite quantificar a intensidade de infecção, e pelo diagnóstico molecular através da Nested PCR - *Polymerase Chain Reaction*¹, para detectar a presença do DNA do *S. mansoni* no caramujo, método que permite identificar a positividade não informando a intensidade da infecção.

2.3 Levantamento das variáveis ambientais

Nas localidades do Forte Orange e Serrambi foram coletadas variáveis ambientais relacionadas aos criadouros e/ou focos de *Biomphalaria* durante o levantamento malacológico: temperatura, salinidade, pH, Total Sólidos Dissolvidos (TDS) e dosagem de coliformes fecais da água.

Procedimentos para a coleta dos dados:

- Temperatura, salinidade, pH e TDS da água: foram aferidos, durante inquérito malacológico, *in loco* com termômetro digital tipo espeto, refratômetro (0 - 100% ou partes por mil - ppm e gravidade específica ou densidade 1.000 -1.070d), pHmetro digital (escala de 0 - 14) e condutivímetro (0 a 999 ppm), respectivamente.

- Dosagem de coliformes fecais: para aferição da contaminação fecal dos criadouros foram coletados durante o inquérito malacológico 100 ml de água em cada criadouro/foco e misturados a um substrato cromogênico para detecção de coliformes da marca Colitag™. O teste estava positivo para coliformes fecal quando a solução apresentava coloração amarela e positivo para *Escherichia coli* quando era visto uma fluorescência azulada ao submeter a amostra a uma fonte de luz ultravioleta de comprimento de onda longo, e negativa na ausência de coloração.

Também foram observadas *in loco* as características dos criadouros e/ou focos, como: temporalidade, tipo de criadouro, nível da água, presença de vegetação e contato da população.

2.4 Geoprocessamento e análise espacial

O croqui das localidades foi construído com a vetorização das ruas a partir de imagens obtidas no *Google Earth*, utilizando o software TrackMaker (<http://www.trackmaker.com/>). Para a localização espacial das residências dos indivíduos participantes do estudo e dos criadouros e/ou focos presentes nas localidades foi utilizado o método absoluto com o posicionamento instantâneo de um ponto, coletado por um receptor GPS (*Global Positioning System*) modelo Garmin Montana 650.

Para identificação de áreas com aglomerados de casos humanos positivos e de criadouros de caramujos hospedeiro da esquistossomose, foi utilizado o estimador de densidade kernel, técnica estatística de interpolação não paramétrica que produz uma superfície contínua de densidade calculada em todas as localizações para a identificação visual de “áreas quentes” (*hotspot*)⁴.

O kernel foi estimado pela equação abaixo:

$$\hat{\lambda}_\tau(s) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\tau^2} \kappa\left(\frac{(s-s_i)}{\tau}\right)$$

Na equação, $\hat{\lambda}_\tau(s)$ é o valor estimado em uma região; $k()$ é a função de estimação kernel e s_1, \dots, s_n são localizações de n eventos observados (amostras) em um raio de influência τ com centro em s .

O arquivo gerado pelo kernel foi uma grade regular com resolução espacial (x, y) de 10 metros e com $\tau = 250$ m, aplicado aos dados de localização das residências

dos pacientes com esquistossomose e dos focos de caramujos hospedeiros do *S. mansoni*.

Foi construído um mapa de elevação para verificar a topografia da área, destacando ambientes propícios ao acúmulo de águas pluviais que favorecessem o estabelecimento de criadouros dos moluscos hospedeiros. Foi utilizado o modelo digital de elevação (MDE), obtido do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) com resolução espacial de 90 metros.

Para aferir a proximidade dos focos em relação aos locais de maior afluxo da população foi confeccionado um mapa de distância, obtido através do *Buffer* Euclidiano, técnica que faz uma mensuração de distâncias seguindo um plano cartesiano bidimensional. O *Buffer* foi estabelecido levando em consideração a distância média que pode ser percorrida por um indivíduo da localidade caminhando em um dia³. A área de cobertura foi controlada pela topografia, o que exige uma redução de deslocamento que encurta as distâncias³.

A análise espacial foi realizada no software ArcGis 10 (<http://www.esri.com/>), utilizando-se as variáveis: residências com pacientes positivos para esquistossomose e focos do caramujo hospedeiro do *S. mansoni*.

3. Resultados

Foi realizado exame de fezes em 1.604 moradores da USF do Forte Orange, destes 69 (4,3%) estavam infectados com *S. mansoni*. Foram coletados em 28 criadouros 4.122 caramujos, destes 3.987 de *B. straminea* (em 26 criadouros) e 135 de *B. glabrata* (em 2 criadouros). Dos 26 criadouros de *B. straminea*, 10 estavam positivos para *S. mansoni* pela técnica de Nested PCR e 2 pela técnica de exposição à luz (taxas de 2% e 0,7%). Nenhum criadouro de *B. glabrata* estava positivo para *S. mansoni*. A maior parte dos criadouros e/ou focos eram valas, temporárias, com nível de água escasso a médio, de pouca a muita vegetação e de intenso contato com a população. O mês de julho foi o que apresentou maior número de caramujos coletados (1.451), apenas 4 locais de coleta apresentavam contaminação somente por coliformes totais e o restante foi positivo para coliformes totais e *E. coli*. Na tabela 1 estão os dados físico-químicos dos locais amostrados.

Tabela 1. Características físico químicas dos criadouros e/ou focos.

	Total de Criadouros		Total de Focos		Temperatura		pH		TDS*		Salinidade
	Bg**	Bs***	Bg**	Bs***	Min	Max	Min	Max	Min	Max	
Itamaracá	2	26	0	23	25°C	41°C	6,9	11,1	148	661	1.000d
Serrambi	7	7	6	2	24°C	36°C	7,1	9,8	116	855	1.000d

*TDS - Total de Sólidos Dissolvidos (em ppm), **Bg - *B. glabrata*, ***Bs - *B. straminea*.

A Figura 2 apresenta o resultado da aplicação do estimador de densidade kernel, mostrando os aglomerados de pacientes positivos para a esquistossomose (A), dos focos de *Biomphalaria* (B) e o modelo digital de elevação da área (C) apontando os pontos de concentração de águas pluviais que contribuem para o estabelecimento dos criadouros e/ ou focos da esquistossomose.

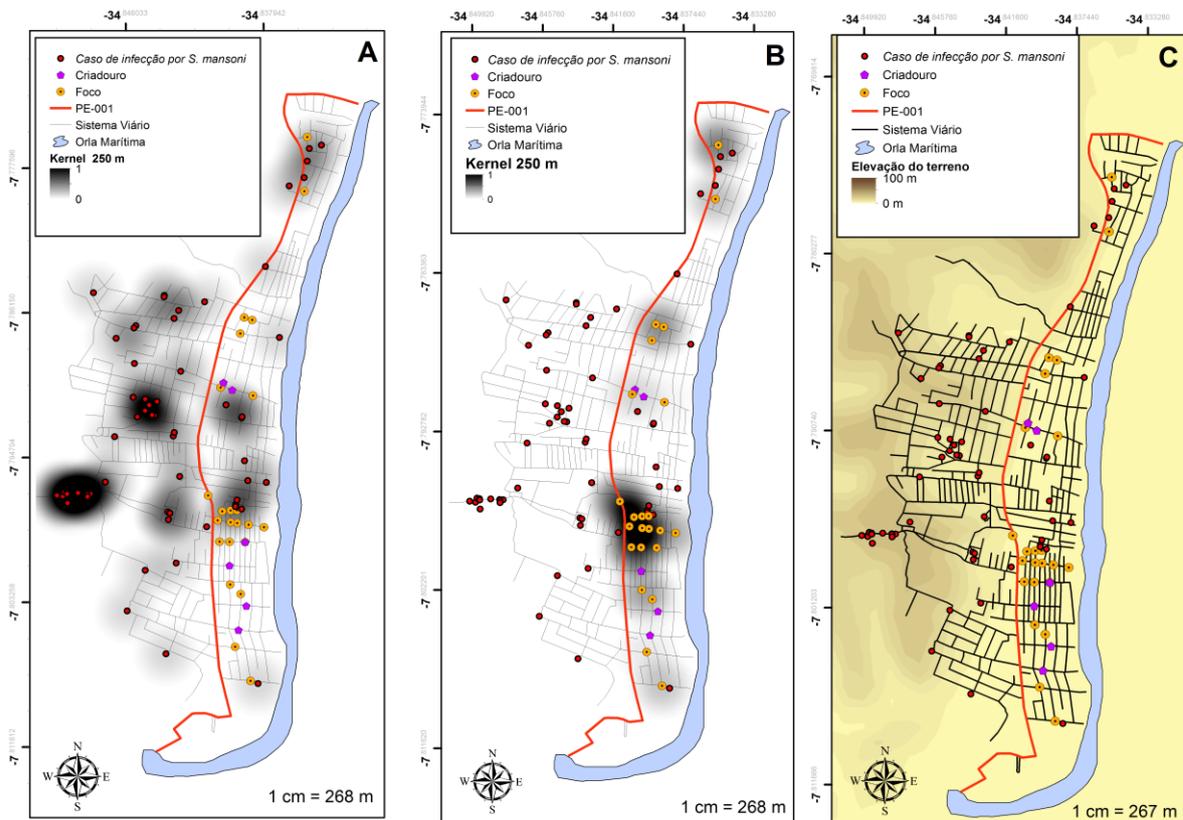


Figura 2. Aplicação do estimador de densidade kernel na concentração espacial de casos humanos (A), focos de caramujos hospedeiros (B) e modelo digital de elevação (C) na localidade Forte Orange, Ilha de Itamaracá, Pernambuco.

Na USF de Serrambi 1.414 pessoas realizaram exame, 63 (4,4%) estavam infectadas com *S. mansoni*. Foram identificados e georreferenciados 14 criadouros apresentando 1.337 caramujos, destes 668 de *B. straminea* (em 7 criadouros) e 669 de *B. glabrata* (em 7 criadouros). Dos criadouros de *B. glabrata*, 2 estavam positivos para *S. mansoni* pela técnica clássica de exposição a luz (taxas de 4,4% e 50%) e 3 positivos pela Nested PCR e dos criadouros de *B. straminea* 2 estavam positivos pela Nested PCR. A maior parte dos criadouros e/ou focos eram charcos, temporários, com nível de água escasso a médio, de pouca vegetação a muita e de moderado contato com a população. O mês de agosto foi o que apresentou maior número de caramujos coletados (585), apenas um local apresentou-se positivo somente para coliformes totais e o restante foi positivo para coliformes totais e *E. coli*. Na tabela 1 estão os dados físico-químicos dos criadouros e/ou focos.

A Figura 3 apresenta o resultado da aplicação do estimador de densidade kernel, mostrando os aglomerados de pacientes positivos para a esquistossomose (A), dos focos de *Biomphalaria* (B) e o modelo digital de elevação da área (C) apontando os pontos de concentração de águas pluviais que contribuem para o estabelecimento dos criadouros e/ ou focos da esquistossomose.

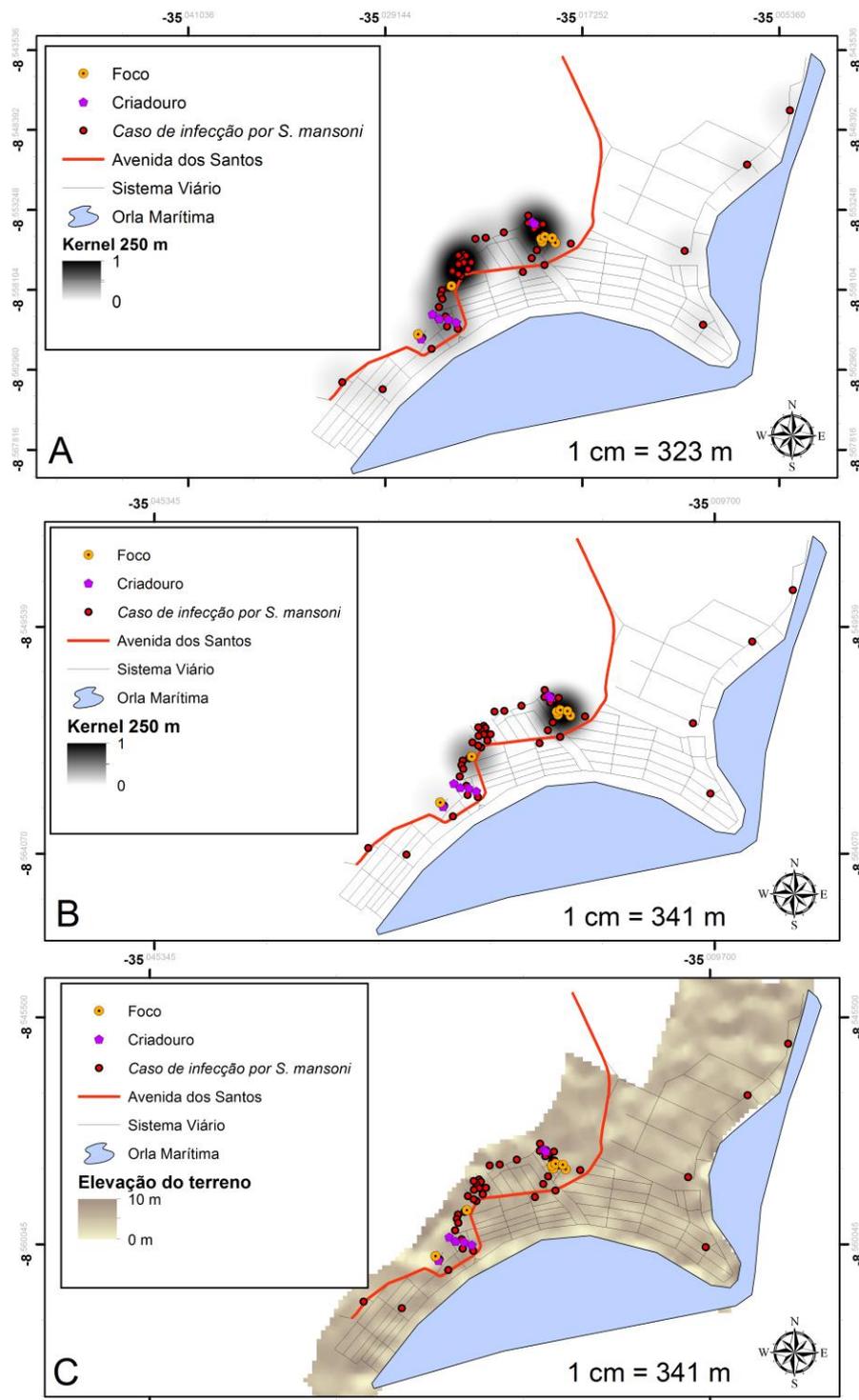


Figura 3. Aplicação do estimador de densidade kernel na concentração espacial de casos humanos (A), focos de caramujos hospedeiros (B) e modelo digital de elevação (C) na localidade de Serrambi, Ipojuca, Pernambuco.

O mapa de distância (Figura 4) aponta a proximidade dos focos dos caramujos hospedeiros em relação às Escolas e as Unidades de Saúde, locais de grande afluxo da população.

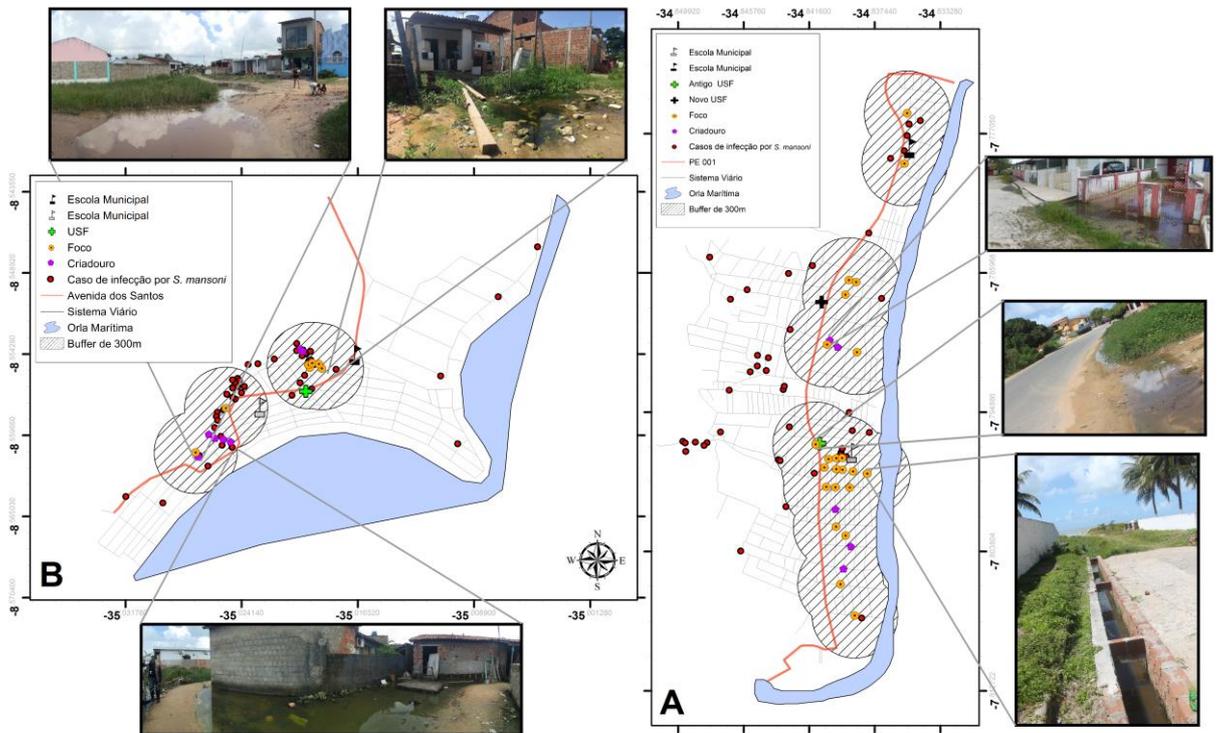


Figura 4. Análise de proximidade dos casos de esquistossomose e dos criadouros/focos de caramujos hospedeiros em relação aos principais pontos de referência da localidade **A** - Forte Orange (Ilha de Itamaracá) e **B** - Serrambi (Ipojuca), Pernambuco.

4. Discussão

A praia de Forte Orange foi a primeira área litorânea de Pernambuco a apresentar casos humanos e hospedeiros do *S. mansoni*¹⁸, desde então criadouros e focos tem sido identificados nessa localidade, inicialmente de *B. glabrata*⁶ e posteriormente em *B. straminea*. Em Serrambi, caramujos *Biomphalaria* foram identificados apenas em 2015, mas já apresentando uma representatividade de *B. straminea* equivalente a *B. glabrata*¹³.

Os achados deste trabalho revelam que os *Biomphalaria* estão cada vez mais adaptados a condições ambientais adversas e permanecendo viáveis para transmissão da esquistossomose, fator preocupante e que contribui para o

estabelecimento da doença em novas regiões que até então seriam hostis para a sobrevivência desses caramujos. Apesar de terem sido relatados vivendo em temperaturas acima de 40°C²², pode haver interferência na sua taxa de crescimento, na postura de ovos, na sobrevivência e na taxa intrínseca de crescimento natural, além disso, Barbosa e colaboradores⁵ apontaram que em condições de laboratório a exposição a temperatura de 42°C era letal para os caramujos. Os moluscos também são bastante sensíveis a variação de pH do ambiente, e até o momento só haviam sido descritos ocorrendo em ambientes com até 9,7¹⁹, sendo este o primeiro relato de *Biomphalaria* vivendo em pH de 11,1. Os sólidos totais dissolvidos (STD) que é uma medida de sais inorgânicos, matéria orgânica e outros materiais dissolvidos em água, tem como limite máximo para a sobrevivência de seres vivos TDS de 500 mg/L e mudanças na composição iônica das águas pode excluir algumas espécies ao promover o crescimento de outras, porém Silva (2006)²⁴ identificou em Pernambuco criadouros com TDS de até 17600 mg/L. O achado de coliformes totais e *E. coli* nos criadouros das localidades é um fator preocupante uma vez que a contaminação desses ambientes atua como mais um fator para manutenção do ciclo da esquistossomose nas localidades.

A distribuição espacial dos casos de esquistossomose na localidade Forte Orange é uniforme, com duas concentrações a oeste da PE-001, área mais habitada por nativos e mais elevada. Os focos concentraram-se a leste da PE-001, onde se observa a abundante ocorrência da espécie *B. straminea*, que vem paulatinamente ocupando esta área em processo de competição biológica com *B. glabrata*, como comprovado por Barbosa et al. (2014)¹⁰. A maioria dos criadouros e focos são temporários e artificiais, formados por acúmulo de águas na estação das chuvas. Além de condicionados pela sazonalidade climática, estão localizados em área de declive, fator coadjuvante no acúmulo e permanência das águas destes criadouros na estação de chuva.

Em Serrambi os *Biomphalaria* encontram-se distribuídos em locais distintos, mas variações climáticas podem favorecer o confronto acidental entre as duas espécies, iniciando, assim, o fenômeno da exclusão competitiva. Na área predominam os criadouros naturais, como os charcos, que apesar de estarem localizados no peridomicílio só poderão contribuir na transmissão da doença caso condições climáticas levem a ocorrência de enchentes na localidade, transportando esses criadouros para as ruas e obrigando a população a se expor ao saírem de

suas residências. Barbosa et al. (2008)⁸, discutem esse modelo sazonal de exposição à doença em áreas litorâneas onde os esgotos residenciais são lançados em valas abertas no peridomicílio, proporcionando a infectividade dos caramujos hospedeiros que aí se reproduzem, na estação das chuvas, essas valas transbordam levando os caramujos infectados para as ruas e quintais das residências onde as pessoas se infectam pelo contato com essas águas contaminadas.

A relação entre relevo (MDE) e estação de chuvas foi observada nesse estudo, mostrando que os locais mais baixos sofrem a influência da precipitação, ocasionando o acúmulo de água, que são um agravante para a epidemiologia/transmissão da doença. Barbosa et al. (2015)¹², usando mapa de distância e mapa de expansão hídrica demonstraram a associação entre pacientes com esquistossomose e a proximidade com criadouros/focos de *Biomphalaria* na localidade de Porto de Galinhas, município de Ipojuca, Pernambuco. Em Itamaracá a análise realizada por meio dos mapas de distância evidenciou que os principais focos de transmissão ativa da doença estão localizados nas ruas em torno das escolas e Unidades de Saúde, locais de acesso obrigatório e sistemático da população. Durante a estação chuvosa os moradores possivelmente se infectam ao transitarem por estas ruas inundadas de água e repletas de caramujos infectados pelo *S. mansoni*. Em Serrambi os focos se situam no peridomicílio, a contaminação fecal desses ambientes completará o ciclo da doença podendo vir a incluir a área como mais uma localidade litorânea de transmissão autóctone para esquistossomose.

É importante ressaltar que o método utilizado para o diagnóstico dos caramujos mais eficiente neste estudo foi a Nested PCR, no entanto essa técnica não é capaz de determinar a taxa de positividade tendo em vista que sua metodologia é aplicada a um conjunto (*pool*) de caramujos, constituindo uma limitação do nosso estudo.

Neste estudo as técnicas de coleta e análise utilizando geoprocessamento se mostraram como importantes ferramentas para a localização e dimensionamento das áreas de risco para esquistossomose, podendo subsidiar o planejamento e contribuir para a aplicação oportuna das medidas de controle por parte dos serviços de saúde que podem se utilizar deste instrumento para a vigilância e monitoramento da doença nas localidades, onde moradores e turistas se expõem a ambientes insalubres.

Referências Bibliográficas

1. Abath FGC, Gomes ALV, Melo FL, Barbosa CS, Werkhauser RP. Molecular approaches for the detection of *Schistosoma mansoni*: possible applications in the detection of snail infection, monitoring of transmission sites, and diagnosis of human infection. *Mem Inst Oswaldo Cruz*. 2006; 101 (Suppl. 1): 145-148. DOI: 10.1590/S0074-02762006000900023.
2. Araújo KCGM, Resendes APC, Souza-Santos R, Silveira Júnior JC, Barbosa CS. Análise espacial dos focos de *Biomphalaria glabrata* e de casos humanos de esquistossomose mansônica em Porto de Galinhas, Pernambuco, Brasil, no ano de 2000. *Cad Saúde Pública*. 2007; 23(2): 409-417. DOI: 10.1590/S0102-311X2007000200017.
3. Azevedo CFFG. Transporte não motorizado e a mobilidade sustentável: os deslocamentos a pé na região sudoeste do Recife [Dissertação]. Recife: Universidade Federal de Pernambuco; 2008.
4. Bailey TC, Gatrell AC. *Interactive Spatial Data Analysis*. 1st ed. Routledge;1995; 432p.
5. Barbosa FS, Barbosa CS. 1994. The Bioecology of Snail Vectors for Schistosomiasis in Brazil. *Cad. Saúde Pública*. 1994; 10(2): 200-209.
6. Barbosa CS, Gonçalves JF, Albuquerque Y, Barbosa FS. Urban schistosomiasis in Itamaracá Island, Pernambuco, Brazil: epidemiological factors involved in the recente endemic process. *Mem Inst Oswaldo Cruz*. 1998; 93 (Suppl. 1): 265-266.
7. Barbosa CS, Pieri OS, Silva CB, Barbosa FS. Ecoepidemiologia da esquistossomose urbana na ilha de Itamaracá, estado de Pernambuco. *Rev Saúde Pública*. 2000; 34(4): 337-341. DOI: 10.1590/S0034-89102000000400004.
8. Barbosa CS, Favre TC, Quinino LRM, Gomes ECS, Domingues ALC, Pieri OS. Guia para vigilância e controle da esquistossomose: práticas de laboratório e campo. Recife: Editora Universitária da Universidade Federal de Pernambuco; 2008; 86 p.

9. Barbosa CS, Araújo KC, Sevilla MAA, Melo F, Gomes ECS, Souza-Santos R. Current epidemiological status of schistosomiasis in the state of Pernambuco, Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz*. 2010; 105(4): 549-554. DOI: 10.1590/S0074-02762010000400034.
10. Barbosa CS, Barbosa VS, Nascimento WC, Pieri OS, Araújo KCGM. Study of the snail intermediate hosts for *Schistosoma mansoni* on Itamaracá Island in northeast Brazil: spatial displacement of *Biomphalaria glabrata* by *Biomphalaria straminea*. *Geospat Health*. 2014; 8(2): 345-351.
11. Barbosa CS, Santos RS, Gomes ES, Araújo K, Albuquerque J, Melo F, et al. Epidemiologia da Esquistossomose no Litoral de Pernambuco. *Rev Patol Trop*. 2015; 43(4): 436-445. DOI: 10.5216/rpt.v43i4.33607.
12. Barbosa CS, Souza ATOF, Leal-Neto OB, Gomes ECS, Araújo KCGM, Guimarães RJPS. Turismo de risco para esquistossomose mansônica em Porto de Galinhas, Estado de Pernambuco, Brasil. *Rev Pan-Amaz Saúde*. 2015; 6(3): 51-58. DOI: 10.5123/S2176-62232015000300007.
13. Barbosa VS, Guimarães RJPS, Loyo RM, Marcelino S, Barbosa CS. First report of schistosomiasis on Serrambi beach, Ipojuca, State of Pernambuco. *Rev Soc Bras Med Trop*. 2015; 48(6): 780-782. DOI: 10.1590/0037-8682-0079-2015.
14. Barcellos C, Bastos FI. Geoprocessamento, ambiente e saúde: uma união possível? *Cad Saúde Pública*. 1996; 12(3): 389-397.
15. Bavia ME, Malone JB, Hale L, Dantas A, Marroni L, Reis R. Use of thermal and vegetation index data from earth observing satellites to evaluate the risk of schistosomiasis in Bahia, Brazil. *Acta Trop*. 2001; 79(1): 79-85.
16. Cardim LL, Ferraudo AS, Reis RB, Mariana M, Silva N, Daniela D, et al. Análises espaciais na identificação das áreas de risco para a esquistossomose mansônica no Município de Lauro de Freitas, Bahia, Brasil. *Cad Saúde Pública*. 2011; 27(5): 899-908. DOI: 10.1590/S0102-311X2011000500008.

- 17.Deslandes N. Técnicas de dissecação e exame de planorbídeos. *Rev do Serviço Espec Saúde Pública*. 1951; 4: 371-382.
- 18.Gonçalves F, Coutinho A, Santana W, Barbosa CS. Esquistossomose Aguda, de Caráter Episódico, na Ilha de Itamaracá, Estado de Pernambuco. *Cad Saúde Pública*. 1991; 7(3): 424-425.
- 19.Leal Neto OB, Gomes ECS, Oliveira Júnior FJM, Andrade R, Reis DL, Souza-Santos R et al. Biological and environmental factors associated with risk of schistosomiasis mansoni transmission in Porto de Galinhas, Pernambuco State, Brazil. *Cad. Saúde Pública*. 2013, 29(2): 357-367. DOI: 10.1590/S0102-311X2013000200022.
- 20.Olivier L, Schneiderman M. A method for estimating the density of aquatic snail populations. *Exp Parasitol*. 1956; 5(2): 109-117.
- 21.Organização Panamericana da Saúde – OPAS. Uso de los Sistemas de Información Geográfica em Epidemiología (SIG-EPI). *Bol Epidemiológico*. 1996; 17(1): 1-6.
- 22.Pieri OS. Aspectos Ecológicos. Vigilância e Controle de Moluscos de Importância Epidemiológica. 2ª edição Ministério da Saúde; 2007; p. 37-41.
- 23.Resendes APC, Santos-Santos R, Barbosa CS. Internação hospitalar e mortalidade por esquistossomose mansônica no Estado de Pernambuco, Brasil, 1992/2000. *Cad Saúde Pública*. 2005; 21(5): 1392-1401. DOI: 10.1590/S0102-311X2005000500011.
- 24.Silva PB, Barbosa CS, Pieri O, Travassos A, Florencio L. Aspectos físico-químicos e biológicos relacionados à ocorrência de *Biomphalaria glabrata* em focos litorâneos da esquistossomose em Pernambuco. *Qim Nova*. 2006; 29(5): 901-906.
- 25.Souza CP, Lima LC. Moluscos de interesse parasitológico do Brasil. FIOCRUZ/CPqRR. 1990.

5.4 Artigo 4 – Modeling of the distribution of *Biomphalaria* in the Metropolitan Region of Recife, Pernambuco, Brazil

Este artigo foi publicado na *Geospatial Health* em 2016 e modela a distribuição espacial das espécies de moluscos transmissores da esquistossomose na Região Metropolitana do Recife.



Modelling of the distribution of *Biomphalaria glabrata* and *Biomphalaria straminea* in the metropolitan region of Recife, Pernambuco, Brazil

Verônica Santos Barbosa,¹ Ricardo José de Paula Souza e Guimarães,² Rodrigo Moraes Loyo,¹ Constança Simões Barbosa¹

¹Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, Recife;

²Instituto Evandro Chagas, Ananindeua, Brazil

Abstract

The occurrence of schistosomiasis is directly linked to the presence of its snail intermediate host *Biomphalaria* spp. Knowledge of geographical distribution, habitats and behaviour of these snails in relation to the climate is essential for guiding measures for disease prevention and control. This study aims to model the distribution of *B. glabrata* and *B. straminea* in schistosomiasis non-endemic areas of the metropolitan region of Recife (MRR) based on environmental data and estimates of snail distributions in endemic and neighbouring areas. We applied Kriging with the aim of determining the spatial distribution of these two snail species and MaxEnt for modelling their ecological behaviour. Kriging showed that the North and the Centre of the MRR were generally either snail-free or contained only *B. straminea*, while both snail species could be found in the South. MaxEnt supported our observation that the northern and southern coastal regions were favoured by *B. glabrata* and diurnal mean temperature variation; July rainfall and November rainfall were the three variables favouring *Biomphalaria* breeding sites that contributed the most in the predictive model we developed. The study showed the location of areas suitable to *Biomphalaria* spp. and therefore

at potential risk, first for invasion of these snails and later for the development of new schistosomiasis-endemic areas. This information should be useful, not only to estimate expansion possibilities of this disease in the MRR, but also to point out the climatic variables that would contribute to this expansion, thereby allowing timely application of prevention and control measures.

Introduction

The snails that host schistosomiasis belong to class Gastropoda, family Planorbidae, genus *Biomphalaria*. In Brazil, eleven species and one subspecies of *Biomphalaria* (Preston, 1910) have been described: *B. glabrata*, *B. straminea*, *B. tenagophila*, *B. peregrina*, *B. schrammi*, *B. kuhniiana*, *B. intermediai*, *B. amazonica*, *B. oligoza*, *B. occidentalis*, *B. cousini* and *B. tenagophila guaibensis* but only the first three of these are found to be naturally infected with *Schistosoma mansoni* (Brazilian Ministry of Health, 2009, 2014). *B. glabrata* is the main intermediate host given its wide geographical distribution and the fact that it presents high levels of infection, while *B. straminea* is the most successful species given its capacity to adapt to climatic variations. *B. tenagophila* has epidemiological importance for transmission of *S. mansoni* in the states of the southern and south-eastern Brazil (Brazilian Ministry of Health, 2014). The genus *Biomphalaria* has existed since the Jurassic period (approximately 140 million years ago). It is directly influenced by the environment in which it lives and has developed a variety of survival strategies (Brazilian Ministry of Health, 2014). These snails' habitats consist exclusively of freshwater bodies with little water velocity (less than 30 cm/sec), such as rivers, streams, channels and flooded areas, preferably with little depth (Barbosa and Barbosa, 1994; Pieri and Favre, 2008). There are even reports of the existence of these snails in puddles, drains and flooded, vacant land (Barbosa *et al.*, 2001, 2004; Silva *et al.*, 2006; Souza *et al.*, 2008). The presence of vertical or floating vegetation contributes food and shelter and provides support for spawning, which is always done on when the snails are submerged (Brazilian Ministry of Health, 2014). Presence of schistosomiasis has been described in 18 of the states of Brazil, including the Federal District, and its occurrence is directly linked to the presence of *Biomphalaria* (Brazilian Ministry of Health, 2009). In the state of Pernambuco, *B. straminea* is endemic in the Zona da Mata region, with some records also on the coast of this state, while *B. glabrata* occurs in the coastal region (Barbosa *et al.*, 2010, 2014). Knowledge of these snails' habitats, behaviour in relation to climate change and geographical distribution is essential for guiding measures for prevention and control of schistosomiasis.

Geospatial techniques were first applied to studies on schistosomiasis in the Philippines and in the Caribbean (Cross and Bailey, 1984).

Correspondence: Verônica Santos Barbosa, Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães-CPqAM/Fiocruz-PE, avenida Professor Moraes Rego, s/n - 50, 740465 Recife/PE, Brazil.
Tel: +55.081.21012661/081.996710499 - Fax: +55.081.4531911.
E-mail: sveronica85@hotmail.com

Key words: Schistosomiasis; Biomphalaria; Geospatial techniques; Brazil.

Acknowledgments: to the staff of Schistosomiasis Laboratory of the Research Center Aggeu Magalhães-Fundação Oswaldo Cruz, FACEPE (Amparo Foundation Science and Technology of Pernambuco) and CAPES - Brazil Program Without Misery.

Received for publication: 2 June 2016.
Revision received: 12 September 2016
Accepted for publication: 18 October 2016.

©Copyright V. Santos Barbosa *et al.*, 2016
Licensee PAGEPress, Italy
Geospatial Health 2016; 11:490
doi:10.4081/gh.2016.490

This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Noncommercial License (CC BY-NC 4.0) which permits any non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author(s) and source are credited.



In Brazil, use of geographical information systems (GIS) in relation to schistosomiasis occurred initially in Bahia (Bavia *et al.*, 1999). They constructed maps showing environmental characteristics, prevalence of *S. mansoni* and its snail host in order to study the spatial and temporal dynamics of the infection thereby providing an indication of the environmental factors that influence the distribution of schistosomiasis. Geostatistical techniques such as Kriging (Isaaks and Srivastava, 1989) and MaxEnt (Elith *et al.*, 2011) were initially applied in the field of mining and assessment of mineral resources, and later for studies of plant and animal ecology.

Kriging is a spatial estimation technique that can be used to build probabilistic models for values not sampled, allowing inferences from observed values (Felgueiras, 1999; Shad *et al.*, 2009). Indicator Kriging for categorical data takes into consideration the uncertainties associated with the data and methods involved in modelling, thus enabling creation of maps of snails spatial distributions along with the corresponding uncertainties (Felgueiras, 1999). MaxEnt is a maximum entropy approach to species distribution that allows estimation and modelling of species distribution based on environmental characteristics (Phillips *et al.*, 2004). This means that places with similar climatic and other environmental characteristics are likely to present biomes suitable to the same plants and animals (in this case snails). Biomes are distinct from habitats because any biome can comprise a variety of habitats.

Since the beginning of this century, several authors have started to use these techniques also towards advancing human health (Campos *et al.*, 2002; Fortes *et al.*, 2004; Lourenço and Landim, 2005; Castro and Singer, 2007; Cardim *et al.*, 2013; Samy *et al.*, 2014). In particular, these techniques have been used to model diseases such as schistosomiasis in studies developed by Guimarães *et al.* (2009, 2010, 2012) to estimate the spatial distribution of *Biomphalaria* snails in the state of Minas Gerais. Furthermore, Scholte *et al.* (2012) used modelling based on environmental characteristics with this aim in the whole country. These studies are based on data from the literature and the authors point out that there is a need for new studies using primary, georeferenced data derived from malacological surveys.

The present study had the aim of modelling the distribution of *B. glabrata* and *B. straminea* in non endemic areas of the metropolitan region of Recife (MRR), Pernambuco based on estimates of the distribution of the species in neighbouring areas and environmental data.

Materials and Methods

Study area

The study was carried out in MRR that is characterized by a tropical humid climate or pseudo-tropical climate according to the Koppen classification (Alvares *et al.*, 2013), with rain well distributed throughout the year but with the months May to July the wettest and October to December the driest. The average annual temperature of the area is 24°C, ranging from 18 to 32°C (CPRH, 2003a).

The hydrography of the area is made up of coastal and transcoastal rivers. The coastal river begins and flow into the coastal zone is in general perennial, although small in size, play an important role in maintaining ecosystems and communities. The transcoastal begins in the region Agreste of Pernambucano, where they present a temporary basis, becoming perennial to penetrate the Forest Zone, have wide scope and large number of tributaries and flow into the coastal zone (CPRH, 2003b).

The geological structure of the MRR consists of tertiary, quaternary and recent deposits (marine terraces and mangrove deposits). In the East, the coastal plain forms a geological relief of sedimentary origin with variable width and an altitude from 0 to 10 m. This includes features, such as beaches, salt marshes (marine terraces), mangroves (marsh or muddy formations), temporarily and permanently flooded river floodplains and terraces bordering the terminal course of rivers. In the West, the coastal plain ends with hills and mountains that rise up to 400 m (CPRH, 2003a, 2003b).

The vegetation consists of remnants of the Atlantic Forest that covered the area up to the colonial times, but which has now been replaced by agriculture with sugarcane and coconut as the main produce. Implementation of allotments and logging for firewood added to the destruction of the forests. The land along the coastal strip is subject to constant tidal forces of the sea, which favours mangrove vegetation, which remains relatively conserved (CPRH, 2003a, 2003b).

Spatial analysis

To model the spatial distribution of the intermediate snail host of schistosomiasis, the following two geospatial techniques were applied: Kriging, with the aim of estimate what species of *Biomphalaria* (with focus on quantity and proximity) would be most likely based on information from neighbouring areas; and MaxEnt for estimate and modelling of the distribution of the species of snails based on ecological behaviour.

Kriging

To estimate the distribution of *Biomphalaria*, geolocation data for the localities distributed across the 14 municipalities of the MRR were used. We used categorical Kriging to take into account uncertainties associated with the data and methods involved in the models, thus enabling creation of random fields equiprobable. The conditions for the positive localities were that *B. glabrata* only, *B. straminea* only or *B. glabrata* + *B. straminea* were present, while areas where there were no snails were considered negative. For the municipalities for which there was no information regarding the geolocation of *Biomphalaria*, the attributes (presence or absence of snails) were distributed across the six hydrographic basins of Pernambuco that were present within the study area, in accordance with the methodology suggested by Guimarães *et al.* (2009). This methodology consists of distribute a point sequence along the drainage network when there isn't a geolocation of breeding places.

A total of 290 points were used in the categorical Kriging according to indication. Variogram models that are used to characterization of spatial correlation through creation of experimental semivariograms were fitted for each class of *Biomphalaria*, through exploratory analysis, using the geostatistical procedures of SPRING software (Câmara *et al.*, 1996). These procedures involve the creation of user-interactive semivariograms, which were adjusted using theoretical mathematical models (spherical, exponential, Gaussian or potency models). After fitting the models, their appropriateness in relation to the theoretical models was verified according to Camargo (1997). Following this, categorical Kriging procedures were applied as indicated. The snail spatial distribution maps, with a spatial resolution of 100 m, along with their corresponding uncertainties, which can vary from 0 to 1, were constructed using ArcGis 10 (<http://www.esri.com/software/arcgis/>), based on estimated functions.

MaxEnt

We used MaxEnt (<https://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/>)



to estimate and model the distribution of *Biomphalaria* spp. snails based on environmental variables; 67 climate data were used. The 19 monthly, bioclimatic variables (<http://www.worldclim.org/bioclim>) were obtained from Worldclim Global Climate (<http://www.worldclim.org/>), which provides monthly climatic information interpolated from meteorological stations over a 50-year period (1950-2000) with 1-km spatial resolution (Table 1). We applied MaxEnt with 441 georeferenced points to estimate the occurrence of species of the schistosomiasis intermediate host snails *B. glabrata* and *B. straminea*. The models produced were implemented through the MaxEnt software, the configurations used were: random teste percentage of 30% and 10 replications to enable a better data representation. The other resources were selected automatically. The performance of the model was ascertained using the area under the curve (AUC) of the receiver operating characteristic (ROC) curve, which measures the exactness of the predictive distribution models. The final models were plotted at a spatial resolution of 1 km using the ArcGis software.

Table 1. Worldclim global climate variables.

Variable	Code
Annual mean temperature	Bio 01
Mean diurnal range	Bio 02
Isothermality	Bio 03
Temperature seasonality	Bio 04
Maximum temperature of the warmest month	Bio 05
Minimum temperature of the coldest month	Bio 06
Annual temperature range	Bio 07
Mean temperature of the wettest quarter	Bio 08
Mean temperature of the driest quarter	Bio 09
Mean temperature of the warmest quarter	Bio 10
Mean temperature of the coldest quarter	Bio 11
Annual precipitation	Bio 12
Precipitation of the wettest month	Bio 13
Precipitation of the driest month	Bio 14
Precipitation seasonality	Bio 15
Precipitation of the wettest quarter	Bio 16
Precipitation of the driest quarter	Bio 17
Precipitation of the warmest quarter	Bio 18
Precipitation of the coldest quarter	Bio 19

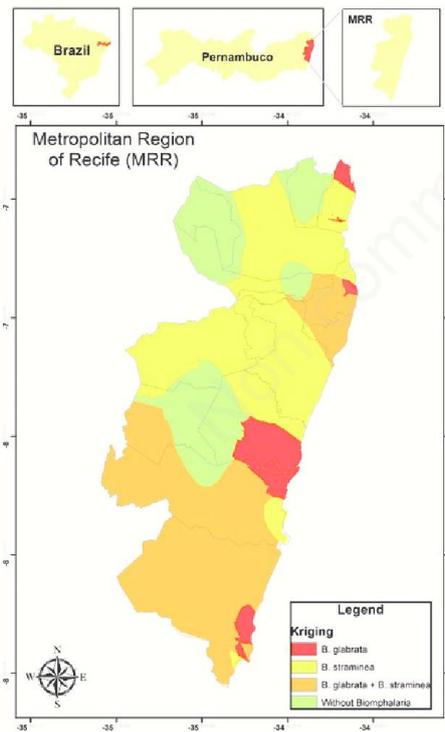


Figure 1. Spatial distribution of *Biomphalaria* in the metropolitan region of Recife obtained by Kriging.

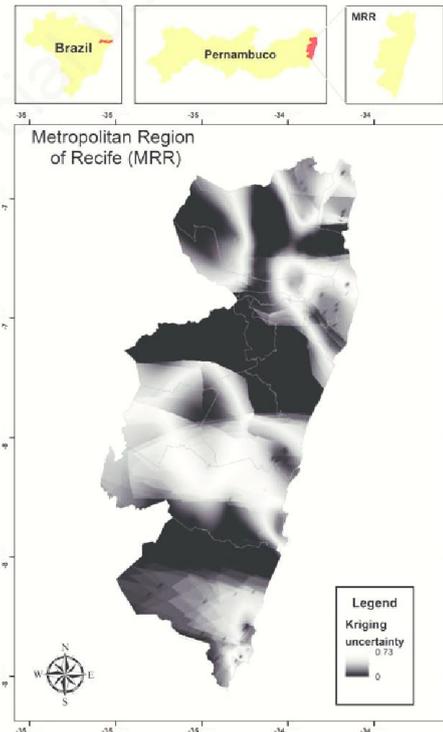


Figure 2. Demonstration of the area of uncertainty regarding the spatial distribution of *Biomphalaria* in the metropolitan region of Recife obtained by Kriging.

Results

Figure 1 shows the result of applying categorical Kriging in MRR. It demonstrates that either *B. straminea* alone or complete absence of snails predominate in the North and Centre of the MRR, both *B. glabrata* and *B. straminea* coexist in the South. Figure 2 shows the 0.73 uncertainty map of the modelling. The uncertainties were higher in the transition areas between the two species.

Figures 3 and 4 show the MaxEnt results regarding the most likely areas for occurrences of *B. glabrata* and *B. straminea* in the MRR. The northern and southern coastal regions showed the greatest receptiveness for the former snail species, while the central area was favoured by the latter. The diurnal mean temperature suited both snail species equally well, while the variables particularly favourable for *B. glabrata* and which contributed most to the predictive model were the diurnal mean temperature, July rainfall and November rainfall, while in the case of *B. straminea* it was November rainfall. With an AUC of 0.999, the predictive capacity of the models was high.

Discussion

Knowledge of the density, dynamic population and distribution of *Biomphalaria* snails is an important tool for planning schistosomiasis control programs in the areas where these snails occur. In the present study, the use of categorical Kriging according to indication made it possible to ascertain the spatial distribution of *Biomphalaria* in the MRR based on the distribution of the two different species. One type of neighbourhood was clearly favoured by both species, while *B. straminea* was found alone in another. It has been pointed out that competitive exclusion influences the distribution of the species since the 1970s, i.e. *B. straminea* showing dominance due to the biological characteristics of this species, such as high reproductive rate, invasiveness and relatively ease in adaptation to new environments (Barbosa *et al.*, 2014). This has allowed its establishment in new locations, bringing with it the possible endemicity of schistosomiasis, e.g. in the forest zone of Pernambuco where this species is now common (Barbosa *et al.*, 2006). The replacement process of *B. glabrata* by *B.*

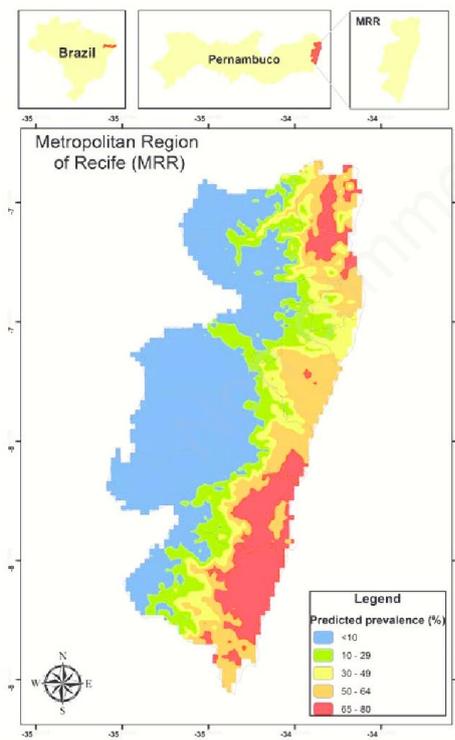


Figure 3. Spatial distribution of *Biomphalaria glabrata* in the metropolitan region of Recife obtained by MaxEnt.

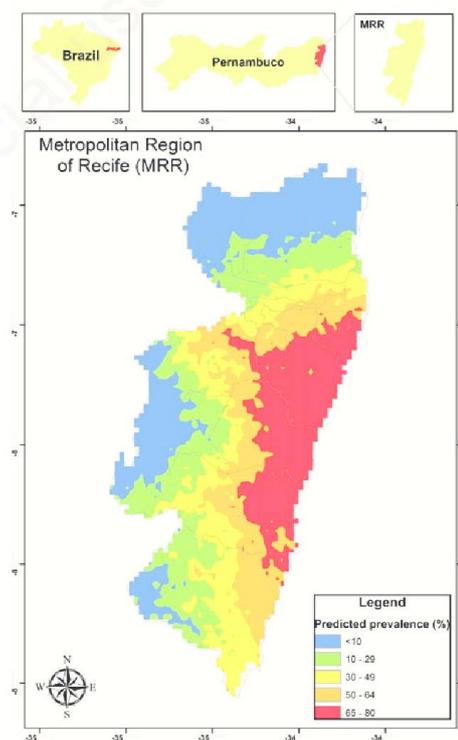


Figure 4. Spatial distribution of *Biomphalaria straminea* in the metropolitan region of Recife obtained by MaxEnt.



straminea in the MRR was reported by Barbosa *et al.* in 2014. The uncertainty found in this study was very similar to that seen by Guimarães *et al.* in 2012. These authors reported a mean of 0.23 in estimates with greater certainty (100% in the São Francisco River Basin) and 0.33 in estimates with lower certainty (67% in the Paraíba do Sul River Basin), which supports the view that transitions and uncertainties will be greater in areas in which several species occur simultaneously. When modelling the distribution of *Biomphalaria* based on environmental characteristics, temperature and rainfall were the characteristics that contributed the most, which was also observed by Scholte *et al.* (2012). Fluctuation of environmental temperatures and precipitation has a direct effect on the density of the snail populations studied. The hot season is most favourable for snail reproduction as it increases the microflora, which serves as an important nutritional source, while aquatic plants provide adequate dissolved oxygen and surface where the snails can crawl and deposit their egg masses (Malek, 1958). Increase in temperature also stimulates the release of cercariae (Lutz, 1919; Rey, 2008) with the optimum temperature for snail development is between 20 and 26°C (Barbosa and Barbosa, 1994), but temperatures from 18 to 41°C can be tolerated (Brazil, 2008). Rainfall influences the formation and expansion of snail breeding sites/foci (Barbosa and Barbosa, 1994). In the rainy season (May to August), *Biomphalaria* spp. populations decrease due to flooding, but there is accelerated snail growth and production of new individuals leading to repopulation of breeding sites, which mainly occurs at the end of the rainy season (September to December), when increasing the number of stagnant water (Paraense, 1972; Grisolia and Freitas, 1985; Juberg *et al.*, 1987). Despite being basically harmful, established snail populations may flush out snails leading to the formation of new habitats (WHO, 1957).

Our models presented high predictive accuracy given that AUC values >0.75 should be considered excellent according to Phillips *et al.* (2006). Snail distribution and consequently also cases of schistosomiasis could be modelled from the environmental and climatic characteristics and therefore the maps of the distribution of *Biomphalaria* obtained can be used as predictors for the distribution of *S. mansoni*. Since schistosomiasis is a disease with distribution determined by the structural and contextual components of the environment, geoprocessing should be a powerful tool for unravelling the causal factors and analyzing the risk of occurrence of this disease in space and time (Guimarães *et al.*, 2010).

Conclusions

This study showed areas of potential occurrence of *Biomphalaria* spp. snails. This facilitates the estimation of schistosomiasis in MRR by pointing out the variables that contribute to the expansion of this disease, allowing the application of effective measures to its prevention and control.

References

- Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM, Sparovek G, 2013. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol Z* 22:711-28.
- Barbosa FS, Barbosa CS, 1994. The bioecology of snail vectors for schistosomiasis in Brazil. *Cad Saúde Pública* 10:200-9.
- Barbosa CS, Domingues ALC, Abath F, Montenegro SML, Guida U, Carneiro J, Tabosa B, Moraes CNL, Snipelli V, 2001. [Epidemia de esquistossomose aguda na praia de Porto de Galinhas, Pernambuco, Brasil]. [Article in Brazilian]. *Cad Saúde Pública* 17:725-8.
- Barbosa CS, Araújo KC, Antunes L, Favre T, Pieri OS, 2004. Spatial distribution of schistosomiasis foci on Itamaracá Island, Pernambuco, Brazil. *Mem I Oswaldo Cruz* 99:79-83.
- Barbosa CS, Favre TC, Wanderley TN, Callou AC, Pieri OS, 2006. Assessment of schistosomiasis, through school surveys, in the forest zone of Pernambuco, Brazil. *Mem I Oswaldo Cruz* 101:55-62.
- Barbosa CS, Araújo KC, Sevilla MAA, Melo F, Gomes ECS, Souza-Santos R, 2010. Current epidemiological status of schistosomiasis in the state of Pernambuco, Brazil. *Mem I Oswaldo Cruz* 105:549-54.
- Barbosa CS, Barbosa VS, Nascimento WC, Pieri OS, Araújo KCGM, 2014. Study of the snail intermediate hosts for *Schistosoma mansoni* on Itamaracá Island in northeast Brazil: spatial displacement of *Biomphalaria glabrata* by *Biomphalaria straminea*. *Geospat Health* 8:345-51.
- Bavia ME, Hale LF, Malone JB, Braud DH, Shane SM, 1999. Geographic information systems and the environmental risk of Schistosomiasis in Bahia, Brazil. *Am J Trop Med Hyg* 60:566-72.
- Brazilian Ministry of Health, 2009. [Guia de vigilância epidemiológica]. [Book in Brazilian]. Brazilian Ministry of Health, Brasília, Brazil.
- Brazilian Ministry of Health, 2014. [Vigilância da Esquistossomose Mansonii: diretrizes técnicas]. [Book in Brazilian]. Brazilian Ministry of Health, Brasília, Brazil.
- Câmara G, Casanova MA, Hemery AS, Meghalaes GC, Medeiros CB, 1996. [Anatomia de sistemas de informação geográfica]. [Book in Brazilian]. Instituto de Computação, UNICAMP, Campinas, Brazil.
- Camargo ECG, 1997. [Desenvolvimento, implementação e teste de procedimentos geostatísticos (krigeagem) no Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas (SPRING)]. [Master's Degree in Brazilian]. INPE, São José dos Campos, Brazil.
- Campos MR, Valencia LIO, Fortes BPMD, Braga RCC, Medronho RA, 2002. [Distribuição espacial da infecção por *Ascaris lumbricoides*]. [Article in Brazilian]. *Rev Saúde Pública* 36:69-74.
- Cardim MFM, Rodas LAC, Dibo MR, Guirado MM, Oliveira AM, Chiaravalloti-Neto F, 2013. [Introdução e expansão da Leishmaniose visceral americana em humanos no estado de São Paulo, 1999-2011]. [Article in Brazilian]. *Rev Saúde Pública* 47:691-700.
- Castro MC, Singer BH, 2007. [Meio ambiente e saúde: metodologia para análise espacial da ocorrência de malária em projetos de assentamento]. [Article in Brazilian]. *Rev Bras Est Pop* 24:247-62.
- CPRH, 2003a. [Diagnóstico socioambiental do litoral norte de Pernambuco]. [Book in Brazilian]. Companhia Pernambucana do Meio Ambiente, Recife, Brazil.
- CPRH, 2003b. [Diagnóstico socioambiental do litoral sul de Pernambuco]. [Book in Brazilian]. Companhia Pernambucana do Meio Ambiente, Recife, Brazil.
- Cross ER, Bailey RC, 1984. Prediction of areas endemic for schistosomiasis through use of discriminant analysis of environmental data. *Mil Med* 149:28-30.
- Eliith J, Phillips SJ, Hastie T, Dudík M, Chee YE, Yates CJ, 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions* 17:43-57.
- Felgueiras CA, 1999. [Modelagem ambiental com tratamento de incertezas em sistemas de informação geográfica: o paradigma geostatístico por indicação]. [PhD Thesis in Brazilian]. INPE, São José



- dos Campos, Brazil.
- Fortes BPMD, Valencia LIO, Ribeiro SV, Medronho RA, 2004. [Modelagem geostatística da infecção por *Ascaris lumbricoides*]. [Article in Brazilian]. Cad Saúde Pública 20:727-34.
- Grisolia MLM, Freitas JR, 1985. [Características físicas e químicas do habitat da *Biomphalaria tenagophila* (Mollusca, Planorbidae)]. [Article in Brazilian]. Mem I Oswaldo Cruz 80:237-44.
- Guimarães RJPS, Freitas CC, Dutra LV, Felgueiras CA, Moura ACM, Amaral RS, Drummond SC, Scholte RGC, Oliveira G, Carvalho O, 2009. Spatial distribution of *Biomphalaria* snails at São Francisco River Basin, Minas Gerais, Brazil, using geostatistical procedures. Acta Trop 109:181-6.
- Guimarães RJPS, Freitas CC, Dutra LV, Scholte RGC, Martins-Bedé FT, Fonseca FR, Amaral RS, Drummond SC, Felgueiras CA, Oliveira GC, Carvalho OS, 2010. A geoprocessing approach for studying and controlling schistosomiasis in the state of Minas Gerais, Brazil. Mem I Oswaldo Cruz 105:524-31.
- Guimarães RJPS, Freitas CC, Dutra LV, Felgueiras CA, Drummond SC, Tibiriçá SHC, Oliveira G, Carvalho OS, 2012. Use of indicator Kriging to investigate schistosomiasis in Minas Gerais State, Brazil. J Trop Med 2012:1-10.
- Isaaks EH, Srivastava RM, 1989. An introduction to applied geostatistics. Oxford University Press, New York, USA.
- Juberg P, Schall VT, Barbosa JV, Gatti MJ, Soares MS, 1987. Behavior of *Biomphalaria glabrata*, the intermediate host snail of *Schistosoma mansoni*, at different depths in water in laboratory conditions. Mem I Oswaldo Cruz 82:179-208.
- Lourenço RW, Landim PMB, 2005. [Mapeamento de áreas de risco à saúde pública por meio de métodos geoestatísticos]. [Article in Brazilian]. Cad Saúde Pública 21:150-60.
- Lutz A, 1919. [O *Schistosoma mansoni* e a Schistosomose segundo observações feitas no Brasil]. [Article in Brazilian]. Mem I Oswaldo Cruz 11:121-55.
- Malek EA, 1958. Factors conditioning the habitat of bilharzias intermediate hosts of the family planorbidae. B World Health Organ 18:785-818.
- Paraense WL, 1972. [Fauna planorbídea do Brasil]. In: Da Silva Lacaz C, Baruzzi RG, Siqueira WJ, eds. [Introdução à geografia médica do Brasil]. [Book in Brazilian]. Edgard Blucher, São Paulo, Brazil, pp. 213-39.
- Phillips SJ, Dudík M, Schapire RE, 2004. A maximum entropy approach to species distribution modeling. ACM Press, New York, USA.
- Phillips SJ, Anderson RP, Schapire RE, 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecol Model 190:231-59.
- Pieri O, Favre TC, 2008. [Manual prático para o controle e diagnóstico da esquistossomose]. [Book in Brazilian]. Ed. Universitária UFPE, Recife, Brazil.
- Rey L, 2008. [Parasitologia]. [Book in Brazilian]. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, Brazil.
- Samy AM, Campbell LP, Peterson AT, 2014. Leishmaniasis transmission: distribution and coarse-resolution ecology of two vectors and two parasites in Egypt. Rev Soc Bras Med Trop 47:57-62.
- Scholte RGC, Carvalho OS, Malone JB, Utzinger J, Vounatsou P, 2012. Spatial distribution of *Biomphalaria* spp., the intermediate host snails of *Schistosoma mansoni*, in Brazil. Geospat Health 6:95-101.
- Shad R, Mesgari MS, Abkar A, Shad A, 2009. Predicting air pollution using fuzzy genetic linear membership kriging in GIS. Comput Environ Urban 33:472-81.
- Silva PB, Barbosa CS, Pieri O, Travassos A, Florencio L, 2006. [Aspectos físico-químicos e biológicos relacionados à ocorrência de *Biomphalaria glabrata* em focos litorâneos da esquistossomose em Pernambuco]. [Article in Brazilian]. Qim Nova 29:901-6.
- Souza MAA, Barbosa VS, Wanderlei TNG, Barbosa CS, 2008. [Criadouros de *Biomphalaria*, temporários e permanentes, em Jaboatão dos Guararapes, PE]. [Article in Brazilian]. Rev Soc Bras Med Trop 41:252-6.
- WHO, 1957. Study group on the ecology of intermediate hosts of bilharzias. World Health Organization, Geneva, Switzerland.

6 Conclusões

A esquistossomose continua a ser um grande problema de saúde pública no Estado de Pernambuco. A ocorrência da doença em Itamaracá comprova sua endemização em áreas litorâneas, onde o primeiro registro foi feito no início da década de 1990, e até então se mantêm pessoas doentes e focos ativos de caramujos *Biomphalaria* spp. Juntamente com a consolidação da doença em várias áreas litorâneas observa-se sua contínua expansão, fato comprovado pelo registro dos casos da doença na população de Serrambi. Criadouros e focos só foram identificados na localidade em 2013, sendo no ano seguinte identificado os casos a partir da aplicação de inquérito coproscópico.

O número de casos e as cargas parasitárias semelhantes encontradas em área endêmica e não endêmica aponta que seu comportamento é o mesmo ao ser introduzida em uma localidade ou quando já está instalada há algum tempo. Este fato pode ser devido a adaptações sofridas pelo parasito que se apresenta com maior poder de infectividade ou por características ambientais e socioeconômicas semelhantes encontradas nas localidades. Os fatores associados a doença foram os mesmos nas duas localidades, apontando que os indivíduos que vivem em áreas litorâneas possuem o mesmo comportamento e isso aliado com os principais fatores de predisposição para esquistossomose faz com que áreas endêmicas e não endêmicas tenham o mesmo panorama para a doença.

Os *Biomphalaria* spp. identificados nas duas localidades se mostraram cada vez mais adaptados a condições ambientais adversas e permanecendo viáveis para transmissão da esquistossomose, fator preocupante e que contribui para a manutenção da doença e estabelecimento em novas áreas. A distribuição das 2 espécies de *Biomphalaria* em Itamaracá é uniforme, já em Serrambi encontram-se distribuídos em locais distintos, mas variações climáticas podem favorecer o confronto acidental entre as duas espécies, iniciando, assim, o fenômeno da exclusão competitiva. Os focos nas 2 localidades estão localizados em ruas de intensa passagem de pessoas ou no peridomicílio apresentando um grande risco para a população.

O conhecimento sobre a distribuição espacial das espécies de moluscos transmissores da esquistossomose a partir das localidades de estudo juntamente com dados de outras localidades permitiu a modelagem para a Região Metropolitana do Recife (RMR). Tanto a técnica que utiliza como base a distribuição das espécies vizinhas, como a que considera as características ambientais, apontam paisagens epidemiológicas de risco propícias para

ocorrência de cada espécie de *Biomphalaria* e conseqüentemente para o estabelecimento da doença.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M. E. B. Geografia médica: origem e evolução. In: BARRADAS, R. B. (Org.). Doenças endêmicas: abordagens sociais, culturais e comportamentais. Rio de Janeiro: Ed. FIOCRUZ, 2000. p. 151-166.
- ANDRADE, Z. A. A esquistossomose no Brasil após quase um século de pesquisas. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, Brasília, v. 35, n. 5, p. 509-513, set./out. 2002.
- ARAÚJO, K. C. G. M. et al. Análise Espacial dos Focos de *Biomphalaria glabrata* e de casos humanos de esquistossomose em Porto de Galinhas, Pernambuco. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 23, n. 2, p. 409-417, 2007.
- BARBOSA, F. S.; COSTA, D. P. P.; ARRUDA, F. New field observations on the competitive displacement between two species of planorbid snails inhabiting Northeastern Brasil. Memórias Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, v. 76, n. 4, p. 361-366, 1981.
- BARBOSA, F. S.; BARBOSA, C. S. The Bioecology of Snail Vectors for Schistosomiasis in Brazil. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 10, n. 2, p. 200-209, abr./jun. 1994.
- BARBOSA, C. S., SILVA, C. B.; BARBOSA, F. S. Esquistossomose: reprodução e expansão da endemia no Estado de Pernambuco no Brasil. Revista de Saúde Pública, São Paulo, v. 30, n. 6, p. 609-616, 1996.
- BARBOSA, C. S. et al. Urban Schistosomiasis in Itamaracá Island, Pernambuco, Brazil: Epidemiological Factors Involved in the Recent Endemic Process. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, v. 93, suppl. 1, p. 265-266, 1998.
- BARBOSA, C. S. et al. Ecoepidemiologia da esquistossomose urbana na ilha de Itamaracá, Estado de Pernambuco. Revista de Saúde Pública, São Paulo, v. 34, n. 4, p. 337-341, ago. 2000.
- BARBOSA, C. S. et al. Epidemia de esquistossomose aguda na praia de Porto de Galinhas, Pernambuco, Brasil. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 17, n. 3, p. 725-728, maio/jun. 2001.
- BARBOSA, C. S. et al. Spatial Distribution of Schistosomiasis Foci on Itamaracá Island, Pernambuco, Brazil. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, v. 99, suppl. 1, p. 79-83, 2004.
- BARBOSA, C. S. et al. Os moluscos transmissores. In: BARBOSA et al. Guia para vigilância e controle da esquistossomose: práticas de laboratório e campo. Recife: Editora Universitária da Universidade Federal de Pernambuco, 2008. p. 27 – 37.
- BARBOSA, C. S. et al. Current epidemiological status of schistosomiasis in the state of Pernambuco, Brazil. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, v. 105, n.4, p. 549-554, 2010.

- BARBOSA, C. S. et al. The Endemisation of Schistosomiasis in Porto de Galinhas Pernambuco, Brazil: 10 years after the first outbreak. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, v. 106, p. 878-883, 2011.
- BARBOSA, C. S. et al. Autochthonous cases of schistosomiasis in children in Recife, Northeastern Brazil. Revista de Saúde Pública, São Paulo, v. 47, n. 4, p. 1-6, 2013.
- BARBOSA, C. S. Epidemiologia da Esquistossomose no Litoral de Pernambuco. Revista de Patologia Tropical, Goiânia, v. 43, p. 436-445, 2014.
- BARBOSA, V. S. et al. First report of schistosomiasis on Serrambi beach, Ipojuca, State of Pernambuco. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, Brasília, v. 48, n. 6, p. 780-782, 2015.
- BARCELLOS, C.; BASTOS, F. I. Geoprocessamento, ambiente e saúde: uma união possível? Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 12, n. 3, p. 389-397, 1996.
- BAVIA, M. E. et al. Geographic information systems and the environmental risk of Schistosomiasis in Bahia, Brazil. American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, Baltimore, v. 60, p. 566-572, 1999.
- BAVIA, M. E. et al. Use of thermal and vegetation index data from earth observing satellites to evaluate the risk of schistosomiasis in Bahia, Brazil. Acta Tropica, Basel, v. 79, p. 79-85, 2001.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução nº 20 de 18 de junho de 1986. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 30 jul 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.html>>. Acesso em: 13 ago. 2013.
- BRASIL. Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigilância e Controle de Moluscos de Importância Epidemiológica. 2. ed. Brasília, 2008.
- BRASIL. Secretaria de Vigilância em Saúde. Guia de Vigilância Epidemiológica. 7. ed. Brasília, 2010.
- BROOKER, S. Schistosomes, snails and satellites. Acta Tropica, Basel, v. 82, p. 207-214, 2002.
- CALIJURI, M. L. et al. Estudo de indicadores de saúde ambiental e de saneamento em cidade do Norte do Brasil. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v.14, n.1, p. 19-28, 2009.
- CÂMARA, G. Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica. 1996. Tese (Doutorado) - UNICAMP, Campinas, 1996.
- CAMARGO, S. Impacto do desenvolvimento na expansão da esquistossomose. Revista do Instituto de Medicina Tropical, São Paulo, v. 22, p. 117-119, 1980.

CARVALHO, O. S. Intermediate hosts of *Schistosoma mansoni* in Brazil. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, v. 87, n. 4, p. 307-309, 1992.

CARVALHO, E. M. F. et al. Evolução da esquistossomose na Zona da Mata Sul de Pernambuco. Epidemiologia e situação atual: controle ou descontrole? Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 14, n. 4, p. 787-795, 1998.

CARVALHO, M. S. et al. Conceitos Básicos de Sistemas de Informação Geográfica e Cartografia Aplicados à Saúde. Brasília. ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE: Ministério da Saúde, 2000.

CHITSULO, L. et al. The global status of schistosomiasis and its control. Acta Tropica, Basel, v. 77, p. 41-51, 2000.

CLINE, B. L. New eyes for epidemiologists: aerial photography and other remote sensing techniques. American Journal of Epidemiology, Oxford, v. 92, p. 85-89, 1970.

COURA, J. R.; AMARAL, R. S. Epidemiological and Control Aspects of Schistosomiasis in Brazilian Endemic Areas. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, v. 99, suppl. 1, p. 13-19, 2004.

COUTINHO, A. D.; DOMINGUES, A. L. C. Esquistossomose Mansonii. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993. Cap. 108, p.1697-1728.

COUTINHO, E. M. et al. Factors Involved in *S. mansoni* Infection in Rural Areas in Northeast Brazil. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, v.92, p. 707-715, 1997.

COURA-FILHO, P. et al. Determinantes Ambientais e Sociais da Esquistossomose Mansonii em Ravena, Minas Gerais, Brasil. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 11, n. 2, p. 254-265, 1995.

CROSS, E. R., BAILEY, R. C. Prediction of areas endemic for schistosomiasis through use of discriminant analysis of environmental data. Military Medicine, Bethesda, v. 149, p. 28-30, 1984.

DOMINGUES, A. L. C.; DOMINGUES, L. A. W. Esquistossomose mansônica. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 1994.

FARIAS, L. M. M. et al. Análise preliminar do Sistema de Informação do Programa de Controle da Esquistossomose no período de 1999 a 2003. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 23, n. 1, p. 235-239, 2007.

FAUST, E. D.; MELENEY, H. E. Studies on schistosomiasis japonica. American Journal of Hygienics, St. Louis, v. 3, p. 1-339, 1924.

FAVRE, T. C. et al. Avaliação das ações de controle da esquistossomose implementadas entre 1977 e 1996 na área endêmica de Pernambuco, Brasil. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, Brasília, v.34, n. 6, p. 569-576, 2001.

- FERREIRA, I. L. M.; SILVA, T. P. T. Mortalidade por Esquistossomose no Brasil: 1980-2003. Revista de Patologia Tropical, Goiânia, v. 36, n. 1, p. 67-74, 2007.
- FONSECA, F. et al. Spatial modeling of the schistosomiasis mansoni in Minas Gerais State, Brazil using spatial regression. Acta Tropica, Basel, v. 133, p. 56-63, 2014.
- FREITAS, C. C. et al. Remote Sensing and Geographic Information Systems for the Study of Schistosomiasis in the State of Minas Gerais, Brazil. International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2006, Denver. Abstract of IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium. Denver: [s.n.], 2006. 2436-2439 p.
- GALVÃO, A. F. et al. Spatial distribution of *Schistosoma mansoni* infection before and after chemotherapy with two praziquantel doses in a community of Pernambuco, Brazil. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, n. 105, p. 555-562, 2010.
- GOMES, E. C. S. et al. Schistosomiasis transmission and environmental change: a spatio-temporal analysis in Porto de Galinhas, Pernambuco - Brazil. International Journal of Health Geographics, London, v. 11, p. 51, 2012.
- GOMES, E. C. S. et al. Risk analysis for occurrences of schistosomiasis in the coastal area of Porto de Galinhas, Pernambuco, Brazil. BMC Infectious Diseases, London, v. 14, p. 101, 2014.
- GONÇALVES, F. et al. Esquistossomose Aguda, de Caráter Episódico, na Ilha de Itamaracá, Estado de Pernambuco. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 7, n. 3, p. 424-425, 1991.
- GRISOLIA, M. L. M.; FREITAS, J. R. Características físicas e químicas do habitat da *Biomphalaria tenagophila* (Mollusca, Planorbidae). Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, v. 80, p. 237-244, 1985.
- GUARALDO, A. M. A. et al. Evolução dos Esporocistos de *Schistosoma mansoni* Sambon, 1907 em *Biomphalaria glabrata* (Say, 1818) e *Biomphalaria tenagophila* (D'Orbigny, 1835). Revista de Saúde Pública, São Paulo, v. 15, p. 436 - 448, 1981.
- GUIMARÃES, R. J. P. S. et al. Spatial distribution of *Biomphalaria* mollusks at São Francisco River Basin, Minas Gerais, Brazil, using geostatistical procedures. Acta Tropica, Basel, v. 109, p. 181-186, 2009.
- GUIMARÃES, R. J. P. S. Use of Indicator Kriging to Investigate Schistosomiasis in Minas Gerais State, Brazil. Journal of Tropical Medicine, London, v. 2012, p. 1-10, 2012.
- JUBERG, P. et al. Behavior of *Biomphalaria glabrata*, the intermediate host snail of *Schistosoma mansoni*, at different depths in water in laboratory conditions. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, v. 82, p. 179-208, 1987.
- KATZ, N. Brazilian Contributions to Epidemiological Aspects of Schistosomiasis mansoni. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, v. 87, suppl. 4, p. 1-9, 1992.

- KATZ, N.; PEIXOTO, S. V. Análise crítica da estimativa do número de portadores de esquistossomose mansoni no Brasil. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, Brasília, v. 33, n. 3, p. 303-308, 2000.
- KATZ, N.; ALMEIDA, K. Esquistossomose, xistosa, barriga d'água. Ciência e Cultura, São Paulo, v. 55, n.1, p.38-43, 2003.
- KATZ, N. et al. National survey on Schistosomiasis mansoni and Geohelminths in Brazil (2011-2014). 13TH International Congress of Parasitology, 2014, Cidade do México. Abstract of 13TH International Congress of Parasitology. Cidade do México: [s.n], 2014. p. 115 - 120
- LAMBERTUCCI, J. R. et al. *Schistosoma mansoni*: assessment of morbidity before and after control. Acta Tropica, Basel, v. 77, p. 101 – 109, 2000.
- LANG, STEFAN; BLASCHKE, THOMAS. Análise da Paisagem com SIG. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- LOUREIRO, S.A. A questão do social na epidemiologia e controle da esquistossomose mansônica. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, v. 84, supl. 1, p. 124-131, 1989.
- LUTZ, A. O *Schistosoma mansoni* e a Schistosomose segundo observações feitas no Brasil. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, v. 11, p. 121-55, 1919.
- MALONE, J. B. et al. Satellite climatology and the environmental risk of *Schistosoma mansoni* in Ethiopia and east Africa. Acta Tropica, Basel, v. 79, p. 59-72, 2001.
- MARTINS-BEDÊ, F. T. Schistosomiasis risk mapping in the state of Minas Gerais, Brazil, using a decision tree approach, remote sensing data and sociological indicators. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, v.105, n. 4, p. 541-548, 2010.
- MEDRONHO, R. A. Geoprocessamento e Saúde: uma nova Abordagem do Espaço no Processo Saúde-Doença. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, CICT, 1995.
- MELO, A. L.; COELHO, P. M. Z. *Schistosoma mansoni*. In: NEVES, D. P. et al. Parasitologia humana. 10. ed. São Paulo: Atheneu, 2000. p. 174-193.
- NEVES, D. P. et al. Parasitologia Humana. 11. ed. São Paulo: Atheneu, 2005.
- NOYA, O. et al. Schistosomiasis in America. Plos Neglected Tropical Diseases, San Francisco, v. 8, p. 11-43, 2015.
- OLIVEIRA, A. L. et al. Experimental schistosomiasis in the Common Marmoset *Callithrix jacchus*. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, Brasília, v. 37, n. 3, p. 222-228, 2004.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Report of the Scientific Working Group meeting on Schistosomiasis. Geneva, 2005.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. Uso de los Sistemas de Información Geográfica em Epidemiología (SIG-EPI). Boletim Epidemiológico, v. 17, n. 1, p. 1-6, 1996.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. Sistema de Informação Geográfica em Saúde: Conceitos Básicos. Brasília, 2002.

PARAENSE, W. L. Fauna planorbídica do Brasil. In: LACAZ, C. S. (Ed.). Introdução à geografia médica do Brasil. São Paulo: Ed. USP, 1972. p. 213-239.

PAREDES, H. et al. Spatial pattern, water use and risk levels associated with the transmission of schistosomiasis on the north coast of Pernambuco, Brazil. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 26, n. 5, p. 1013-1023, 2010.

PEREIRA, W. R. Fatores de risco associados à infecção pelo Schistosoma mansoni. 2006. Dissertação (Mestrado) - Centro de Pesquisas René Rachou, Fundação Oswaldo Cruz, Belo Horizonte, 2006.

PERNAMBUCO. Secretaria Estadual de Saúde. Programa de Enfretamento das Doenças Negligenciadas no Estado de Pernambuco SANAR – 2011/ 2014. Recife, 2013.

PESSOA, S.; MARTINS, A. V. Trematódeos parasitas do sistema sanguíneo - *Schistosoma mansoni*. In: PESSOA, S.; MARTINS. Parasitologia médica. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1978. p. 399 - 421.

PIERI, O.; FAVRE, T. C. Os moluscos transmissores. In: BARBOSA, C. S. et al. Manual prático para o controle e diagnóstico da esquistossomose. Recife: Ed. Universitária UFPE, 2008. p. 15 – 26.

RASO, G. et al. An integrated approach for risk profiling and spatial prediction of Schistosomamansoni - hookworm coinfection. Proceedings of the National Academy of Sciences, Washington, n. 103, p. 6934-6939, 2006.

RESENDES, A. P. C., SANTOS, R. S., BARBOSA, C. S. Internação hospitalar e mortalidade por esquistossomose mansônica no Estado de Pernambuco, Brasil, 1992/2000. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 21, n. 5, p. 1392-1401, 2005.

REY, L. *Schistosoma mansoni* e Esquistossomíase: O Parasito. In: _____. Parasitologia: parasitos e doenças parasitárias do homem nas Américas. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. p.413 - 425.

REY, L. Parasitologia. 4. ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

SANSON, R. L.; PFEIFFER, D. V.; MORRIS, R. S. Geographic Information Systems: their Application in Animal Disease Control. Scientific and Technical Review of the Office International des Epizooties, Paris, v. 10, n. 1, p. 179-95, 1991.

SANTOS, M. A natureza do espaço. São Paulo: HUCITEC, 1996.

SCHALL, V. et al. Os Caminhos da Esquistossomose dentro do nosso corpo. Belo Horizonte: FIOCRUZ, Instituto René Rachou, 2007.

- SCHOLTE R. G. C. et al. Spatial distribution of *Biomphalaria* spp., the intermediate host snails of *Schistosoma mansoni*, in Brazil. Geospatial Health, Napoli, v. 6, n. 3, p. S95-S101, 2012.
- SCHOLTE R. G. C. et al. Predictive risk mapping of schistosomiasis in Brazil using Bayesian geostatistical models. Acta Tropica, Basel, v. 132, p. 57–63, 2014.
- SILVA, L. J. Crescimento urbano e doença a esquistossomose no município de São Paulo (Brasil). Revista de Saúde Pública, São Paulo, v. 19, p. 1-7, 1985.
- SILVA, P. B. et al. Aspectos físico-químicos e biológicos relacionados à ocorrência de *Biomphalaria glabrata* em focos litorâneos da esquistossomose em Pernambuco. Química Nova, São Paulo, v. 29, n. 5, p. 901-906, 2006.
- SOUZA, M. A. A. et al. Criadouros de *Biomphalaria*, temporários e permanentes, em Jaboatão dos Guararapes, PE. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, Brasília, v. 41, n. 3, p. 252-256, 2008.
- SOUZA, M. A. A. et al. Aspectos ecológicos e levantamento malacológico para identificação de áreas de risco para a transmissão da esquistossomose no litoral norte de Pernambuco, Brasil. Iheringia. Série Zoologia, Porto Alegre, v. 100, p. 1-6, 2010.
- STANDEN, O. D. The penetration of cercariae of *Schistosoma mansoni* into the skin and lymphatics of the mouse. Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene, London, v. 47, p. 292- 298, 1953.
- WILSON, R. A. et al. *Schistosoma mansoni*: The activity and development of the schistosomulum during migration from the skin to the hepatic portal system. Parasitology, London, v. 77, p. 57-73, 1978.
- XIMENES, R. A. A. et al. Socioeconomic determinants schistosomiasis in an urban area in the Northeast of Brazil. Revista Panamericana de Saúde Pública, Washington, v. 14, n. 6, p. 409-421, 2003.
- ZHOU, X. N. et al. Use of landsat TM satellite surveillance data to measure the impact of the 1998 flood on snail intermediate host dispersal in the lower Yangtze River Basin. Acta Tropica, Basel, v. 82, p. 199-205, 2002.
- ZHOU, X. N. et al. Application of geographic information systems and remote sensing to schistosomiasis control in China. Acta Tropica, Basel, v. 79, p. 97-106, 2001.

ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética



Título do Projeto: “Avaliação Quantitativa do Risco Ambiental e da Influência do Contexto na Transmissão da Esquistossomose na Praia de Itamaracá, Pernambuco”.

Pesquisador responsável: Constança Clara Gayoso Simões Barbosa.

Instituição onde será realizado o projeto: CPqAM/FIOCRUZ

Data de apresentação ao CEP: 23/08/12

Registro no CEP/CPqAM/FIOCRUZ: 24/12

Registro no CAAE: 07240712.6.0000.5190

PARECER Nº 04/2013

O Comitê avaliou as modificações introduzidas e considera que os procedimentos metodológicos do Projeto em questão estão condizentes com a conduta ética que deve nortear pesquisas envolvendo seres humanos, de acordo com o Código de Ética, Resolução CNS 196/96, e complementares.

O projeto está aprovado para ser realizado em sua última formatação apresentada ao CEP e este parecer tem validade até 06 de fevereiro de 2016. Em caso de necessidade de renovação do Parecer, encaminhar relatório e atualização do projeto.

Recife, 06 de fevereiro de 2013.

Coordenadora do CEP/CPqAM

Observação:

Anexos:

- Orientações ao pesquisador para projetos aprovados;
- Modelo de relatório anual com 1º prazo de entrega para 06/02/2014.

Campus da UFPE - Av. Moraes Rego, s/n
CEP 50.670-420 Fone: (81) 2101.2639
Fax: (81) 3453.1911 | 2101.2639
Recife - PE - Brasil
comitedeetica@cpqam.fiocruz.br

