

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE MEDICINA
NÚCLEO DE MEDICINA TROPICAL

MÁRCIO COSTA VINHAES

**VULNERABILIDADE DE MUNICÍPIOS BRASILEIROS
PARA OCORRÊNCIA DE TRIATOMÍNEOS
SINANTRÓPICOS BASEADA EM INDICADORES
SOCIAIS, DEMOGRÁFICOS, EPIDEMIOLÓGICOS,
ENTOMOLÓGICOS E AMBIENTAIS**

BRASÍLIA

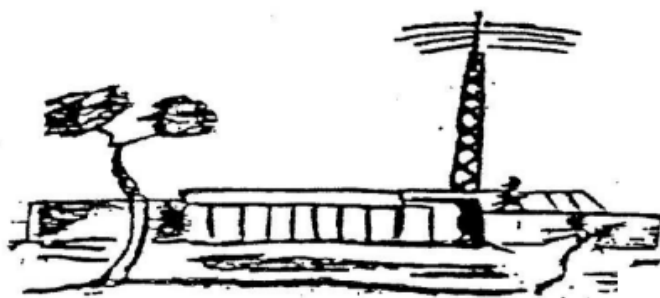
2013

VULNERABILIDADE DE MUNICÍPIOS BRASILEIROS PARA OCORRÊNCIA DE TRIATOMÍNEOS SINANTRÓPICOS BASEADA EM INDICADORES SOCIAIS, DEMOGRÁFICOS, EPIDEMIOLÓGICOS, ENTOMOLÓGICOS E AMBIENTAIS

MÁRCIO COSTA VINHAES

Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Medicina Tropical da Universidade de Brasília para a obtenção do título de mestre em Medicina Tropical, na área de concentração: Epidemiologia das Doenças Infecciosas e Parasitárias.

Orientador: Prof^o. Rodrigo Gurgel Gonçalves



Brasília

2013

III. FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade de
Brasília. Acervo 1011871.

V784v Vinhaes, Márcio Costa.
Vulnerabilidade de municípios brasileiros para ocorrência de triatomíneos sinantrópicos baseada em indicadores sociais, demográficos, epidemiológicos, entomológicos e ambientais / Márcio Costa Vinhaes. -- 2013.
109 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Brasília, Faculdade de Medicina, Núcleo de Medicina Tropical, Programa de Pós-Graduação em Medicina Tropical, 2013.
Inclui bibliografia.
Orientação: Rodrigo Gurgel Gonçalves.

1. Chagas, Doença de - Epidemiologia. 2. Barbeiro (Triatomíneo). 3. Inseto como transmissor de doenças. 4. Nicho (Ecologia). I. Gonçalves, Rodrigo Gurgel. II. Título.

CDU 616.937.3(81)

IV. COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA

Márcio Costa Vinhaes

VULNERABILIDADE DE MUNICÍPIOS BRASILEIROS PARA OCORRÊNCIA DE TRIATOMÍNEOS SINANTRÓPICOS BASEADA EM INDICADORES SOCIAIS, DEMOGRÁFICOS, EPIDEMIOLÓGICOS, ENTOMOLÓGICOS E AMBIENTAIS

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Medicina Tropical: Epidemiologia das Doenças Infecciosas e Parasitárias

DATA DA DEFESA DA DISSERTAÇÃO

30 de agosto de 2013

BANCA EXAMINADORA

Dr. Cleudson de Nery Castro (Doutor) - Suplente
Universidade de Brasília

Dr. João Carlos Pinto Dias (Doutor)
Centro de Pesquisa René Rachou – Fiocruz, MG

Dr^a. Nadjar Nitz (Doutora)
Universidade de Brasília

Dr. Rodrigo Gurgel Gonçalves (Doutor)
Universidade de Brasília

V. DEDICATÓRIA

Ao meu pai.

VI. AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela oportunidade a mim confiada, a Jesus Cristo, autor e consumidor da minha fé, por me ensinar que tudo é possível ao que crê e ao Espírito Santo de Deus, meu consolador, pela presença contínua no dia a dia.

Ao Dr. Rodrigo Gurgel Gonçalves, professor e pesquisador do Laboratório de Parasitologia Médica e Biologia de Vetores, Faculdade de Medicina, Universidade de Brasília, pela excelente orientação, competência e incentivo à pesquisa. Agradeço pela confiança e conselhos dados para a conclusão deste trabalho.

Ao Dr. João Carlos Pinto Dias, por aceitar participar da banca examinadora e pelos seus ensinamentos e compartilhamento de sua experiência na Saúde Pública, em especial, na luta contra a doença de Chagas.

À Dra. Nadjar Nitz por aceitar participar da banca examinadora e ao Dr. Cleudson Nery Castro por aceitar o convite de participação da banca examinadora e de estar presente em mais uma etapa do meu percurso acadêmico.

Ao Dr. Marcos Obara e aos amigos Stefan Vilges de Oliveira e João Eduardo Costa pelo apoio e colaboração no projeto.

À equipe da Unidade Técnica de Vigilância das Doenças de Transmissão Vetorial – UVTV da Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde e ao grupo técnico de doença de Chagas pela contribuição e cooperação no projeto.

A todos os profissionais dos Programas de Controle da Doença de Chagas, que direta ou indiretamente colaboram para a realização deste trabalho.

Aos amigos e parceiros eternos que sempre serviram como motivadores e espelho na minha trajetória profissional e acadêmica, em especial o Dr. Antônio Carlos Silveira, o Dr. Aluísio Prata e Dra. Vanize Macedo.

A minha esposa, Ana Tereza, e filhas, Ana Letícia e Ana Clara, por todo amor, incentivo e paciência nas horas mais difíceis de mais uma conquista profissional.

A minha mãe por todo amor e incentivo que foram vitais para o alcance de todos os meus objetivos.

Muito Obrigado!

VII. LISTAS DE QUADROS, TABELAS, FIGURAS E ABREVIações

Figura 1: Distribuição geográfica de <i>Triatoma infestans</i> no Brasil em 1975/1983 e 2007 (modificado de Silveira & Dias 2011 e Gurgel-Gonçalves <i>et al.</i> 2012c).	29
Figura 2: Distribuição geográfica do <i>Panstrongylus megistus</i> no Brasil. Os quadros amarelos indicam os registros de ocorrência da espécie e o sombreamento preto a área de ocorrência predita. Áreas identificadas como adequadas com base em variáveis climáticas são mostradas em azul, enquanto que as áreas identificadas como adequadas com base em características da vegetação (NDVI - <i>normalized difference vegetation index</i>) são mostradas em verde (Gurgel-Gonçalves <i>et al.</i> 2012b).	30
Figura 3: Distribuição geográfica do <i>T. brasiliensis</i> no Brasil (Gurgel-Gonçalves <i>et al.</i> 2012b).	31
Figura 4: Distribuição geográfica do <i>T. pseudomaculata</i> no Brasil (Gurgel-Gonçalves <i>et al.</i> 2012b).	32
Figura 5: Distribuição geográfica do <i>T. sordida</i> no Brasil (Gurgel-Gonçalves <i>et al.</i> 2012b).	33
Figura 6: Distribuição geográfica de <i>R. robustus</i> (A) e <i>R. pictipes</i> (B) na Amazônia brasileira (Gurgel-Gonçalves <i>et al.</i> 2012b).	34
Figura 7: Distribuição dos municípios brasileiros conforme estratificação de risco de transmissão vetorial domiciliar da doença de Chagas segundo Silveira & Dias 2011.	40
Figura 8: Modelagem de nicho ecológico (adaptado de: http://www.effinghamcounty.org/DepartamentosGP/GIS/GISHome/tabid/1550/Default.aspx)	42

Figura 9: Fluxograma da metodologia da modelagem de nicho ecológico (MNE) dos vetores sinantrópicos de <i>T. cruzi</i> e casos da DCA usando o algoritmo Maxent.....	52
Figura 10: Fluxograma da metodologia da análise multicritério de decisão (ADM) usando o <i>software</i> PRADIN.	53
Tabela 1: Indicadores epidemiológicos, socioeconômicos, demográficos e ambiental e seus respectivos pesos, atribuídos na análise multicritério, para classificação dos municípios brasileiros quanto à vulnerabilidade para ocorrência de triatomíneos sinantrópicos.....	63
Figura 11: Distribuição dos municípios com registros de casos agudos da DC no Brasil devido a transmissão vetorial notificados pelo Ministério da Saúde entre 2007 e 2011 e pelo inquérito nacional entre 2001-2008 (Ostermayer <i>et al.</i> 2011). Os nomes dos municípios e dos estados estão detalhados nos dados suplementares (Anexo II).	64
Figura 12: Registros da ocorrência das seis espécies de triatomíneos sinantrópicos usados para a modelagem de nicho ecológico (<i>Panstrongylus megistus</i> , <i>Triatoma sordida</i> , <i>T. pseudomaculata</i> , <i>T. brasiliensis</i> , <i>Rhodnius pictipes</i> e <i>R. robustus</i>) Os registros de ocorrência usados para testar os modelos (25% dos pontos) foram omitidos.	65
Figura 13: Modelo de nicho ecológico apresentando a estimativa de distribuição potencial de casos agudos de DC por transmissão vetorial no Brasil baseada em dados climáticos. As áreas em branco representam ausência de casos humanos de DC prevista pelo modelo. Áreas identificadas como adequadas com base em variáveis climáticas são representadas em escala de vermelho claro (baixa adequabilidade) ao vermelho escuro (alta adequabilidade). Os quadrados representam ocorrências conhecidas de casos agudos de DC por transmissão vetorial.	66
Figura 14: Modelo de nicho ecológico apresentando a estimativa de distribuição potencial de triatomíneos sinantrópicos no Brasil baseada em dados climáticos. Áreas identificadas como adequadas para a ocorrência de	

triatomíneos sinantrópicos com base em variáveis climáticas são representadas em escala de verde claro (baixa adequabilidade) ao verde escuro (alta adequabilidade). Os pontos usados na modelagem foram removidos para permitir uma melhor visualização do modelo, porém esses pontos podem ser observados na Figura 12..... 67

Figura 15: Sobreposição dos modelos de nicho ecológico de casos da DC e triatomíneos sinantrópicos no Brasil. A área em verde indica a distribuição potencial dos casos e a em vermelho a dos triatomíneos considerando áreas de maior adequabilidade climática (valores maiores que 0,50). As áreas em azul indicam a área de sobreposição dos modelos. As áreas em branco indicam ausência predita ou menores valores de adequabilidade climática (valores menores que 0,50)..... 68

Figura 16: Primeira simulação para a classificação de vulnerabilidade para ocorrência de triatomíneos sinantrópicos. O mapa apresenta uma escala cromática representando áreas de maior vulnerabilidade em tons vermelhos escuros e menor vulnerabilidade em tons amarelos claros. O peso das variáveis usado na simulação está descrito na Tabela 1. 69

Figura 17: Segunda (A) e sexta (B) simulações para a classificação de vulnerabilidade para ocorrência de triatomíneos sinantrópicos. O mapa apresenta uma escala cromática representando áreas de maior vulnerabilidade em tons vermelhos escuros e menor vulnerabilidade em tons amarelos claros. O peso das variáveis usado nas simulações está descrito na Tabela 1. 70

Figura 18: Terceira (A), sétima (B) e nona (C) simulações para a classificação de vulnerabilidade para ocorrência de triatomíneos sinantrópicos. O mapa apresenta uma escala cromática representando áreas de maior vulnerabilidade em tons vermelhos escuros e menor vulnerabilidade em tons amarelos claros. O peso das variáveis usado nas simulações está descrito na Tabela 1. 71

Figura 19: Quarta (A) e oitava (B) simulações para a classificação de vulnerabilidade para ocorrência de triatomíneos sinantrópicos. O mapa

apresenta uma escala cromática representando áreas de maior vulnerabilidade em tons vermelhos escuros e menor vulnerabilidade em tons amarelos claros. O peso das variáveis usado nas simulações está descrito na Tabela 1. 72

Figura 20: Quinta simulação para a classificação de vulnerabilidade para ocorrência de triatomíneos sinantrópicos. O mapa apresenta uma escala cromática representando áreas de maior vulnerabilidade em tons vermelhos escuros e menor vulnerabilidade em tons amarelos claros. O peso das variáveis usado nas simulações está descrito na Tabela 1..... 73

Figura 21: Concordância da AMD estadual com a lista de municípios prioritários fornecida pela Gerência do Programa de Controle da Doença de Chagas do estado do Ceará. (A) AMD estadual mostrando as áreas de maior vulnerabilidade para ocorrência de triatomíneos sinantrópicos (em vermelho) baseada na terceira simulação. (B) municípios de maior risco de transmissão vetorial domiciliar da doença de Chagas no estado do Ceará (em laranja) segundo o programa estadual de controle. 74

Tabela 2: Resultados da concordância entre a classificação de vulnerabilidade dos municípios do Estado do Ceará para ocorrência de triatomíneos sinantrópicos gerada pelas nove simulações da análise multicritério (análise nacional e estadual) e a lista de municípios prioritários para ações de vigilância gerada pelo programa de controle do estado. 75

Tabela 3: Valor médio dos indicadores usados na análise multicritério na primeira simulação (pesos iguais), para os municípios classificados com alta e baixa vulnerabilidade para ocorrência de triatomíneos sinantrópicos no Brasil.76

Figura 22: Porcentagem de municípios dos Estados classificados com alta vulnerabilidade após a análise multicritério para a terceira simulação..... 77

Quadro 1: Lista dos 100 municípios prioritários para ações de vigilância e controle de triatomíneos no Brasil, gerada pela análise multicritério..... 78

Abreviaturas e Siglas

AL: Alagoas

AMD: Análise Multicritério de Decisão

AVAI: Anos de Vida Adaptados à Incapacidade

BA: Bahia

BHC: Benzeno Hexa Cloro

Bz: Benznidazol

CD: Chagas disease

CE: Ceará

CEBRAP: Centro Brasileiro de Análise e Planejamento

DC: Doença de Chagas

DCA: Doença de Chagas Aguda

DCC: Doença de Chagas Crônica

DF: Distrito Federal

ELISA: *Enzyme-linked immunosorbent assay*

ENM: *Ecological Niche Modelling*

Abreviaturas e Siglas

Et al.: Et al. (e outro)

FIE: Ficha de Investigação Epidemiológica

GO: Goiás

Ibama: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais e Renováveis

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IgG: Imunoglobulina G

IgM: Imunoglobulina M

Km: Quilômetro

LPI: Local Provável de Infecção

MCDA: *Multi-Criteria Decision Analysis*

MG: Minas Gerais

MNE: Modelagem de Nicho Ecológico

MS: Ministério da Saúde

n: Número de espécies

Abreviaturas e Siglas

NDVI: *Normalized difference vegetation index*

Nf: Nifurtimox

OMS: Organização Mundial da Saúde

OPAS: Organização Pan-Americana da Saúde

P: Valor p (probabilidade que sintetiza o resultado do teste estatístico)

PB: Paraíba

PE: Pernambuco

PI: Piauí

PIB: Produto Interno Bruto

PITs: Postos de Informações de Triatomíneos

PRADIN: Programa de Apoio à Tomada de Decisão baseada em Indicadores

PMDBBS: Projeto de Monitoramento dos Desmatamentos dos Biomas Brasileiros por Satélite

PNUD: Programa das Nações Unidas para o desenvolvimento

RN: Rio Grande do Norte

SIG: Sistema de Informação Geográfica

SINAN: Sistema de Informação de Agravos de Notificação

WHO: *World Health Organization*

VIII. FINANCIAMENTO

Durante o desenvolvimento do curso de pós-graduação *stricto sensu* (mestrado), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, por intermédio do Programa de Pós-Graduação em Medicina Tropical concedeu bolsa de estudo para auxílio nas atividades envolvidas no curso de mestrado.

IX. ÍNDICE

X.	RESUMO	18
X.	ABSTRACT	20
1.	INTRODUÇÃO	22
	1.1. A doença de Chagas.....	22
	1.2. Epidemiologia da doença de Chagas.....	25
	1.3. Os vetores de <i>Trypanosoma cruzi</i>	27
	1.4. Controle e vigilância dos triatomíneos no Brasil.....	35
	1.5. Risco, estratificação de risco e vulnerabilidade.....	37
	1.6. Modelagem de nicho ecológico (MNE).....	41
	1.7. Análise multicritério para tomadas de decisão	44
2.	JUSTIFICATIVA	47
3.	OBJETIVO GERAL	49
	3.1. Objetivos Específicos	49
4.	MÉTODOS.....	51
	4.1. Fluxograma da Metodologia.....	51
	4.2. Dados de distribuição dos casos humanos	54
	4.3. Dados de distribuição dos triatomíneos	55
	4.4. Dados socioeconômicos, demográficos e ambiental.....	56
	4.5. Modelagem de Nicho Ecológico (MNE).....	58
	4.6. Análise multicritério de decisão (AMD).....	60
5.	RESULTADOS	64
	5.1. Distribuição de casos agudos da DC e triatomíneos sinantrópicos.....	64
	5.2. Modelos de nicho ecológico	65
	5.3. Modelos ADM.....	68
	5.4. Resultados da concordância	73
6.	DISCUSSÃO	79

7.	CONCLUSÕES	86
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
9.	ANEXOS.....	107
	9.1. Ficha de Investigação Epidemiológica (FIE) de doença de Chagas do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN).	107
	9.2. Relação de municípios com ocorrência de casos de DCA por transmissão vetorial notificados pelo Ministério da Saúde (2007 – 2011) e pelo Inquerito Nacional (2001 – 2008).....	109

X.RESUMO

Apesar da drástica redução da transmissão vetorial de *Trypanosoma cruzi* no Brasil, casos agudos da doença de Chagas (DC) ainda têm sido registrados. A identificação de áreas com maior vulnerabilidade para ocorrência de triatomíneos sinantrópicos é fundamental para orientar as ações de prevenção, controle e vigilância epidemiológica. Foi realizada uma classificação dos municípios brasileiros quanto a esta vulnerabilidade baseada em nove indicadores (socioeconômicos, demográficos, epidemiológicos, entomológicos e ambiental) usando análise multicritério de decisão (AMD) apoiada por modelagem de nicho ecológico (MNE). A MNE dos casos humanos estimou uma maior adequabilidade climática para transmissão vetorial na região Norte e Nordeste do país. Áreas climaticamente mais adequadas para presença dos triatomíneos foram detectadas na região extra-amazônica. Os modelos produzidos por meio da AMD foram muito diferentes; aqueles em que foi conferido maior peso aos indicadores demográficos e ambiental não mostraram um padrão de vulnerabilidade adequado comparando com municípios historicamente vulneráveis, diferente dos modelos baseados em dados entomológicos e socioeconômicos. Os municípios classificados com maior vulnerabilidade apresentaram maior pobreza extrema na zona rural e maior área antropizada. Os valores das variáveis demográficas foram similares entre os municípios de alta e baixa vulnerabilidade para ocorrência de triatomíneos. Os estados da região Nordeste, principalmente Ceará, e os estados de Goiás, Minas Gerais e Tocantins apresentaram maior porcentagem de municípios classificados com alta vulnerabilidade. A MNE e AMD podem auxiliar a identificar os estados e municípios mais vulneráveis para ocorrência de triatomíneos, o que é fundamental para direcionamento das ações de vigilância e controle em um cenário em que os dados entomológicos são cada vez mais escassos. Os dois novos indicadores entomológicos elaborados no presente trabalho (ocorrência real ponderada das espécies e ocorrência predita das espécies) poderão ser aplicados para aperfeiçoar a vigilância da doença de Chagas no Brasil e outros países.

Palavras chaves: análise multicritério de decisão, modelagem de nicho ecológico, doença de Chagas, triatomíneos, vulnerabilidade, Brasil.

X. ABSTRACT

Despite the drastic reduction of the vectorial transmission of *Trypanosoma cruzi* in Brazil, acute cases of Chagas disease (CD) still have been recorded. The identification of areas with greater vulnerability for the occurrence of synanthropic triatomines is essential to orient prevention, control and surveillance activities. A classification of municipalities vulnerability for the occurrence of synanthropic triatomines was performed based on nine indicators (socioeconomic, demographic, epidemiological, entomological and environmental) using multi-criteria decision analysis (MCDA) supported by ecological niche modeling (ENM). The ENM of human cases estimated a higher climatic suitability for vector transmission in the North and Northeast regions of Brazil. The most climatically suitable areas for the presence of triatomines were detected in extra-Amazonian region. The models produced by MCDA were very different, and unlike the models based on entomological and socioeconomic data, those in which it was given a greater weight to demographic and environmental indicators did not show an appropriate pattern of vulnerability when compared to historically vulnerable municipalities. The municipalities classified with a high level of vulnerability for the occurrence of synanthropic triatomines were those with high levels of rural poverty and anthropized area. Municipalities with high and low levels of vulnerability for the occurrence of triatomines showed similar demographic variables values. The states of the Northeast region, especially Ceará, and the states of Goiás, Minas Gerais and Tocantins were prioritized to receive proper triatomine surveillance and control activities in Brazil for having the highest percentage of municipalities with high vulnerability. The ENM and MCDA can help to identify the states and municipalities most vulnerable for the occurrence of synanthropic triatomines, which is critical for directing adequate surveillance and control activities in a scenario where entomological data are increasingly scarce. The two new entomological indicators developed in this work (weighted actual occurrence of species and predicted occurrence of the species) may be applied to improve the surveillance of Chagas disease in Brazil and other countries.

Keywords: Multi-criteria decision analysis, ecological niche modelling, Chagas disease, triatomine, vulnerability, Brazil.

1. INTRODUÇÃO

1.1. A doença de Chagas

A doença de Chagas (DC), também conhecida por Tripanossomíase Americana é causada pelo protozoário hemoflagelado *Trypanosoma cruzi* (Kinetoplastida: Trypanosomatidae), que circula na natureza entre mamíferos silvestres e triatomíneos, hemípteros hematófagos da subfamília Triatominae (Chagas 1909, Dias 2000).

Até a década de 1950, a DC era considerada basicamente uma endemia rural transmitida ao homem por meio do contato com fezes de triatomíneos infectados no momento da realização do repasto sanguíneo do inseto, acometendo basicamente pessoas pobres de área rural, onde a má construção da casa, com materiais de fácil deterioração, favorece a proliferação destes insetos vetores. Aos poucos, a doença foi se urbanizando em função do deslocamento das pessoas da zona rural para zona urbana, fato acentuado a partir dos meados do século passado, o que também contribuiu para a transmissão na forma transfusional (Brasil 1996).

Coura & Dias (2009) separam os mecanismos de transmissão da infecção chagásica em dois grupos: (I) principal, por meio do vetor (triatomíneo), transfusão de sangue, transmissão oral ou transplacentária e (II) secundário, como acidente de laboratório, manejo de animais infectados, transplante de órgãos, transmissão sexual (contato com esperma ou fluido menstrual contaminados com *T. cruzi*) e, hipoteticamente, inoculação ou contaminação deliberada e criminoso do alimento com o parasito. Estima-se que a transmissão vetorial ainda pode ser responsável por mais de 70% dos casos em países em que não existe um programa de controle vetorial. Da mesma forma, estima-se que a transmissão por transfusão de sangue pode representar até 20% dos casos em lugares onde não existe controle sobre os bancos de sangue. A transmissão congênita apresenta uma grande variação regional, de 0,5 a 10% dos casos em países como Chile, Bolívia e Paraguai (Coura & Dias 2009). A transmissão oral é considerada hoje em dia endêmica

na região amazônica (Fraiha *et al.* 1995, Valente *et al.* 1998, Junqueira *et al.* 2005, Pinto *et al.* 2008).

As manifestações clínicas da doença de Chagas podem variar durante o curso da infecção, desde casos assintomáticos até severas complicações da forma cardíaca, digestiva ou mista (Teixeira *et al.* 2011).

De acordo com Chagas & Villela (1922) e Siqueira-Batista & Gomes (2002), a fase inicial (aguda) da doença (DCA), estabelecida após infecção pelo *T. cruzi*, apesar da elevada parasitemia, é, na maioria das vezes, assintomática. Quando os sintomas são percebidos, aparecem de 4 a 12 dias após a infecção, incluindo chagoma de inoculação, sinal de Romaña (edema bipalpebral unilateral e indolor) e febre prolongada. Mialgias, astenia, anorexia, cefaleia e síndromes digestiva, cardíaca e respiratória também podem ocorrer e persistir por um a dois meses. A meningoencefalite aguda junto com a miocardite e a insuficiência cardíaca são responsáveis pela maioria de óbitos observados nessa fase, principalmente em crianças (Marquez 1994). Segundo Prata (2001), 5 a 10% de chagásicos sintomáticos morrem durante a fase aguda.

De 2 a 4 meses após a infecção, as manifestações clínicas desaparecem e dificilmente parasitos são detectados no sangue periférico do paciente. A doença entra em um longo período de ausência de sinais e sintomas, denominado forma crônica indeterminada. Os pacientes nesta forma geralmente gozam de boa saúde ignorando os efeitos doença. A maioria dos pacientes de uma área endêmica se encontra na fase crônica da doença de Chagas (DCC). Entretanto, após alguns anos, cerca de 20 a 35% destes pacientes desenvolvem lesões irreversíveis no coração, esôfago e cólon e o sistema nervoso (Moncayo & Silveira 2009).

A cardiopatia chagásica é a mais importante forma clínica da doença devido à morbimortalidade (Teixeira *et al.* 2011). Chagas & Villela (1922) já chamavam a atenção para a frequência e intensidade das desordens do ritmo cardíaco na fase crônica. No Brasil, de 20 a 30% dos portadores da

enfermidade evoluem para a forma cardíaca, 5 a 8% a forma esofageana e 4 a 6% a forma intestinal (Raia *et al.* 1955, Rezende 1979, Rocha *et al.* 2003).

O diagnóstico da doença, na fase inicial, é feito por meio da visualização microscópica do agente etiológico no sangue periférico do paciente. A detecção de anticorpos anti-*T. cruzi* da classe IgM no sangue periférico é indicativa de fase aguda, associando a informação ao cenário clínico e epidemiológico, mesmo sabendo que esporadicamente essa classe de anticorpo possa aparecer em alguns momentos da infecção crônica de alguns pacientes (Ministério da Saúde 2005). Na fase crônica, o diagnóstico é basicamente sorológico. Métodos de imunodiagnóstico, como a imunofluorescência, ELISA e hemaglutinação são utilizados nesta fase para identificar anticorpos específicos IgG anti-*T. cruzi*. Apesar de menos utilizadas, hemocultura, xenodiagnóstico e análise do DNA do parasito por PCR são outros métodos possíveis de diagnóstico (Gomes *et al.* 1999).

Apesar dos avanços observados nos últimos anos no diagnóstico e no tratamento da doença de Chagas, apenas dois fármacos, nifurtimox (Nf) e benznidazol (Bz), podem ser terapêuticamente eficazes no tratamento etiológico da fase aguda da infecção chagásica. Dados da literatura mostram que Nf e Bz apresentam eficácia acima de 80% na fase aguda e de 8 a 30% na fase crônica, entretanto, em jovens menores de 15 anos, na forma indeterminada recente, a taxa é de 50 a 60%. O sucesso da terapêutica esbarra em pontos como esquema terapêutico prolongado, reações adversas, variabilidade genética dos parasitos e cepas resistentes aos fármacos (Oliveira *et al.* 2008). De acordo com o consenso brasileiro da doença de Chagas (Ministério da Saúde 2005) não há indicação de tratamento etiológico em larga escala para adultos chagásicos na fase crônica.

O tratamento da doença de Chagas ainda é uma questão não totalmente resolvida e tem como grande objetivo a erradicação da infecção e a prevenção do aparecimento de lesões em órgãos ou do agravamento das lesões presentes (Coura *et al.* 1997).

1.2. Epidemiologia da doença de Chagas

A doença de Chagas (DC) é uma doença endêmica, predominantemente rural, intimamente associada ao subdesenvolvimento social e econômico de uma região (Dias & Borges 1979).

Apesar da DC ter sido descoberta há mais de cem anos, ela ainda é um problema de saúde pública por todos os países da América Latina, e sua distribuição cobre a América do Sul, incluindo Chile e Argentina, até o sul dos Estados Unidos, sendo endêmica em 21 países e ocorrendo em outros continentes devido a fluxos migratórios (Coura & Viñas 2010). A Organização Mundial da Saúde (OMS) estimou em 16 a 18 milhões o número de portadores da infecção chagásica na década de 1980, dos quais cerca de 5,4 milhões evoluíram para cardiopatias graves e 900.000 para formas digestivas. Nessa época, estimava-se uma incidência anual de 200.000 casos e 21.000 mortes anuais diretamente associadas a esta enfermidade. Cerca de 25% dos habitantes da América Latina estaria em risco de contrair a infecção na América Latina (OMS 2000). Em 1993, o Banco Mundial estimou a perda anual devida à doença de Chagas em 2,74 milhões de anos de vida adaptados à incapacidade (AVAI), o que representa um custo econômico para os países endêmicos da América Latina de mais de US\$ 6,5 milhões ao ano (Banco Mundial 1993).

No Brasil, em um estudo de custo-efetividade do Programa de Controle da Doença de Chagas realizado em 2000, concluiu-se que no período de 20 anos (1975-1995) foram investidos US\$ 516,68 milhões em ações de controle e prevenção, e que durante esse período foram prevenidas 50% das transmissões potenciais pelo vetor, o que representa 277 mil novas infecções e 85 mil óbitos. Ademais, 1,62 milhões de AVAI foram ganhos com a prevenção de 45% das mortes e 59% das deficiências. Em relação à transmissão transfusional, 5.470 novas infecções e 200 mortes foram prevenidas e 17.900 AVAI foram ganhos ao prevenir 8% das mortes potenciais e 92% das deficiências (Akhavan 1997, Moncayo & Silveira 2009). Ainda assim, a doença

de Chagas é a quarta causa de morte no Brasil entre as doenças infecto-parasitárias (Fiocruz 2011).

Hoje, quase quatro décadas após a consolidação das ações de controle vetorial, indicadores operacionais de campo do programa de controle vetorial, como índices de dispersão e infestação domiciliar, mostram que a principal espécie vetora no país, *Triatoma infestans*, está restrita a pequenos focos residuais de pouca importância epidemiológica no noroeste do estado do Rio Grande do Sul e no oeste do estado da Bahia. Em relação as outras espécies, sobretudo *T. brasiliensis*, *T. pseudomaculata* e *T. sordida*, esses mesmos indicadores sugerem um baixo risco de transmissão vetorial, apesar de que nesse caso seja necessário um trabalho de vigilância de caráter contínuo, com resposta oportuna e adequada para qualquer evidência de constituição de colônias intradomiciliares (Ministério da Saúde 2005, Silveira & Dias 2011).

Em paralelo, é cada vez maior o impacto no meio ambiente causado pelo homem. Desmatamento, queimadas, desenvolvimento industrial e o crescimento urbano desordenado são os grandes responsáveis pela degradação do ambiente natural. Isto, somado às mudanças climáticas e ao comportamento humano, pode vir a modificar o padrão de transmissão de certos agravos como a DC e conseqüentemente proporcionar o ressurgimento de doenças consideradas controladas (Dias 2000).

A prevalência global da DC foi estimada em cerca de 8 milhões em 2005. As mortes foram reduzidas de 45.000 para 12.500 e o número de países endêmicos foi reduzido para 15 em 2006 (Rassi *et al.* 2010, Moncayo & Silveira 2009). No Brasil, a estimativa mais atual é de 1,9 milhões de indivíduos infectados (Rassi *et al.* 2010). Embora cada vez mais raros, os casos agudos da doença de Chagas ainda têm sido registrados no país. No ano de 2011, 19 casos confirmados de doença de Chagas aguda foram atribuídos à transmissão vetorial, contra 125 transmitidos pela via oral (Brasil 2013).

A mortalidade devido à DC no Brasil continua alta, onde aproximadamente seis mil óbitos por ano são registrados. Este número

representa 43% do total de mortes por DC observadas na América Latina (Martins-Melo 2011, Martins-Melo *et al.* 2012). Cabe ressaltar que nas áreas endêmicas, como a região Centro-Oeste e Sudeste, tem sido observado um declínio constante na mortalidade por doença de Chagas ao longo dos anos, enquanto que nas regiões Norte e Nordeste os números de óbitos têm aumentado ou permanecido estáveis. Isto pode ser explicado, em parte, pela eficácia das políticas de assistência ao paciente chagásico e as medidas de controle que focaram principalmente na transmissão vetorial e transfusional (Martins-Melo *et al.* 2012).

Mesmo estando largamente distribuída pelo território nacional, a DC não pode ser analisada de uma forma geral, sem levar em conta os diferentes padrões epidemiológicos de cada região. Sabe-se que variáveis de tempo, espaço (ambientais) e populacionais (culturais, políticas e socioeconômicas) modificam e influenciam a distribuição de frequência das doenças assim como das populações acometidas.

Tendo em vista o alto número de óbitos e que a tripanossomíase silvestre persiste e se encontra amplamente espalhada pelo continente americano, representando o principal fator de risco para uma eventual recrudescência da incidência da DC humana, ressalta-se a importância da manutenção das ações regulares e sistemáticas de controle de todas as formas de transmissão ao homem, em paralelo com a efetiva atenção aos milhões de pacientes na fase crônica da doença.

1.3. Os vetores de *Trypanosoma cruzi*

Os vetores de *Trypanosoma cruzi* são insetos da ordem Hemiptera, subordem Heteroptera, família Reduviidae e subfamília Triatominae. A maior parte das espécies encontram-se nas Américas, exceto as espécies do gênero *Linshcosteus* (Índia) e algumas do gênero *Triatoma*, como *T. rubrofasciata* que está presente em todas as regiões tropicais (Lent & Wygodzinsky 1979, Gorla *et al.* 1997, Galvão *et al.* 2003). Todos os triatomíneos são hematófagos e

todas as espécies são vetores em potencial do parasito, porém, de maior interesse médico e social, somente cerca de uma dezena de espécies têm colonizado ecótopos artificiais e transmitido o *T. cruzi* ao homem (Barretto 1979, WHO 2002).

Os triatomíneos são classificados em cinco tribos com 18 gêneros: Triatomini (*Triatoma*, *Meccus*, *Dipetalogaster*, *Mepraia*, *Eratyrus*, *Panstrongylus*, *Hermanlenticia*, *Paratriatoma*, *Nesotriatoma*, *Linshcosteus*), Rhodniini (*Rhodnius*, *Psammolestes*), Cavernicolini (*Cavernicola*) Bolboderini (*Bolboderia*, *Belminus*, *Parabelminus*, *Microtriatoma*) e Alberprosenini (*Alberprosenia*). Neste momento a subfamília Triatominae é representada por 144 espécies descritas, além de 1 fóssil descrito (Galvão *et al.* 2003, Costa *et al.* 2006, Costa & Felix 2007, Schofield & Galvão 2009, Frias-Lasserre 2010, Rosa *et al.* 2012, Gonçalves *et al.* 2013). *Rhodnius prolixus*, *Triatoma infestans*, *Triatoma dimidiata*, *Triatoma brasiliensis*, *Triatoma pseudomaculata* e *Panstrongylus megistus* destacam-se como os principais vetores de *T. cruzi* ao homem na América Latina (Schofield & Dias 1998, Silveira 2000a, b).

Atualmente, 64 espécies de triatomíneos são conhecidas no Brasil, porém poucas delas apresentam relevante potencial sinantrópico (Silveira *et al.* 1984, Silveira & Rezende 1994, Vinhaes & Dias 2000, Costa *et al.* 2003, Gurgel-Gonçalves *et al.* 2012a, Rosa *et al.* 2012, Gonçalves *et al.* 2013). As cinco espécies mais capturadas durante as atividades de controle e vigilância da doença de Chagas no Brasil nas últimas décadas foram: *T. infestans*, *P. megistus*, *T. brasiliensis*, *Triatoma pseudomaculata* e *Triatoma sórdida* (Vinhaes & Dias 2000, Costa *et al.* 2003, Silveira & Dias 2011). Adicionalmente, na região Amazônica, as principais espécies relacionadas com a transmissão vetorial ou oral são *Rhodnius pictipes* e *R. robustus* (Abad-Franch & Monteiro 2007). Nos parágrafos seguintes são apresentadas algumas características ecológicas, a distribuição geográfica e a importância vetorial de cada uma dessas espécies.

Triatoma infestans é considerada a principal espécie vetora de *T. cruzi* ao homem na América do Sul devido à alta capacidade de domiciliação e alto grau de antropofilia. Populações silvestres de *T. infestans* têm sido encontradas na Argentina, Bolívia, Chile e Paraguai (Bacigalupo *et al.* 2010). A espécie foi introduzida no Brasil e alcançou ampla distribuição no território nacional. Na década de 1980 ocorria em domicílios em mais de 700 municípios dos 12 estados mais populosos do Brasil. Foi o principal alvo nas campanhas de controle vetorial e, em 2006, a Comissão Intergovernamental da Iniciativa do Cone Sul, OMS, formalmente certificou que o Brasil estava livre da transmissão vetorial de *T. cruzi* por *T. infestans*. Entretanto, focos residuais dessa espécie ainda ocorrem no país (Figura 1).

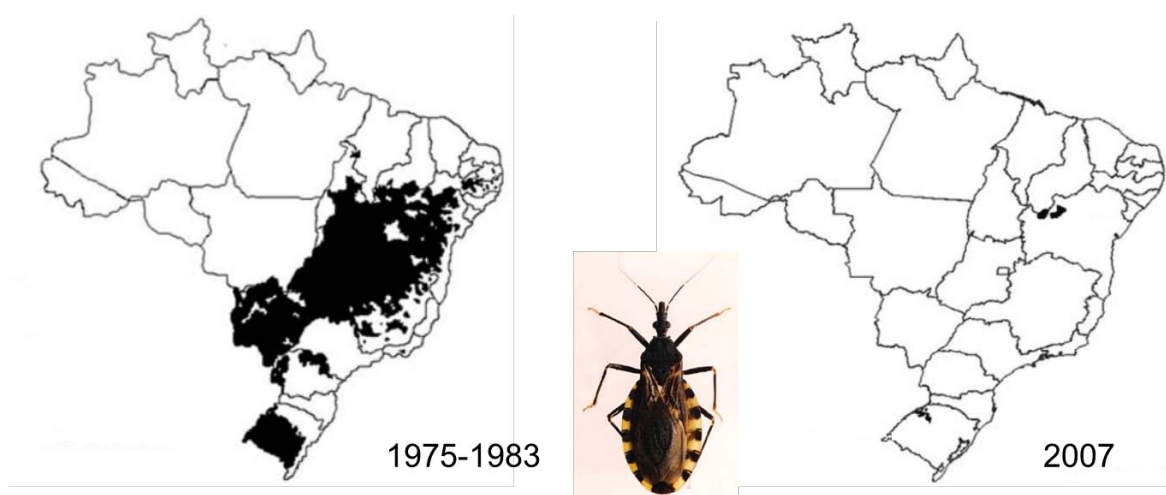


Figura 1: Distribuição geográfica de *Triatoma infestans* no Brasil em 1975/1983 e 2007 (modificado de Silveira & Dias 2011 e Gurgel-Gonçalves *et al.* 2012c).

Panstrongylus megistus, após o controle do *T. infestans*, é considerado o principal vetor do *T. cruzi* no Brasil. Além da sua ampla distribuição geográfica (Figura 2), *P. megistus* apresenta altas taxas de infecção pelo *T. cruzi* e uma marcante capacidade de colonizar ecótopos artificiais (Forattini 1980), em alguns casos estabelecendo colônias peri e intradomiciliares. É uma

espécie nativa cuja adaptação para o ambiente domiciliar está diretamente relacionada com a ação do homem sobre o meio ambiente e a redução das suas fontes alimentares habituais (Silveira 2000). Reconhecem-se dois tipos de comportamento do *P. megistus* no país: no sul, a espécie é encontrada principalmente em ecótopos silvestres, enquanto que no sudeste e em alguns estados do nordeste, a espécie apresenta grande capacidade de domiciliação (Aragão 1961, Forattini 1972). Ademais, está bem documentada a capacidade de *P. megistus* em proporcionar uma rápida multiplicação parasitária, mesmo quando poucos parasitos são ingeridos durante o repasto sanguíneo (Perlowagora-Szumlewicz *et al.* 1988, Lima *et al.* 1992).



Figura 2: Distribuição geográfica do *Panstrongylus megistus* no Brasil. Os quadros amarelos indicam os registros de ocorrência da espécie e o sombreamento preto a área de ocorrência predita. Áreas identificadas como adequadas com base em variáveis climáticas são mostradas em azul, enquanto que as áreas identificadas como adequadas com base em características da vegetação (NDVI - *normalized difference vegetation index*) são mostradas em verde (Gurgel-Gonçalves *et al.* 2012b).

Triatoma brasiliensis é considerada a principal espécie vetora do *T. cruzi* na região Nordeste do Brasil com uma ampla distribuição geográfica (Figura 3), tendo sido registrada em vários estados: Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão,

Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe e Tocantins (Silveira *et al.* 1984, Dias *et al.* 2000). Em ambientes silvestres é frequentemente encontrado habitando formações rochosas em associação com roedores (*Kerodon rupestris*) e apresentando relevantes taxas de infecção natural por *T. cruzi* (Costa *et al.* 1998). No ambiente doméstico, colônias de *T. brasiliensis* são encontradas em galinheiros, currais, muros de pedras, pilhas de tijolos, telhas e madeira. O *T. brasiliensis* vem mantendo altos níveis de infestação e de colonização tanto no domicílio quanto no peridomicílio na região do semiárido brasileiro. Tem sido demonstrado que *T. brasiliensis* é um complexo de espécies com grande variabilidade cromática (Costa *et al.* 2006, Costa & Felix 2007).

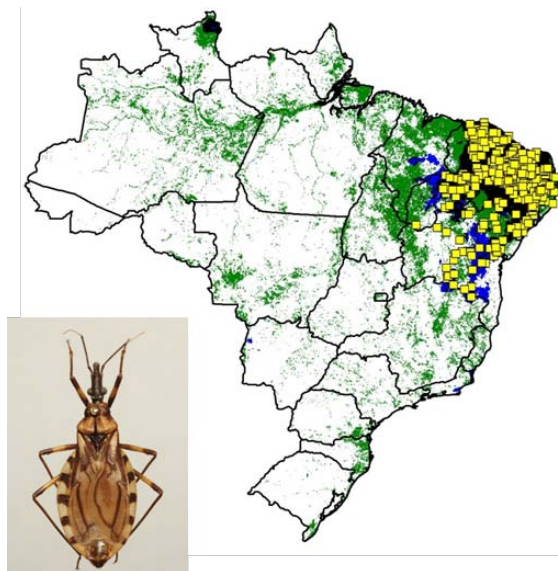


Figura 3: Distribuição geográfica do *T. brasiliensis* no Brasil (Gurgel-Gonçalves *et al.* 2012b).

Triatoma pseudomaculata é um vetor potencial que passa por um rápido processo sinantrópico (Dias *et al.* 2000, Diotaiuti *et al.* 2000). Está presente em todos estados da região Nordeste do Brasil e em alguns estados do centro sul do país como Goiás, Minas Gerais, Tocantins e Distrito Federal (Carcavallo *et al.* 1999, Gonçalves *et al.* 2006, Gurgel-Gonçalves *et al.* 2012b) (Figura 4). *T. pseudomaculata* tem a capacidade de invadir ambientes artificiais, mas não

dispõe de uma marcante capacidade de colonizar o intradomicílio. Entretanto, relatos de colonização por *T. pseudomaculata* têm sido reportados em Berilo, Minas Gerais (Machado de Assis *et al.* 2007) e na área urbana da cidade de Sobral, Ceará (Souza *et al.* 1999). No peridomicílio, *T. pseudomaculata* é frequentemente encontrada em cercas construídas com galhos secos e galinheiros, currais e pilhas de material de construção (Carcavallo *et al.* 1998, Costa *et al.* 1998, Oliveira-Lima *et al.* 2000, Sarquis *et al.* 2006). Em ambientes silvestres, protege-se em ocos e sob cascas de árvores secas, alimentando-se de roedores, aves e marsupiais (Freitas *et al.* 2005).

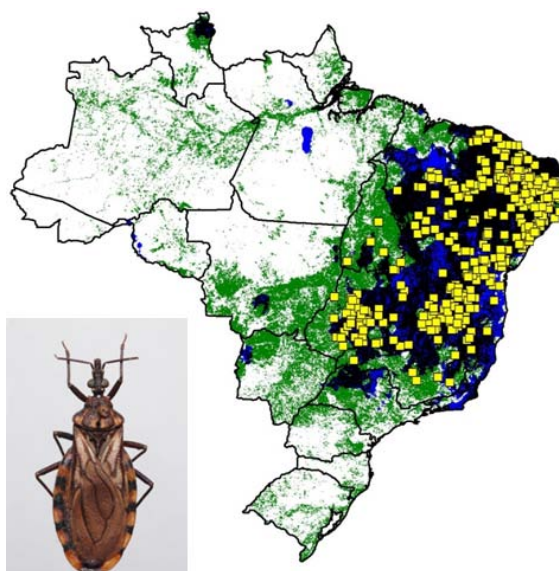


Figura 4: Distribuição geográfica do *T. pseudomaculata* no Brasil (Gurgel-Gonçalves *et al.* 2012b).

Triatoma sordida é a espécie de triatomíneo mais capturada no Brasil atualmente, distribuída amplamente por todo país apesar do seu centro de endemismo ser o Cerrado brasileiro (Diotaiuti *et al.* 1993) (Figura 5). É uma espécie predominantemente peridomiciliar. No ambiente silvestre, é encontrada em ecótopos como cascas de árvores secas e ninhos de pássaros (Forattini *et al.* 1971, Forattini 1980, Gurgel-Gonçalves *et al.* 2012b). Em ambiente domiciliar, *T. sordida* é frequentemente encontrado em galinheiros, pombais, chiqueiros e currais (Diotaiuti *et al.* 1993).

Com o controle das populações domiciliadas de *T. infestans* no país e sua constante presença no ambiente peridomiciliar, *T. sordida* destaca-se como uma das espécies mais importantes, epidemiologicamente, no país. Entretanto, *T. sordida* apresenta um baixo risco de transmissão de *T. cruzi* ao homem, devido a sua incapacidade de estabelecer grandes colônias intradomiciliares (Noireau *et al.* 1997), aos seus baixos índices de infecção natural, quanto por sua marcante ornitofilia (Diotaiuti *et al.* 1993).

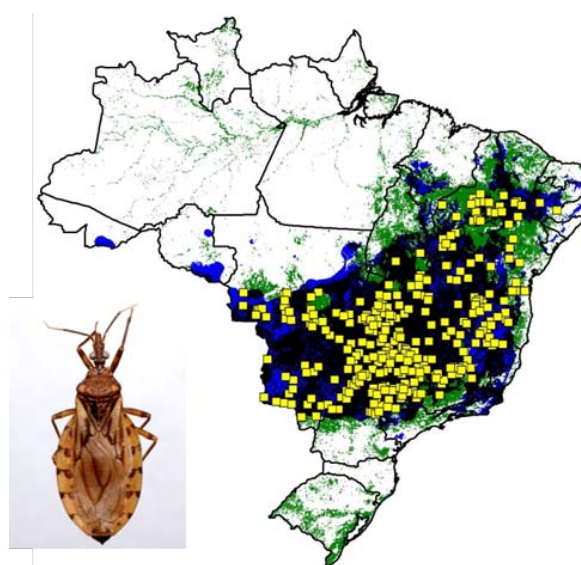


Figura 5: Distribuição geográfica do *T. sordida* no Brasil (Gurgel-Gonçalves *et al.* 2012b).

Rhodnius robustus e *R. pictipes* (Figura 6) são espécies de triatomíneos amplamente distribuídas na região amazônica, habitando diferentes espécies de palmeiras no país e apresentando elevadas taxas de infecção natural por *T. cruzi* (Miles *et al.* 1983, Abad-Franch & Monteiro 2007). A invasão do domicílio por exemplares adultos, atraídos provavelmente por fontes artificiais de luz, pode contribuir para o estabelecimento da transmissão do *T. cruzi* ao homem pela forma natural ou pela contaminação de alimentos. Esta última possibilidade já foi amplamente relatada na região amazônica, onde a doença de Chagas é considerada emergente (Miles *et al.* 1983, Teixeira *et al.* 2001, Aguilar *et al.* 2007, Valente *et al.* 2009, Castro *et al.* 2010).

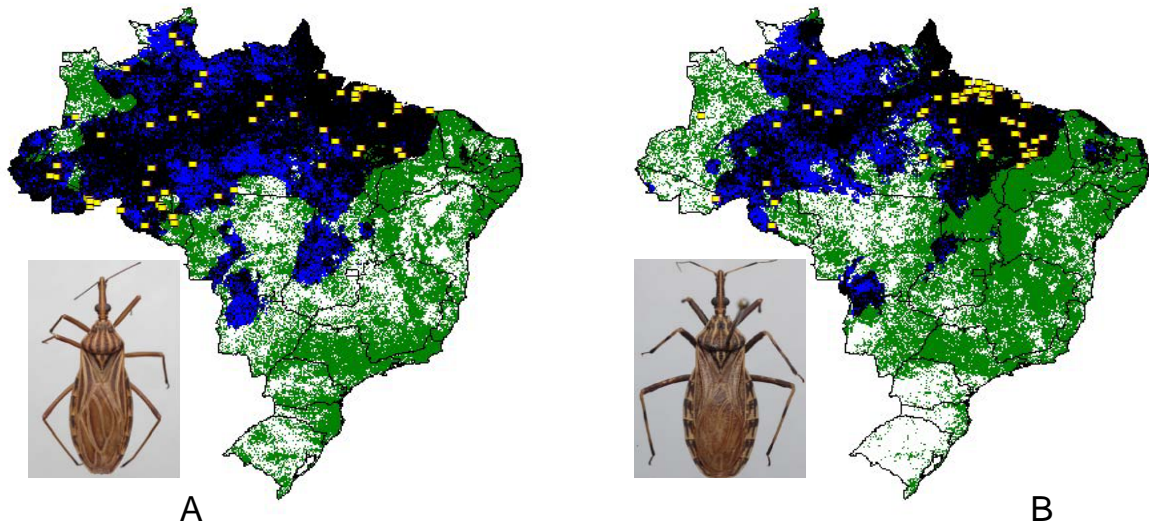


Figura 6: Distribuição geográfica de *R. robustus* (A) e *R. pictipes* (B) na Amazônia brasileira (Gurgel-Gonçalves *et al.* 2012b).

A casa de barro, típica da zona rural, a ação antrópica no ambiente silvestre e as condições marginais e de pobreza do homem do campo favorecem abrigo e condições para a instalação e multiplicação do triatomíneo no ambiente doméstico. O peridomicílio, em geral, pobre, sujo, extremamente desorganizado e com a presença de vários animais domésticos, contribui para a reprodução do triatomíneo e para a manutenção do ciclo da transmissão natural do parasito ao homem (Forattini 1980, Lent & Wygodzinsky 1979, WHO 1991).

Com base na sua importância epidemiológica e grau de associação com o homem, as espécies de triatomíneos foram dispostas como: i) primárias (*R. prolixus* e *T. infestans*), espécies prioritariamente colonizadoras intradomiciliares, altamente antropofílicas e com altas taxas de infecção natural pelo *T. cruzi*; ii) secundárias (*T. brasiliensis*, *P. megistus*, *T. sordida* e *T. pseudomaculata*), espécies que ocupam vários ecótopos silvestres e ainda apresentam comportamento sinantrópico com capacidade de colonizar habitações humanas e transmitir o *T. cruzi* (Dias & Diotaiuti 1998; Noireau *et al.*, 1999). Entretanto, essa classificação tende a mudar com o sucesso das ações de controle do *T. infestans* no Brasil e de *R. prolixus* na América Central.

Na ausência do vetor domiciliado (*T. infestans* ou *R. prolixus*) as outras espécies, tidas como secundárias com potencial de colonização, passam a assumir uma importância epidemiológica maior (Barretto 1979, Forattini 1980, Diotaiuti *et al.* 1995, Costa *et al.* 2003).

Após o controle do *T. infestans*, alguns estudos têm mostrado dados de infestação por outras espécies de triatomíneos em ambiente domiciliar em diferentes estados brasileiros como Goiás (Oliveira & Silva 2007), Distrito Federal (Maeda *et al.* 2012), Mato Grosso do Sul (Almeida *et al.* 2008, Obara *et al.* 2012), Piauí (Gurgel-Gonçalves *et al.* 2010), Pernambuco (Silva *et al.* 2012), Rio Grande do Sul (Bedin *et al.* 2009), Minas Gerais (Villela *et al.* 2009) e São Paulo (Silva *et al.* 2011). Esses estudos indicam a necessidade de reforçar a vigilância dos vetores de *T. cruzi* no Brasil com ações específicas (Dias 2000) baseadas em instrumentos eficazes de monitoramento e avaliação da capacidade de domiciliação de espécies nativas.

Atualmente, além das espécies sinantrópicas nativas da região do cerrado e do semiárido brasileiro, a Amazônia desponta como mais um grande desafio no controle da doença de Chagas. Triatomíneos da tribo Rhodniini, três espécies de *Panstrongylus* e algumas espécies de *Triatoma* ocupam secundariamente a Amazônia. Por isso, o controle da DC demanda um amplo sistema de vigilância apoiado cada vez mais em estudos taxonômicos dos vetores para esclarecer e definir os padrões de risco (Noireau *et al.* 2000; Abad-Franch *et al.* 2009).

1.4. Controle e vigilância dos triatomíneos no Brasil

As primeiras ações estratégicas de controle dos triatomíneos ocorreram em Bambuí, MG, ainda na década de 40, quando Dias & Pellegrino (1948) confirmaram em ensaios de campo a ação tóxica do hexaclorociclohexano (BHC) sobre populações domiciliadas desses insetos.

Apesar da comprovada eficácia do BHC no controle dos triatomíneos, até a década de 1970, somente o Estado de São Paulo desenvolvia ações regulares de controle, em paralelo aos trabalhos desenvolvidos em algumas áreas do Triângulo Mineiro (Coura 1993, Silveira & Vinhaes 1999).

Em 1975 foi delimitada a área onde havia risco de transmissão para todo o país, a partir do inquérito de soroprevalência da infecção na população humana e entomológico, já como parte da rotina das ações de controle. Os resultados desses trabalhos apontavam que a área com risco de transmissão vetorial correspondia a 36% do território nacional, com triatomíneos domiciliares em 2.493 municípios, em 18 estados. Das mais de 42 espécies de triatomíneos até então conhecidas e catalogadas no Brasil, 30 mostravam estar presentes no ambiente domiciliar. O *T. infestans*, principal espécie vetora, encontrava-se presente em 711 municípios de 11 estados (Silveira *et al.* 1984, Vinhaes & Dias 2000, Dias 2006). A soroprevalência da infecção na população rural brasileira era de 4,2% para o país como um todo (Camargo *et al.* 1984).

O Programa Nacional de Controle Vetorial da Doença de Chagas alcançou sua maior cobertura em 1983. Em 1986, com suas ações amplamente consolidadas, o impacto do Programa foi altamente positivo, demonstrando uma significativa redução dos índices triatomínico-tripanosômico por toda área endêmica (Dias 1986).

T. infestans por muitos anos foi considerada a espécie vetora mais importante devido a sua alta capacidade adaptação ao ambiente artificial, especificamente ao intradomicílio, e por estar associada às maiores taxas de prevalência da doença de Chagas (Dias & Schofield 1998).

Em 1991, o Brasil integrou-se à Iniciativa dos Países do Cone Sul destinado a reduzir a transmissão vetorial da doença de Chagas a partir do combate ao *T. infestans* por meio de ações regulares e sistemáticas de controle químico. Adotaram-se ações de controle com grande sucesso, obtendo-se a eliminação do vetor de uma extensa área do país, bem como a

redução da infestação e densidade intradomiciliar de outras espécies responsáveis pela transmissão do parasito (Silveira & Vinhaes 1998).

Em 2006, com o sucesso das medidas adotadas para o controle das transmissões vetorial e transfusional, o Ministério da Saúde do Brasil recebeu pela Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) a certificação de interrupção da transmissão vetorial da doença de Chagas pelo *T. infestans*. Apesar disto, e do último inquérito nacional de soroprevalência de avaliação do controle da doença de Chagas no Brasil apontar para a drástica redução da transmissão de doença por via vetorial no Brasil em anos recentes (Ostermayer *et al.* 2011), casos agudos da doença de Chagas continuam sendo registrados devido a transmissão por espécies de triatomíneos nativas (Brasil 2009), que continuam invadindo e eventualmente colonizando unidades domiciliares em diferentes regiões do território brasileiro, embora em proporções significativamente menores que as observadas no inquérito nacional de 1975-80 (Oliveira & Silva 2007, Almeida *et al.* 2008, Bedin *et al.* 2009, Villela *et al.* 2009, Gurgel-Gonçalves *et al.* 2010, Silva *et al.* 2011, Silveira & Dias 2011, Maeda *et al.* 2012, Silva *et al.* 2012).

Assim, mesmo com a eliminação do *T. infestans*, há necessidade de que se siga exercendo uma estrita vigilância baseada em estudos taxonômicos, ecológicos e de distribuição geográfica dessas outras espécies vetoras (Schofield & Dias 1998, Schofield *et al.* 2006, Abad-Franch *et al.* 2013).

1.5. Risco, estratificação de risco e vulnerabilidade

Atualmente, a ideia de risco faz parte de diversas disciplinas em distintas áreas do conhecimento, como psicologia, economia, engenharia, ciências atuariais, ciências médicas e biológicas (Nardocci 1999).

Não é fácil conceituar risco. A dificuldade em estabelecer uma definição para risco fica clara na vasta bibliografia disponível que trata desta questão em diferentes áreas da ciência (Rodricks 1992, Bernstein 1997, Machado & Minayo 1997, Pereira 1998, Nardocci 1999, Garcia 2000, Bruson 2001, Spink 2001,

Lieber & Romano-Lieber 2002, Minayo & Miranda 2002, Hacon 2003, Christensen *et al.* 2003, Lieber & Romano-Lieber 2003).

Segundo Nardocci (1999), apesar das diferenças, todas as definições sempre associam risco a uma probabilidade da ocorrência de um evento e a magnitude de suas consequências, variando apenas a metodologia de avaliação e a interpretação dessas grandezas, a depender do tipo de risco estudado, por exemplo, se epidemiológico, tecnológico, ambiental ou outro.

Em epidemiologia, Almeida-filho (1989) define risco como a probabilidade dos membros de uma determinada população desenvolver uma dada doença, ou evento relacionado à saúde, em um determinado período de tempo. Será em torno deste conceito de risco que Almeida-filho acredita que a moderna epidemiologia vai se estruturar, instaurando a epidemiologia dos fatores de risco.

O conceito de risco como probabilidade condicional de ocorrência de eventos de saúde-doença da epidemiologia moderna na década de 1980 (Rotham, Greenland 1998) permitiu um rigor teórico e capacidade preditiva na área de planejamento e gestão em saúde (Almeida-Filho & Coutinho 2007).

As técnicas de avaliação de risco em epidemiologia estão fundamentadas na experimentação como critério básico de rigor e legitimação científica. Instrumentos teóricos baseados no conceito epidemiológico de risco foram criados para identificar e controlar todos os fatores que possam interferir no estudo experimental, com o intuito de estabelecer as condições favoráveis à observação de uma possível relação de causa-efeito (Czeresnia 2004).

Por outro lado, outra abordagem para a compreensão de risco e seus desdobramentos operacionais é a da vulnerabilidade. O termo vulnerabilidade passa a ser mais frequentemente utilizado nos estudos de saúde a partir da análise do impacto determinado pela epidemia de Aids (Mann *et al.* 1993). O conceito de vulnerabilidade busca oferecer esclarecimentos adicionais aos fenômenos de saúde-doença-cuidado devido à necessidade de apresentar algo

mais do que a tradicional abordagem comportamentalista das estratégias de redução de risco exclusivamente individuais (Ayres 1997).

O conceito de risco indica probabilidades, enquanto a vulnerabilidade vai um pouco mais adiante, ao se estabelecer como indicador da iniquidade e da desigualdade social (Nichiata *et al.* 2008). A vulnerabilidade procura ainda oferecer elementos necessários para avaliar objetivamente as diferentes chances que todo indivíduo ou grupo populacional particular tem de se contaminar, adoecer ou morrer, com base em um determinado conjunto de certas características individuais e sociais de seu cotidiano, julgadas relevantes para sua maior exposição a um determinado fator de risco ou a sua menor chance de proteção (Ayres 1997, 1999).

Para Ayres e colaboradores (2006a, b) a vulnerabilidade significa a síntese conceitual e prática das dimensões comportamentais, sociais e político-institucionais relacionadas às diferentes suscetibilidades de grupos populacionais a um agravo à saúde.

Nos últimos anos, tem-se observado o aparecimento de estudos sobre o controle e prevenção de doenças transmitidas por vetores por meio da identificação e estratificação de riscos relacionados ao indivíduo, a grupos de indivíduos ou ao ambiente (Silva-Nunes 2008, Da Silva 2011). Entretanto, o número de estudos relacionados ao conceito de vulnerabilidade e ao controle de triatomíneos ainda é restrito.

Este tipo de abordagem, segundo Silveira (2004), já se fazia necessária para uma adequada e necessária priorização das ações de controle de triatomíneos devido a grande extensão da área endêmica da doença de Chagas, os diferentes padrões de transmissão observados pelo território nacional, a existência de várias espécies vetoras sinantrópicas e uma progressiva redução e/ou limitação de recursos para o controle. Neste sentido, foi elaborada uma estratificação da área originalmente endêmica da DC no Brasil com base em um conjunto de variáveis influentes no processo de infestação (Figura 7).

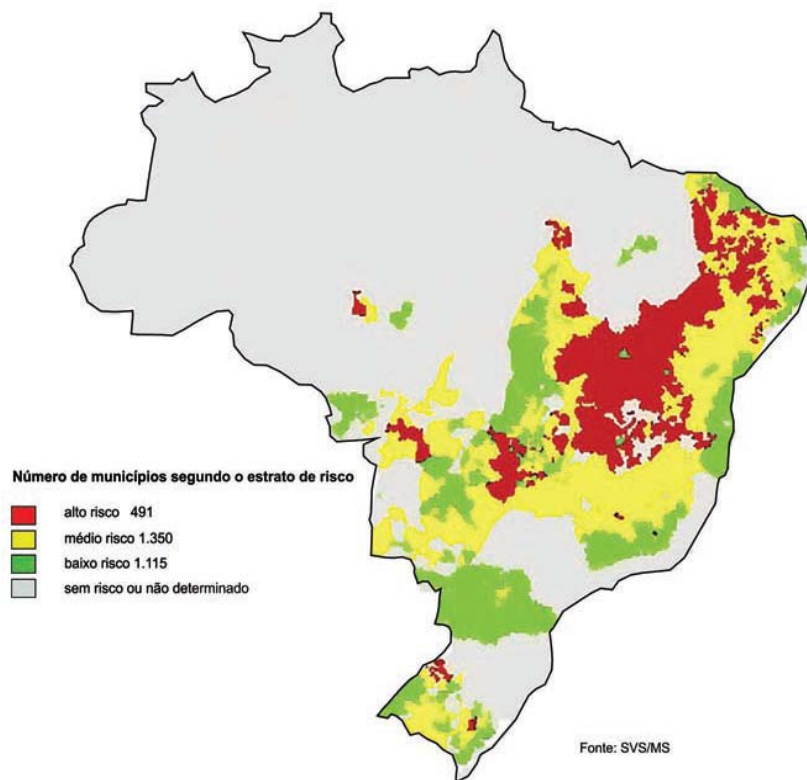


Figura 7: Distribuição dos municípios brasileiros conforme estratificação de risco de transmissão vetorial domiciliar da doença de Chagas segundo Silveira & Dias 2011.

A identificação precoce de áreas com maior vulnerabilidade para a ocorrência de triatomíneos sinantrópicos é fundamental para receber ações eficientes e apropriadas de intervenção, assim como para manter o programa de controle e suas ações epidemiologicamente acertadas e economicamente viáveis. O reconhecimento dessas áreas pode ser auxiliado por estudos ecológicos, onde, a partir de técnicas de modelagem de nicho ecológico, assim como a partir de técnicas de análise multicritério aliadas a estudos de mapeamento geográfico e de fatores entomológicos, epidemiológicos, socioeconômicos, demográficos e ambientais, é possível identificar áreas mais adequadas para a ocorrência dos triatomíneos.

1.6. Modelagem de nicho ecológico (MNE)

O conceito de nicho ecológico foi introduzido por Grinnell (1917) que o definiu como sendo o conjunto de condições ecológicas em que uma espécie consegue manter populações viáveis sem necessidade de fluxo migratório. Em 1927, Charles S. Elton cunha o termo nicho para especificar o espaço de uma espécie ou organismo no ambiente, levando em conta suas relações com alimentos e com outros organismos. Neste conceito, nicho é o *status* da espécie na comunidade ou sua posição dentro de seu ambiente, incluindo suas relações com os fatores abióticos e bióticos que a cercam. Elton foi o primeiro a ponderar que o nicho real de um organismo pode diferir de seu nicho potencial (Peterson *et al.* 2011). Em 1957, Hutchinson finalmente aperfeiçoa o termo a partir da definição de nicho fundamental (Hutchinson 1957).

Hutchinson caracterizou nicho como um espaço multidimensional resultante de vários atributos, tanto físicos quanto biológicos, do ambiente que condicionam a existência de determinada espécie. Dessa forma, os pontos nesse “espaço” equivaleriam, portanto, a um estado de uma característica que permite a presença daquela espécie, ou na qual a espécie teria um crescimento positivo, sendo este espaço chamado por Hutchinson (1957) de nicho fundamental.

Modelos de nichos ecológicos são importantes para analisar informações relativas à distribuição passada, presente e futura de espécies, a partir das perspectivas ecológica, evolucionária e espacial (Crisci 2001, Guralnick & Neufeld 2005).

Os modelos de nicho ecológico utilizam associações entre variáveis ambientais e pontos conhecidos da ocorrência de uma determinada espécie para definir as condições abióticas favoráveis para sua manutenção (Peterson *et al.* 1999, Guisan & Thuiller 2005, Elith *et al.* 2006). O processo de modelagem de nicho ecológico (Figura 8) consiste na conversão de dados de ocorrência de espécies em modelos de distribuição geográfica potencial indicando a provável presença ou ausência da espécie, a partir da aplicação de

um algoritmo que procura achar relações não aleatórias entre dados de ocorrência das espécies com um conjunto de variáveis ambientais pertinentes a espécie, tais como temperatura, topografia, precipitação, tipo de solo entre outros.

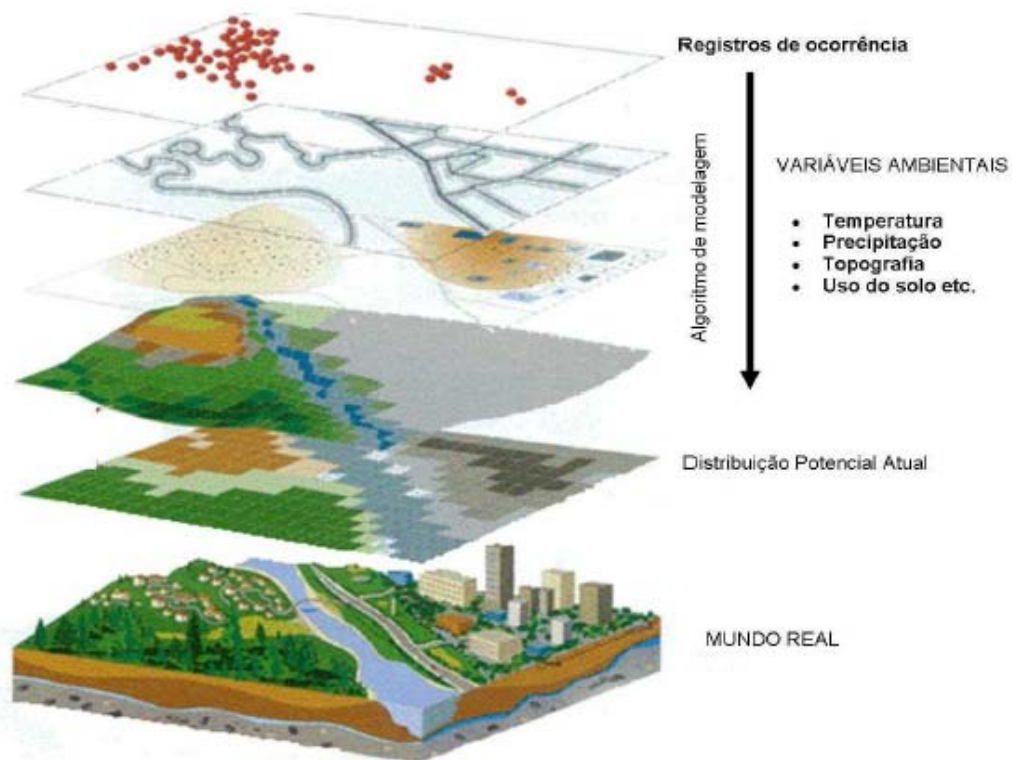


Figura 8: Modelagem de nicho ecológico (adaptado de: <http://www.effinghamcounty.org/DepartamentosGP/GIS/GISHome/tabid/1550/Default.aspx>)

A modelagem de nicho ecológico é uma técnica valiosa para gerar modelos probabilísticos da distribuição geográfica de espécies a partir de uma limitada quantidade de informações sobre elas (Siqueira *et al.* 2009), relacionadas com outras informações sobre as condições que possibilitem a sua sobrevivência, representadas pelo seu nicho ecológico. Modelos de nicho ecológico definem regiões geográficas onde uma espécie tem alta probabilidade de ser encontrada (Soberon & Peterson 2005). No entanto,

espécies ameaçadas ou raras demandam um cuidado maior, pois frequentemente apresentam um limitado número de registros de ocorrência, o que impossibilita a composição de modelos preditivos eficientes (Hernandez *et al.* 2006).

Atualmente, vários estudos demonstram a utilidade de modelos de nicho ecológico na ocorrência da DC, visto que podem auxiliar na predição de áreas de transmissão do agente etiológico, na caracterização de nichos ecológicos de triatomíneos, complementação de informação sobre a distribuição não conhecida desses vetores, alterações na distribuição devido à mudança climática ou uso descontrolado da terra, previsão do potencial de invasão e a relação entre a distribuição de reservatórios e triatomíneos (Costa *et al.* 2002, Gorla 2002, Peterson *et al.* 2002, López-Cárdenas *et al.* 2005, Sandoval-Ruiz *et al.* 2008, Gurgel-Gonçalves & Cuba 2009, Gurgel-Gonçalves & Silva 2009, Arboleda *et al.* 2009, Ibarra-Cerdeña *et al.* 2009, Batista & Gurgel-Gonçalves 2009, Peterson *et al.* 2011, Gurgel-Gonçalves *et al.* 2011, Costa & Peterson 2012, Gurgel-Gonçalves *et al.* 2012a).

Para modelar a ocorrência de doenças, duas abordagens podem ser utilizadas: em uma, todo o sistema de transmissão da doença será integrado, tratando-o como uma “caixa-preta” onde a distribuição ecológica e geográfica da ocorrência dos casos humanos será analisada. Em alguns casos, a distribuição dos casos humanos é a única informação disponível para a construção da modelagem. A segunda abordagem, talvez a mais satisfatória, consiste em modelar o ciclo global de transmissão em nichos ecológicos individuais separadamente, mostrando cada elemento do sistema (os nichos de vetores, de reservatórios e de casos humanos). Essa segunda abordagem possibilita caracterizar diferentes argumentos para esclarecer a presença ou ausência de transmissão da doença em uma determinada área, como, por exemplo, a ausência ou falta do patógeno, do vetor ou de um reservatório adequado, ou devido a raridade de qualquer um deles (Peterson *et al.* 2011).

1.7. Análise multicritério para tomadas de decisão

A técnica de Apoio Multicritério à Decisão ou Análise Multicritério de Decisão (AMD) surgiu na década de 1960 como instrumento de apoio à tomada de decisão. Segundo a conceituação de Gomes *et al.* (2004), AMD consiste em um conjunto de técnicas para apoiar um agente decisor – indivíduo, grupo de pessoas ou comitê de dirigentes ou técnicos – a adotar decisões acerca de um problema complexo, ponderando e indicando alternativas para solucioná-lo segundo diferentes critérios e pontos de vista.

A análise multicritério é uma técnica quali-quantitativa a qual permite que a tomada de decisão seja baseada em uma variedade de critérios e/ou políticas consideradas relevantes para o problema em questão pelos tomadores de decisão, onde o peso dos critérios é geralmente definido por um grupo de especialistas de acordo com a sua importância, em um processo interativo com outros autores técnico-políticos. Esta ferramenta pode ser bastante útil nos processos decisórios em políticas públicas, onde as decisões devem ser pautadas por critérios técnicos objetivos e transparentes.

O processo decisório baseado em métodos multicritério envolve uma série de etapas, na qual a definição clara e objetiva da situação-problema a ser resolvida é um aspecto crucial (Ensslin 2001). Uma vez definido claramente o problema, relacionadas as alternativas para sua resolução, detalhado e identificado o conjunto de tomadores de decisão e especificados os critérios de avaliação das alternativas, conclui-se a etapa qualitativa do método de análise multicritério.

A etapa quantitativa, ou tratamento analítico da informação, é tão importante quanto o levantamento qualitativo das informações disponíveis sobre o problema e as alternativas para sua resolução. Nesta etapa, deve-se agregar valor à qualidade da informação, estabelecendo, dessa forma, uma estreita relação entre a qualidade da informação e a qualidade do apoio à tomada de decisão (Gomes & Moreira 1998). Portanto, os resultados de uma análise multicritério estão diretamente ligados ao conjunto de ações

consideradas, a qualidade dos dados, a escolha e estruturação dos critérios, os valores de avaliação atribuídos aos critérios, o método de agregação utilizado e a participação dos diferentes atores (Soares 2003).

A aplicação da técnica de AMD tem sido facilitada pela disponibilidade de aplicativos comerciais e gratuitos, disponíveis na Internet, com interfaces interativas e simplificadas de uso, como o Programa de Apoio à Tomada de Decisão baseada em Indicadores - PRADIN.

O PRADIN foi desenvolvido com a finalidade de apoiar programas de capacitação de técnicos do setor público, organizações não governamentais, pesquisadores e estudantes no campo dos indicadores sociais e políticas públicas, em especial, no uso de técnicas de AMD. O programa implementa computacionalmente as etapas de operacionalização do método *Promethée II* (*Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation*). O método *Promethée II* tem como objetivo proporcionar aos “decisores” um melhor entendimento da metodologia de apoio à decisão oferecendo uma hierarquização das alternativas, a partir de comparações duas a duas, para cada critério definido, segundo uma dada função de preferência (Jannuzzi *et al.* 2009).

O desenvolvimento dessas ferramentas possibilita estender a aplicação de modelos espaciais de risco para doenças transmitidas por vetores como uma ferramenta mais ampla de apoio a tomada de decisão. A incorporação de novos e existentes modelos espaciais de risco a análise multicritério permite a exploração de novas alternativas sob uma ampla gama de considerações – incluindo a distribuição espacial do risco – proporcionando uma abordagem mais crível e realista à definição de prioridades baseada em evidências. Por exemplo, o arranjo espacial do habitat adequado do vetor, o uso da terra ou a distribuição de populações vulneráveis podem ser elementos importantes de priorização de decisões relacionadas a estratégias de intervenção e a vigilância de doenças.

Os sistemas de informação geográfica (SIG), que já são amplamente aplicados no mapeamento de risco de patógenos transmitidos por vetores,

começam a ser usados em conjunto com análise multicritério com o intuito de compreender os efeitos das restrições espaciais, tais como zoneamento, uso do solo ou de agrupamentos populacionais sobre as questões relacionadas à tomada de decisões e formulação de políticas públicas de saúde (Hongoh *et al.* 2011).

Embora a análise multicritério esteja cada vez mais presente em diferentes áreas de conhecimento das ciências sociais aplicadas às engenharias, o seu uso é ainda limitado e relativamente recente na área de saúde pública (Jannuzzi *et al.* 2009, Hongoh *et al.* 2011).

Sarkar e colaboradores (2010) usaram uma abordagem interessante da análise multicritério para avaliar o risco de DC no Texas, EUA. Neste estudo, os autores aproveitaram a técnica de AMD para estimar o nível do risco para DC de cada município do estado do Texas a partir de uma avaliação conjunta de dois modelos de risco, a distribuição do vetor e a incidência do *T. cruzi*. Com esse trabalho, a técnica espacial de AMD permitiu entender como duas representações de risco potencial de uma doença podem interagir para oferecer uma imagem de risco mais robusta e completa. Utilizando esse instrumento, os autores foram capazes de identificar possíveis áreas de risco para a DC, mesmo na ausência de relatos da existência do parasito.

A AMD é um instrumento capaz de captar a complexidade e multidisciplinariedade inerentes da relação homem-ambiente vistas nas doenças transmitidas por vetores, virando um instrumento valioso para avaliar e priorizar alvos e ações de prevenção e controle pelos tomadores de decisões.

2. JUSTIFICATIVA

As ações de controle da DC instituídas no Brasil desde a década de 1970 produziram um grande impacto na distribuição geográfica e infestação da principal espécie vetora, *T. infestans*, na infestação domiciliar por outras espécies de triatomíneos e na ocorrência de casos agudos atribuídos à transmissão vetorial.

Entretanto, o risco de transmissão vetorial de *Trypanosoma cruzi* ao homem permanece devido à permanência do ciclo enzoótico e à constante presença de triatomíneos sinantrópicos em unidades domiciliares ou em nichos antes ocupados por *T. infestans*. Este processo, conhecido como sucessão ecológica, está bem demonstrado nos estudos de Diotaiuti *et al.* (1995), Costa *et al.* (2003) e Almeida *et al.* (2000). Aliado a este fenômeno, a baixa ação residual dos inseticidas no peridomínio, mudanças nos sistemas de vigilância e controle de triatomíneos, e as alterações no meio ambiente podem estar favorecendo a persistência de espécies sinantrópicas nativas nos últimos anos.

Apesar da grande magnitude, da transcendência e da comprovada vulnerabilidade ao controle, a prioridade conferida a DC foi sempre menor ou apenas precária e instável. O fato da doença apresentar caráter crônico e ser predominantemente rural, afetando populações pobres com baixo poder de reivindicação quanto ao atendimento de suas necessidades, é determinante para sua baixa prioridade política (Silveira 1994).

Nos últimos anos, o programa de controle da DC tem sido negligenciado. A descentralização dos serviços de controle da Fundação Nacional de Saúde (Funasa) para estados e municípios não significou em repasse de capacidade técnica e em prioridade política para desenvolver as ações básicas de controle (Coura 2003).

Desta forma, estudos de adequabilidade ambiental e vulnerabilidade para ocorrência de triatomíneos sinantrópicos e novos casos usando modelos de nicho ecológico (MNE) e análises multicritério de decisão (AMD), baseados

na epidemiologia da DC e no grande volume de informação disponível sobre os triatomíneos, são fundamentais para identificar áreas (municípios) mais vulneráveis para transmissão vetorial e prioritárias para sofrer intervenção, além de estabelecer critérios claros de repasse de recursos para ações específicas de melhoria habitacional para prevenção da DC.

Quando se trata de tomada de decisão no campo da política de saúde, em especial de investimentos em melhoria habitacional para o controle da doença de Chagas no Brasil, observa-se uma ausência de métodos que auxiliem na escolha da decisão. Decisões em questões políticas complexas são frequentemente pouco eficientes, pois não é possível para os tomadores de decisão levar em consideração todos os aspectos relevantes das diferentes opções possíveis e seus impactos sobre a sociedade. Assim, este trabalho espera também poder mostrar como a MNE e a AMD podem contribuir para melhorar a eficiência das decisões relacionadas à aplicação de recursos de melhoria habitacional para o controle e prevenção da DC.

3. OBJETIVO GERAL

Classificar os municípios brasileiros quanto à vulnerabilidade para ocorrência de triatomíneos sinantrópicos a partir de indicadores sociais, demográficos, epidemiológicos, entomológicos e ambientais.

3.1. Objetivos Específicos

- Organizar bancos de dados de ocorrência dos principais triatomíneos sinantrópicos e de casos da DC por transmissão vetorial no Brasil;
- Produzir modelos de adequabilidade ambiental para ocorrência das principais espécies de triatomíneos sinantrópicos no Brasil usando MNE;
- Produzir modelos de adequabilidade ambiental para ocorrência de casos agudos da DC por transmissão vetorial no Brasil usando MNE;
- Sobrepor os modelos de adequabilidade ambiental para ocorrência de triatomíneos e casos da DC;
- Selecionar os indicadores sociais, demográficos, epidemiológicos, entomológicos e ambientais mais relevantes para a estimativa de vulnerabilidade;
- Atribuir pesos aos indicadores, baseado no conhecimento biológico das espécies de triatomíneos no Brasil, na história natural da DC e dados epidemiológicos recentes;
- Classificar os municípios brasileiros quanto à vulnerabilidade para ocorrência de triatomíneos sinantrópicos baseados em simulações da AMD;
- Listar os municípios brasileiros prioritários para o programa de melhoria habitacional para prevenção da domiciliação por triatomíneos;

- Verificar a concordância entre a lista dos municípios gerada pela AMD e a lista de municípios prioritários para ações de vigilância elaborada pelo programa de controle da DC do estado do Ceará.

4. MÉTODOS

4.1. Fluxograma da Metodologia

O trabalho foi dividido em duas etapas metodológicas. Na primeira (Figura 9) foram organizados bancos de dados das principais espécies de triatomíneos sinantrópicas e de casos agudos confirmados da doença de Chagas por transmissão vetorial no Brasil entre 2007 e 2011 para produzir modelos de adequabilidade climática para ocorrência do vetor e da doença no país baseado em modelagem de nicho ecológico (MNE) usando o algoritmo Maxent. Ao final, esses modelos (vetores e casos) foram sobrepostos e comparados.

Na segunda etapa (Figura 10) foram selecionados e atribuídos pesos aos indicadores sociais, demográficos, epidemiológicos, entomológicos e ambiental mais relevantes para estimar a vulnerabilidade dos municípios brasileiros para ocorrência de triatomíneos sinantrópicos baseada em simulações da análise multicritério de decisão (AMD) usando o *software* livre PRADIN.

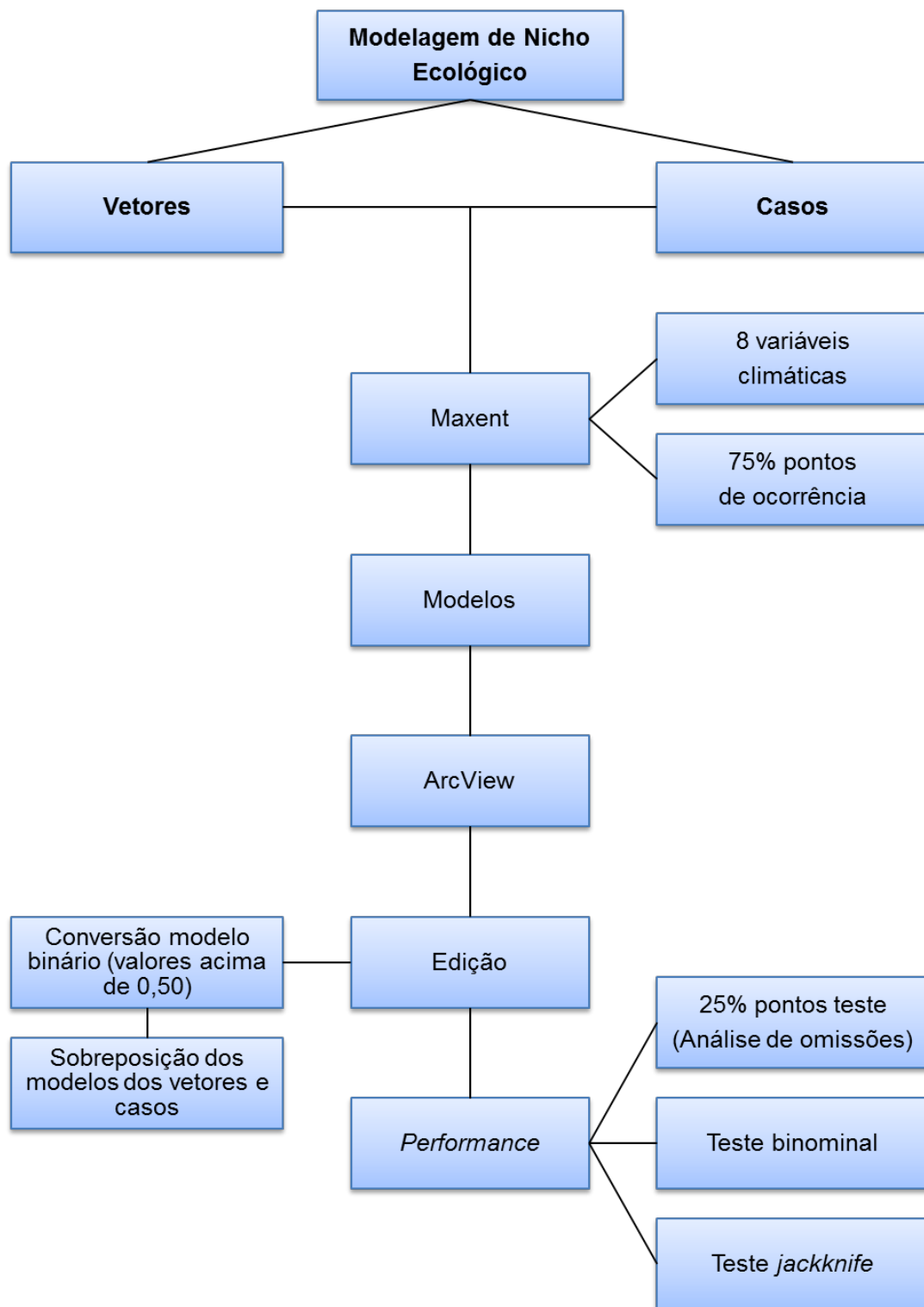


Figura 9: Fluxograma da metodologia da modelagem de nicho ecológico (MNE) dos vetores sinantrópicos de *T. cruzi* e casos da DCA usando o algoritmo Maxent.

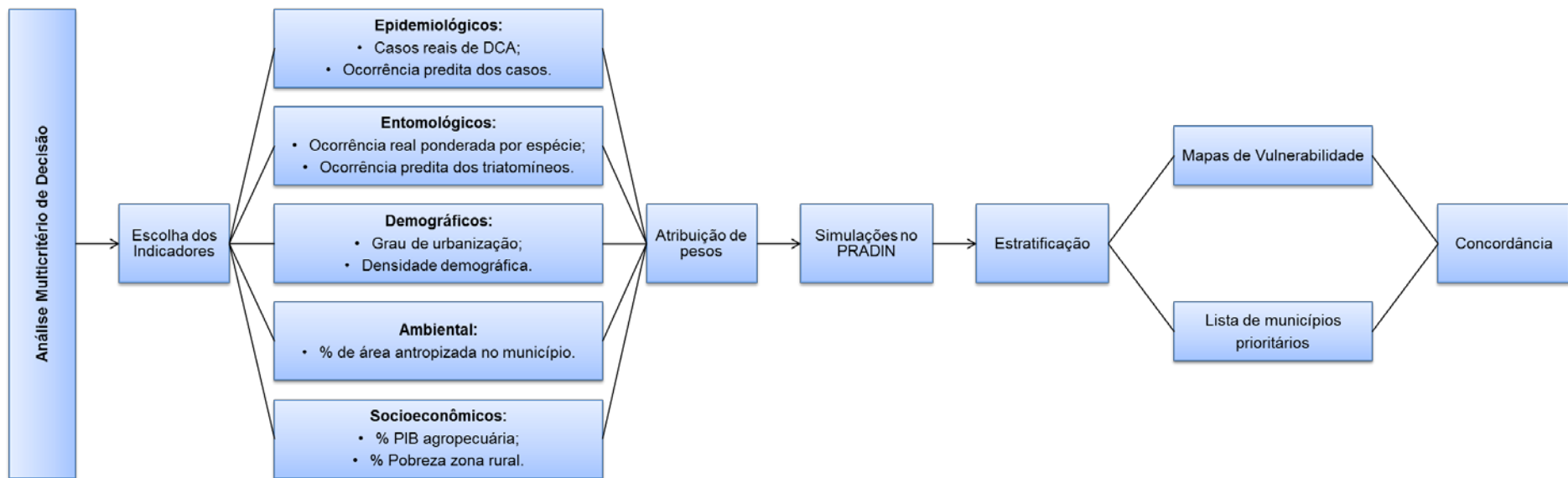


Figura 10: Fluxograma da metodologia da análise multicritério de decisão (ADM) usando o *software* PRADIN.

4.2. Dados de distribuição dos casos humanos

A população do estudo foi composta pela totalidade dos casos agudos da DC por transmissão vetorial notificados no Brasil no período de 2007 a 2011 e registrados no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN). As informações foram obtidas a partir da Ficha de Investigação Epidemiológica (FIE) de doença de Chagas (Anexo 1). Também foram considerados casos de DC registrados no inquérito sorológico nacional mais recente (Ostermayer *et al.* 2011).

Os dados do SINAN são concebidos pelas Secretarias Municipais de Saúde (SMS), seguindo para as Secretarias Estaduais de Saúde (SES) e, depois, enviadas para o nível nacional, por meio eletrônico.

As informações foram examinadas quanto às possíveis duplicidades e inconsistências. Tabulações foram efetuadas utilizando os *softwares* Tabwin 3.2 e Microsoft Office Excel 2007 para seleção dos casos confirmados por transmissão vetorial e para limpeza do banco de dados e remoção das inconsistências. Os casos com a informação de provável transmissão vetorial foram selecionados. Adicionalmente, foi calculada a taxa de incidência de casos agudos por transmissão vetorial no período de 2007 a 2011, padronizada por 100.000 habitantes, baseada nas estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

Mantiveram-se as fichas que tinham o preenchimento do campo, local provável de infecção (LPI), local onde é atribuída a infecção humana pelo patógeno, comprovadamente investigado pelas equipes de vigilância epidemiológicas locais.

Todos os registros de LPI foram georreferenciados com precisão de 0,01°, com base na consulta ao IBGE <http://www.ibge.gov.br>, sendo os dados organizados em planilhas do programa Microsoft Excel para posterior análise.

4.3. Dados de distribuição dos triatomíneos

Informações relacionadas à ocorrência das espécies de triatomíneos foram fornecidas pelo Grupo Técnico da Doença de Chagas da Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde do Brasil, e correspondem às capturas realizadas em ambiente domiciliar entre 2007 e 2011. O Grupo Técnico da Doença de Chagas é responsável pelo planejamento e acompanhamento das diretrizes e ações de vigilância entomológica desenvolvidas no território nacional. A vigilância dos triatomíneos compreende a forma ativa (pesquisa dos agentes de saúde em unidades domiciliares pelo menos uma vez ao ano) e forma passiva, estruturada na participação comunitária (notificação pelo morador nos Postos de Informações de Triatomíneos - PITs) e baseada na classificação de risco de Silveira (2004), que estabelece 4 categorias: áreas com transmissão conhecida, áreas com transmissão controlada com risco de estabelecimento da transmissão, áreas com possível transmissão e áreas sem transmissão. Atualmente, a maioria dos municípios brasileiros que desenvolvem ações de controle e/ou vigilância da DC prioriza a vigilância apoiada na participação comunitária (Coura & Dias 2009, Abad-Franch *et al.* 2011).

Dados de ocorrência de espécies de triatomíneos em ambiente domiciliar entre 1975 e 1983 (Silveira *et al.* 1984), assim como dados da literatura (Carcavallo *et al.* 1999, Oliveira & Silva 2007, Maeda *et al.* 2012, Almeida *et al.* 2008, Gurgel-Gonçalves *et al.* 2012a) também foram considerados neste estudo. Além disso, foram analisados os registros de triatomíneos nas coleções de Rodolfo Carcavallo e Herman Lent no Laboratório Nacional e Internacional de Referência em Taxonomia de Triatomíneos, Instituto Oswaldo Cruz, Fiocruz.

Os dados de ocorrência foram analisados criteriosamente segundo Gurgel-Gonçalves *et al.* (2012), sendo excluídos da base de dados os registros de espécies biogeograficamente improváveis em alguns estados.

4.4. Dados socioeconômicos, demográficos e ambiental

Para a escolha dos indicadores, levou-se em consideração variáveis capazes de influenciar a ocorrência dos triatomíneos e da DC (Sandoval-Ruiz *et al.* 2008, Sarkar *et al.* 2010, Ostermayer *et al.* 2011, Mischler *et al.* 2012). Os indicadores socioeconômicos, demográficos e ambiental empregados foram obtidos das bases do censo demográfico 2010, realizado pelo IBGE (<http://www.ibge.gov.br>), do Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, organizado pelo Programa das Nações Unidas para o desenvolvimento (PNUD), <http://pnud.org.br>, e do Atlas Brasileiro de Vulnerabilidades Socioambientais, organizado pelo Centro Brasileiro de Análise e Planejamento - CEBRAP e pelo Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador da Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde, <http://189.28.128.179/atlasvulnerabilidade/index.php>.

Para as análises, foram utilizados os seguintes indicadores: produto interno bruto (PIB) municipal per/capta (2006), participação percentual do valor adicionado da agropecuária no valor adicionado total do PIB (2006), percentual de imóveis na zona rural vivendo em situação de extrema pobreza (2010), densidade demográfica (2008), grau de urbanização (2008) e percentual da área total antropizada por município. Para esta última variável, as informações sobre desmatamento (ano base 2009) dos biomas Caatinga, Pampa, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal foram produzidas pelo Ministério do Meio Ambiente e distribuídas pelo Centro de Sensoriamento Remoto do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), por intermédio do Projeto de Monitoramento dos Desmatamentos dos Biomas Brasileiros por Satélite - PMDBBS (<http://siscom.ibama.gov.br/monitorabiomas/>). Para consolidação desta variável, as análises foram executadas por meio do *software* ESRI ArcGIS a partir da detecção visual e digitalização manual das feições de desmatamento encontradas nas áreas dos polígonos de remanescentes. Os desmatamentos foram classificados como áreas antropizadas, sem tipologias e expressos em percentual de área desmatada do município.

Para o bioma Amazônia as informações sobre desmatamento (ano base 2012) foram obtidas a partir do Projeto de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>). Em todos os casos, os dados foram obtidos a partir de processamento e classificação de imagem do Landsat e Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (<http://www.obt.inpe.br/prodes/metodologia.pdf>). Neste bioma, as análises foram realizadas utilizando-se o *software Spring* por meio de procedimentos de segmentação e classificação de regiões.

Para a composição dos modelos de distribuição potencial na MNE de triatomíneos e dos casos agudos da DC foram consideradas oito variáveis ambientais obtidas do projeto WorldClim (<http://www.worldclim.org>): temperatura média anual, faixa diurna da temperatura, sazonalidade da temperatura, temperatura máxima nos meses mais quentes, temperatura mínima nos meses mais frios, precipitação anual, precipitação no mês mais úmido e precipitação no mês mais seco. Essas variáveis são resultado da interpolação da média de dados climáticos mensais das estações climáticas no período entre 30 (1960-1990) e 50 anos (1950-2000), de acordo com sua disponibilidade nas estações meteorológicas (Hijmans *et al.* 2005). As variáveis ambientais usadas nas análises apresentavam uma resolução espacial de 5 x 5 Km por pixel.

Segundo Barve *et al.* (2011), as bases de dados ambientais utilizadas nas análises de nicho ecológico devem apresentar uma cobertura da área de distribuição da espécie expressa pela área de acesso (M). A área de acesso "M" de uma espécie é expressa pela extensão da sua distribuição que é regulada por condições bióticas (B) e abióticas (A), responsáveis pela sua manutenção ao longo dos tempos. Uma vez que as espécies de triatomíneos neste estudo estão amplamente distribuídas pelo território brasileiro, adotou-se uma definição de M relativamente ampla. Contudo, modificações na estrutura do BAM (área de ocorrência predita da espécie considerando condições bióticas, abióticas e área de acesso) para definir a calibração das áreas são

apoiadas basicamente nos dados de ocorrência da área que realmente foi amostrada para o estudo, chamada de área S. Como M e S determinam a área que pode, eventualmente, produzir um registro de presença, embora por razões muito diferentes, e porque os dados de ocorrência usados pertencem exclusivamente ao Brasil, a área de calibração foi definida como $M \cap S$, que, neste caso, corresponde a toda extensão do território brasileiro.

4.5. Modelagem de Nicho Ecológico (MNE)

Os modelos de distribuição potencial foram produzidos usando a versão 3.2.1 do *software* Maxent (Phillips *et al.* 2006) aplicando os parâmetros básicos sugeridos pelo programa, com dez replicações pelo método de *Bootstrap* e usando a aleatorização dos pontos de treino (*random seed*).

Os modelos de nicho ecológico podem ser considerados como o ajuste a uma função entre os pontos da ocorrência de uma espécie e um conjunto multivariado de dados ambientais (Phillips *et al.*, 2006). Como de certa forma só estão disponíveis dados de presença, essas funções devem representar as características ambientais nos pontos de ocorrência ou o “nicho” da espécie. O algoritmo Maxent (*Maximum Entropy*) considera a distribuição de probabilidades mais próxima à distribuição uniforme sob a restrição de que os valores esperados para cada variável ambiental estejam de acordo com os valores empíricos observados nos pontos de ocorrência.

A seleção do método respeitou as características particulares do estudo, isto é, considerou-se a área de interesse e a extensão da área amostrada, sem necessidade de transferência de modelos sobre uma paisagem mais ampla (Elith *et al.* 2006, Peterson *et al.* 2007).

Para as análises de nicho ecológico foi considerada a distribuição das espécies de triatomíneos frequentemente capturadas na região extra-amazônica (*Panstrongylus megistus*, *Triatoma sordida*, *T. pseudomaculata* e *T. brasiliensis*) e as principais espécies amazônicas (*Rhodnius pictipes* e *R. robustus*). Para os casos agudos da DC, as análises foram desenvolvidas com

base na totalidade dos casos confirmados por transmissão vetorial notificados ao Ministério da Saúde (MS) do Brasil no período de 2007 a 2011 e casos resultantes do inquérito de soroprevalência da DC no período de 2001 a 2008 (Ostermayer *et al.* 2011).

Os pontos de ocorrência dos triatomíneos e casos agudos da DC foram separados em dois conjuntos, sendo um para treino (75% dos pontos para rodar o modelo) e outro para teste (25% dos pontos para avaliar o modelo). Posteriormente, os modelos foram convertidos em modelos binários (indicando locais de presença ou ausência predita da espécie ou de casos agudos da DC), utilizando como limite de corte o valor preditivo que incluía 95% de todos os registros utilizados na produção do modelo (Pearson *et al.* 2007). Este limite de corte considera a quantidade de erros relativos à precisão dos registros de ocorrência (Peterson *et al.* 2008a). Os modelos de distribuição geográfica potencial gerados no Maxent foram importados e editados usando o programa ArcView 3.3.

Para analisar a *performance* dos modelos, verificou-se a quantidade de pontos de teste presentes nas áreas preditas pelos modelos. Também foi utilizado um teste binomial para verificar a hipótese de que o modelo produzido pela MNE é diferente de um modelo aleatório. Este teste compara a proporção da área predita como adequada pelo modelo (n pixels presentes / n pixels totais da área) versus a proporção dos pontos de teste dentro da área predita (n de pontos de teste na área de distribuição / n total de pontos de teste) (Anderson *et al.* 2002). Para identificação das variáveis que mais influenciaram a distribuição dos triatomíneos foi utilizado o teste *Jackknife* implementado no Maxent (Phillips *et al.* 2006).

Ao sobrepor os modelos binários da distribuição dos casos agudos da DC e triatomíneos sinantrópicos, foi produzido um mapa final considerando os valores acima de 0.50 (maiores valores de adequabilidade climática).

4.6. Análise multicritério de decisão (AMD)

Para a análise de multicritério de decisão foram usados nove indicadores (Tabela 1). Os indicadores socioeconômicos, demográficos e ambiental foram descritos nas seções anteriores. Além da taxa de incidência de casos agudos por transmissão vetorial, foi utilizado, como indicador epidemiológico, a ocorrência predita de casos agudos da DC no Brasil gerada pela MNE no presente estudo.

Dois indicadores entomológicos foram utilizados: i) média do número de espécies preditas por município e ii) ocorrência real das espécies no município, ponderada de acordo com a sua importância epidemiológica. O primeiro indicador foi elaborado a partir de dados de ocorrência predita das espécies de triatomíneos no Brasil gerados por Gurgel-Gonçalves *et al.* (2012a) por meio da MNE. Em resumo, esses autores produziram modelos binários (presença ou ausência predita) para as 16 espécies de triatomíneos mais frequentes no Brasil e sobrepuseram esses modelos, criando uma superfície de diversidade de espécies de triatomíneos. No presente trabalho essa informação foi sobreposta com o mapa político do Brasil (base municipal) usando o *software* Arcview 3.3. Após esse procedimento cada município apresentou uma superfície de diversidade e a partir da extensão *Spatial Analyst* do Arcview foi calculado o número médio de espécies preditas no município considerando a resolução espacial de 5 x 5 km por pixel. A elaboração do segundo indicador, ocorrência ponderada do vetor, foi baseada na frequência de ocorrência da espécie de triatomíneo em ambiente domiciliar, capacidade de colonização e níveis de infecção natural por *T. cruzi*, de acordo com dados da literatura (Costa *et al.* 2003, Silveira 2011, Silveira & Dias 2011, Gurgel-Gonçalves *et al.* 2012). Dessa forma, foi atribuído peso 4 para *T. infestans*, 3 para *P. megistus* e *T. brasiliensis*, 2 para *T. sordida*, *T. pseudomaculata* e *T. rubrovaria* e 1 para *R. pictipes* e *R. robustus*. Finalizada essa classificação, a somatória dos pesos das espécies com ocorrência no município foi realizada. Assim, um município com registro de todas essas espécies teria um valor ponderado igual a 10, enquanto outro sem ocorrência dessas espécies teria um valor nulo. Se um

município apresentasse exclusivamente *T. sordida*, por exemplo, este município receberia um valor igual a 2.

Após selecionar os nove indicadores, utilizou-se o aplicativo de acesso gratuito PRADIN - versão 3.0 <http://www.anipes.org.br>. Este aplicativo implementa o algoritmo *Promethée II* a partir de rotinas escritas em Visual Basic 6.0 na forma apresentada em Gomes *et al.* (2004). A AMD tem sido aplicada de forma crescente no Brasil para identificação espacial de áreas vulneráveis, monitoramento de programas de saúde e tomada de decisões baseada em indicadores (Morais & Almeida 2006, Januzzi 2010, Oliveira 2013).

Nove simulações foram realizadas pelo *software* PRADIN. Na primeira simulação foi dado peso igual para todos os indicadores. Na segunda, foi dado maior peso para os indicadores epidemiológicos, enquanto que na terceira o maior peso foi dado para os indicadores entomológicos. Na quarta foi dado maior peso para o indicador ambiental e na quinta para os indicadores socioeconômicos. Na sexta simulação não foi considerado o indicador epidemiológico e na sétima simulação foram excluídos os indicadores demográficos, ambiental e os de predição baseados na MNE. A oitava simulação considerou apenas os indicadores demográficos, socioeconômicos e ambiental, e, na nona, foi atribuído um peso maior a ocorrência real dos triatomíneos, ponderada por espécie. Os pesos conferidos aos indicadores utilizados no ranqueamento seguem na Tabela 1. Depois do ranqueamento, os municípios foram classificados em quintis. Foi utilizado o código do IBGE <http://www.ibge.gov.br> e a coordenada geográfica dos municípios para produção dos mapas de vulnerabilidade para ocorrência da doença de Chagas usando o *software* de acesso livre TerraView (<http://www.dpi.inpe.br/terraview/index.php>).

Estas mesmas simulações foram realizadas considerando apenas os municípios do estado do Ceará, para analisar o resultado da AMD restrita a um determinado conjunto de municípios.

A concordância das simulações foi realizada para o Estado do Ceará, considerado um dos estados com os dados entomológicos mais completos do Brasil, comparando-se a lista dos municípios de maior vulnerabilidade para ocorrência de triatomíneos sinantrópicos gerada pelas simulações e a lista fornecida pelo programa de controle da DC do Ceará baseada em uma estratificação de vulnerabilidade estadual que considerou indicadores similares aos usados na AMD. A concordância entre as listas foi analisada usando tabelas de contingência e a estatística Kappa (Landis & Koch 1977), a qual mede o grau de concordância entre a classificação observada e esperada, que varia de 0 a 1.

Tabela 1: Indicadores epidemiológicos, socioeconômicos, demográficos e ambiental e seus respectivos pesos, atribuídos na análise multicritério, para classificação dos municípios brasileiros quanto à vulnerabilidade para ocorrência de triatomíneos sinantrópicos.

Indicadores	Pesos								
	1 ^a simulação	2 ^a simulação	3 ^a simulação	4 ^a simulação	5 ^a simulação	6 ^a simulação	7 ^a simulação	8 ^a simulação	9 ^a simulação
Epidemiológico									
Incidência dos casos*	1,11	2	0,86	0,75	0,86	0	4	0	1
Ocorrência predita dos casos	1,11	2	0,86	0,75	0,86	0	0	0	0
Entomológicos**									
Ocorrência real ponderada das espécies	1,11	0,86	2	0,75	0,86	1,43	4	0	4
Ocorrência predita das espécies	1,11	0,86	2	0,75	0,86	1,43	0	0	0
Socioeconômico									
% do PIB adicionado à agropecuária	1,11	0,86	0,86	0,75	2	1,43	1	2	1
% Pobreza na zona rural	1,11	0,86	0,86	0,75	2	1,43	1	2	1
Demográfico									
Densidade demográfica	1,11	0,86	0,86	0,75	0,86	1,43	0	2	1
Grau de urbanização	1,11	0,86	0,86	0,75	0,86	1,43	0	2	1
Ambiental									
Área antropizada no município	1,11	0,86	0,86	4	0,86	1,43	0	2	1
Total	10	10	10	10	10	10	10	10	10

* Casos agudos da DC por transmissão vetorial;

** Indicadores desenvolvidos no presente estudo (Ver detalhes no texto).

5. RESULTADOS

5.1. Distribuição de casos agudos da DC e triatomíneos sinantrópicos

Foi observado um maior número de casos agudos da DC atribuídos à transmissão vetorial nas regiões Norte (19) e Nordeste do país (14); na região Centro-Oeste, foram registrados cinco casos no estado de Goiás e quatro casos nas regiões Sul e Sudeste (Figura 11). A relação dos municípios com ocorrência dos casos agudos da DC encontra-se no Anexo II.

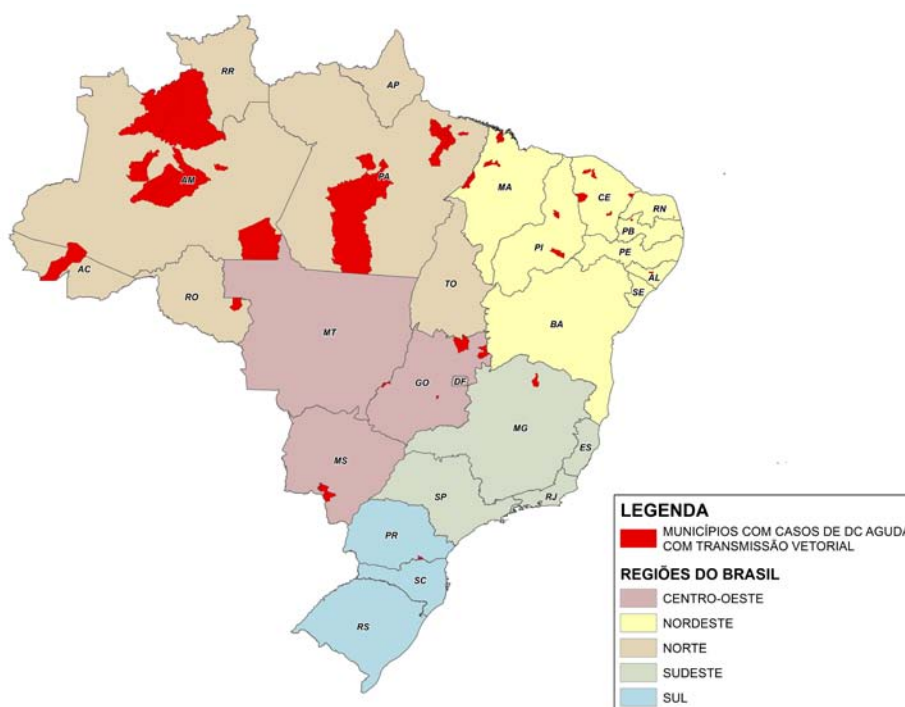


Figura 11: Distribuição dos municípios com registros de casos agudos da DC no Brasil devido a transmissão vetorial notificados pelo Ministério da Saúde entre 2007 e 2011 e pelo inquérito nacional entre 2001-2008 (Ostermayer *et al.* 2011). Os nomes dos municípios e dos estados estão detalhados nos dados suplementares (Anexo II).

Foram obtidos 1.595 registros das seis espécies de triatomíneos selecionadas (*Panstrongylus megistus*, *Triatoma sordida*, *T. pseudomaculata*,

T. brasiliensis, *Rhodnius pictipes* e *R. robustus*). Maior frequência de registros de triatomíneos sinantrópicos foi observada na região extra-amazônica, principalmente nos estados da Bahia e Minas Gerais (Figura 12).

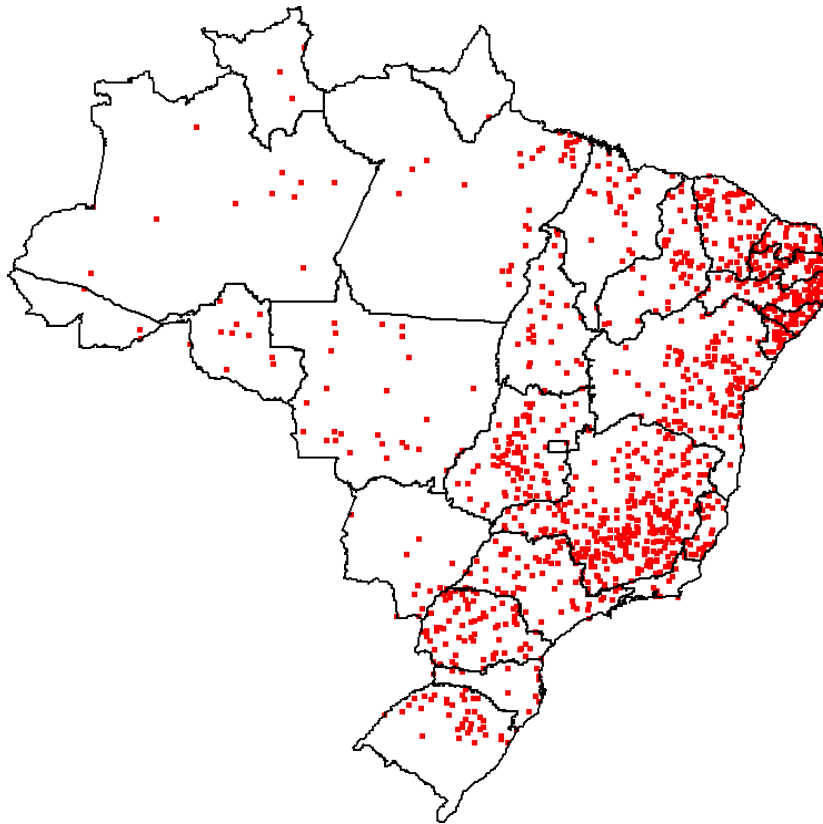


Figura 12: Registros da ocorrência das seis espécies de triatomíneos sinantrópicos usados para a modelagem de nicho ecológico (*Panstrongylus megistus*, *Triatoma sordida*, *T. pseudomaculata*, *T. brasiliensis*, *Rhodnius pictipes* e *R. robustus*) Os registros de ocorrência usados para testar os modelos (25% dos pontos) foram omitidos.

5.2. Modelos de nicho ecológico

A MNE dos casos agudos da DC estimou uma maior adequabilidade climática para transmissão na região Norte (principalmente nos estados do Pará e Amazonas) e Nordeste do país (principalmente Ceará). Áreas do estado do Goiás, sul da Bahia, norte de Minas Gerais e estados da costa atlântica também apresentaram condições climáticas adequadas para ocorrência dos

casos agudos da DC (Figura 13). As variáveis que mais influenciaram o modelo foram a faixa diurna da temperatura e temperatura mínima no mês mais frio. O modelo apresentou 10% de erro de omissão e o resultado do teste binomial não foi estatisticamente significativo ($p=0,09$).

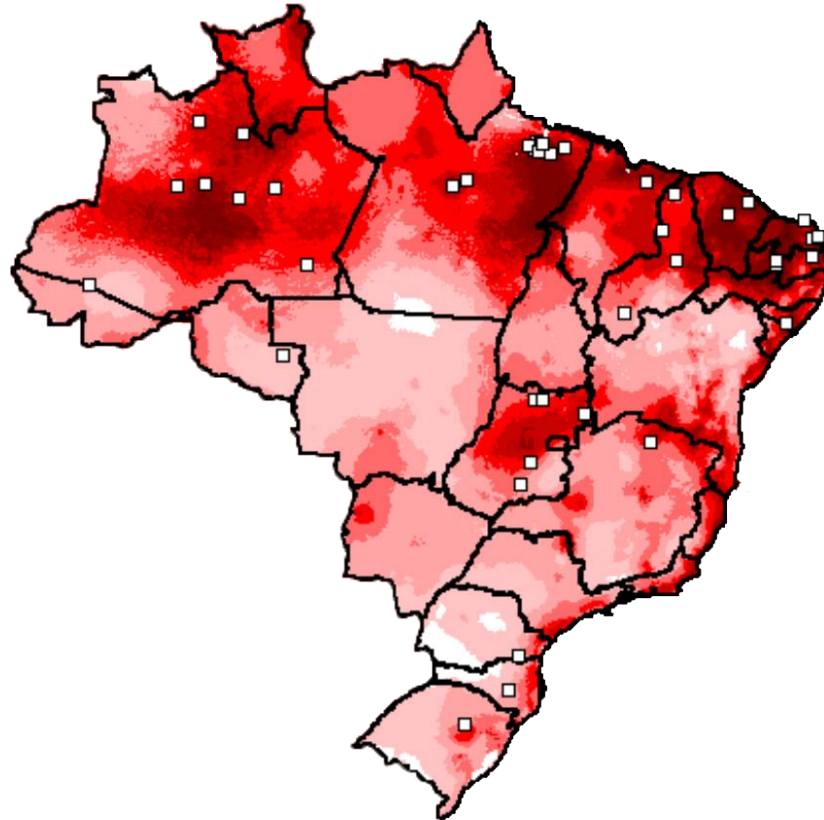


Figura 13: Modelo de nicho ecológico apresentando a estimativa de distribuição potencial de casos agudos de DC por transmissão vetorial no Brasil baseada em dados climáticos. As áreas em branco representam ausência de casos humanos de DC prevista pelo modelo. Áreas identificadas como adequadas com base em variáveis climáticas são representadas em escala de vermelho claro (baixa adequabilidade) ao vermelho escuro (alta adequabilidade). Os quadrados representam ocorrências conhecidas de casos agudos de DC por transmissão vetorial.

Áreas climaticamente mais adequadas para os triatomíneos foram detectadas na região extra-amazônica (Figura 14). As variáveis que mais influenciaram o modelo foram sazonalidade da temperatura e precipitação

anual. O modelo apresentou 0,2% de erro de omissão e o resultado do teste binomial foi estatisticamente significativo ($p < 0,01$) indicando boa *performance* deste modelo preditivo.

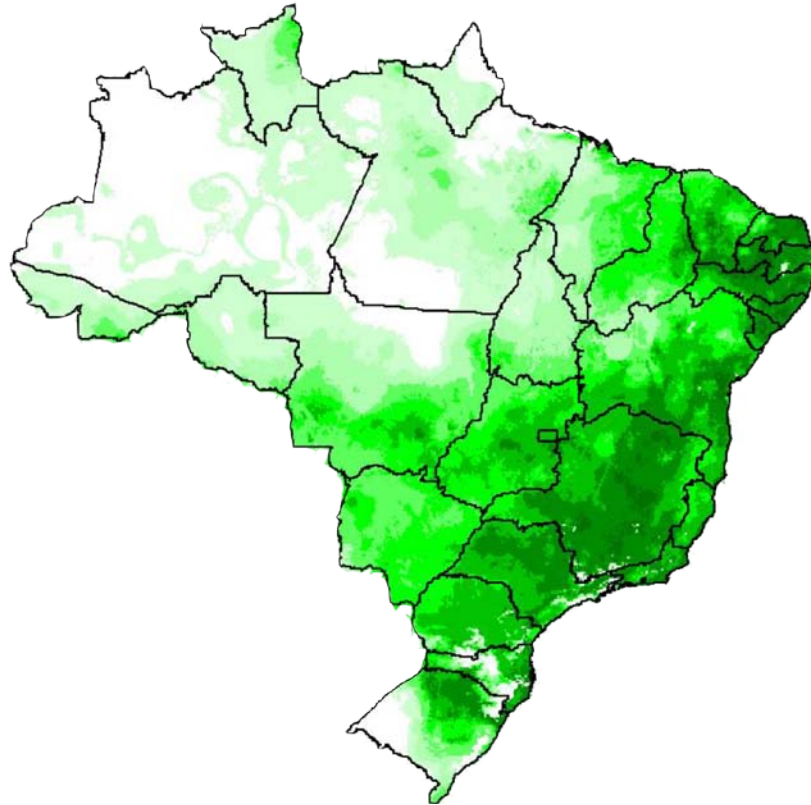


Figura 14: Modelo de nicho ecológico apresentando a estimativa de distribuição potencial de triatomíneos sinantrópicos no Brasil baseada em dados climáticos. Áreas identificadas como adequadas para a ocorrência de triatomíneos sinantrópicos com base em variáveis climáticas são representadas em escala de verde claro (baixa adequabilidade) ao verde escuro (alta adequabilidade). Os pontos usados na modelagem foram removidos para permitir uma melhor visualização do modelo, porém esses pontos podem ser observados na Figura 12.

Ao sobrepor os modelos dos casos agudos da DC e triatomíneos sinantrópicos considerando as maiores probabilidades de ocorrência ($>0,50$) observou-se que as áreas climaticamente mais favoráveis para ocorrência de triatomíneos sinantrópicos (região extra-amazônica) não são altamente

coincidentes com as mais adequadas para ocorrência de casos agudos de DC (região amazônica) (Figura 15).

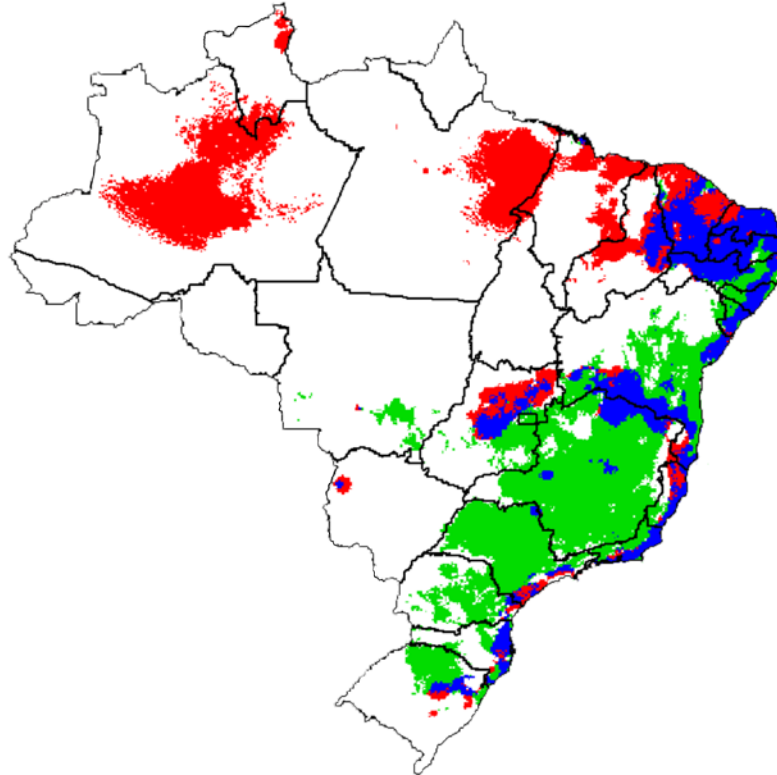


Figura 15: Sobreposição dos modelos de nicho ecológico de casos da DC e triatomíneos sinantrópicos no Brasil. A área em verde indica a distribuição potencial dos casos e a em vermelho a dos triatomíneos considerando áreas de maior adequabilidade climática (valores maiores que 0,50). As áreas em azul indicam a área de sobreposição dos modelos. As áreas em branco indicam ausência predita ou menores valores de adequabilidade climática (valores menores que 0,50).

5.3. Modelos ADM

Os modelos produzidos por meio da AMD foram bastante distintos entre si. Diferente dos modelos baseados em dados entomológicos e socioeconômicos, aqueles em que foi conferido maior peso aos indicadores

demográficos e ambiental não mostraram um padrão de vulnerabilidade adequado quando comparado com municípios historicamente vulneráveis.

Na primeira simulação, onde todas as variáveis receberam pesos iguais, verificou-se que as regiões com maior concentração de municípios classificados com maior vulnerabilidade para ocorrência de triatomíneos sinantrópicos foram a Centro Oeste, a Nordeste e Sudeste (Figura 16).

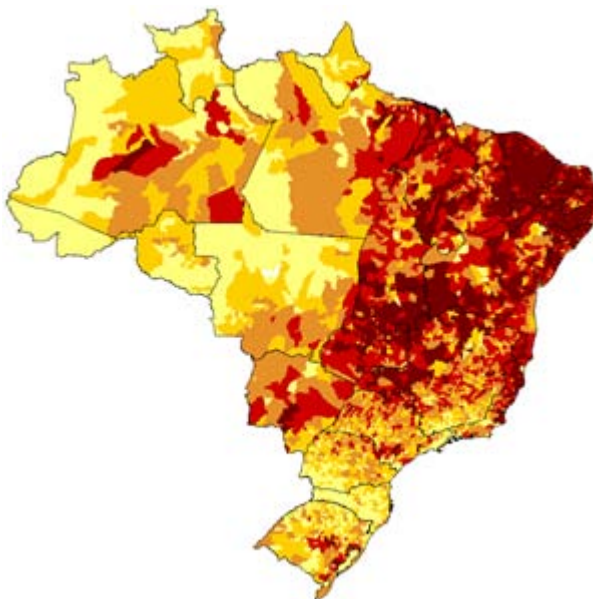


Figura 16: Primeira simulação para a classificação de vulnerabilidade para ocorrência de triatomíneos sinantrópicos. O mapa apresenta uma escala cromática representando áreas de maior vulnerabilidade em tons vermelhos escuros e menor vulnerabilidade em tons amarelos claros. O peso das variáveis usado na simulação está descrito na Tabela 1.

Na segunda simulação, foi conferido um peso maior aos indicadores epidemiológicos (Figura 17A). Destacam-se cinco áreas de maior vulnerabilidade, uma grande área que abrange os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Sergipe, Alagoas, Piauí, Maranhão e parte do Pará; uma segunda grande área que encobre parte da região Centro Oeste e parte do estado de Minas Gerais; e três outras pequenas áreas vistas no estado do Amazonas, do Rio Grande do Sul e no leste do país em uma pequena área entre os estados de Minas Gerais, Bahia e Espírito Santo. Ao

retirar o peso das variáveis epidemiológicas na 6ª simulação (Figura 17B), verifica-se que a maioria dos municípios da região amazônica deixou de fazer parte do grupo de alta vulnerabilidade.

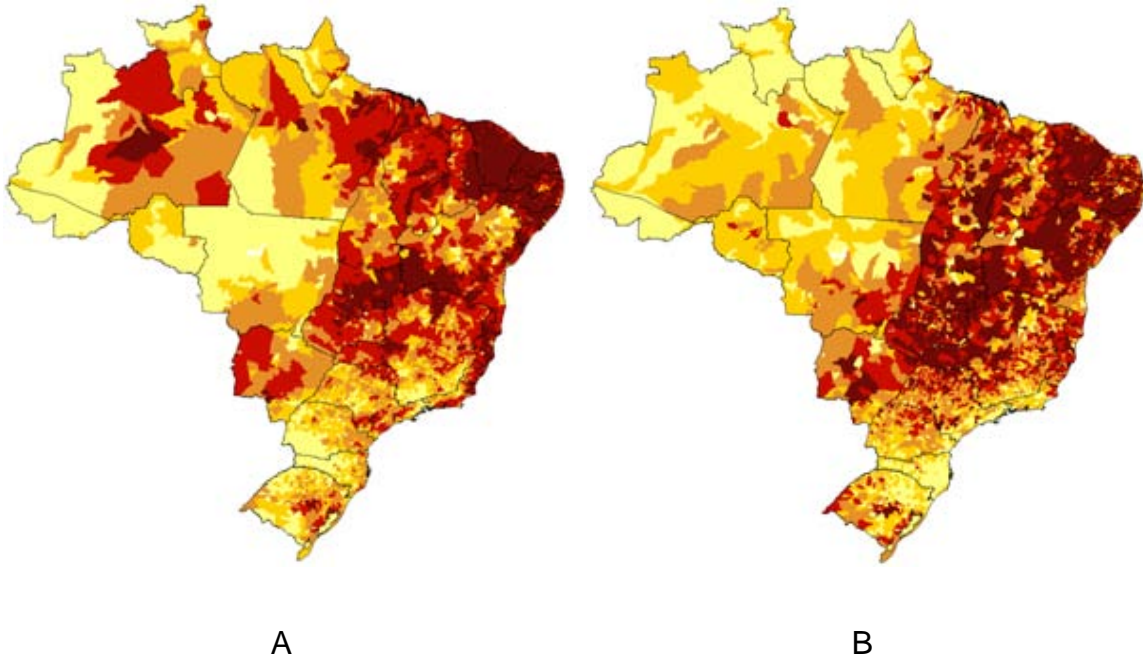


Figura 17: Segunda (A) e sexta (B) simulações para a classificação de vulnerabilidade para ocorrência de triatomíneos sinantrópicos. O mapa apresenta uma escala cromática representando áreas de maior vulnerabilidade em tons vermelhos escuros e menor vulnerabilidade em tons amarelos claros. O peso das variáveis usado nas simulações está descrito na Tabela 1.

Nas simulações onde o maior peso foi atribuído aos indicadores entomológicos (3ª, 7ª e 9ª simulações), verificou-se uma grande área de alta vulnerabilidade que se propaga do sul do estado do Mato Grosso do Sul até a região Nordeste do país (Figura 18). Entretanto, a sétima e nona simulações (Figuras 18B e 18C) foram mais similares entre si, classificando vários municípios da região Norte como altamente vulneráveis para ocorrência de triatomíneos sinantrópicos.

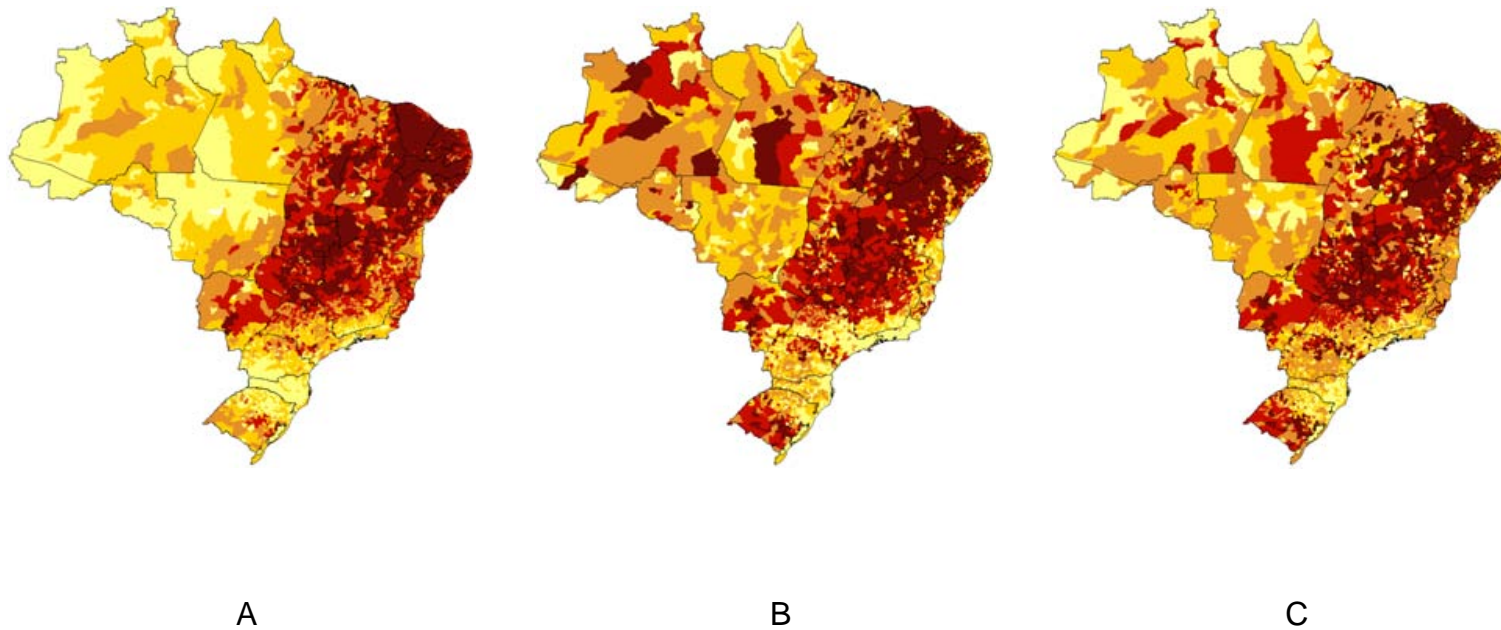


Figura 18: Terceira (A), sétima (B) e nona (C) simulações para a classificação de vulnerabilidade para ocorrência de triatomíneos sinantrópicos. O mapa apresenta uma escala cromática representando áreas de maior vulnerabilidade em tons vermelhos escuros e menor vulnerabilidade em tons amarelos claros. O peso das variáveis usado nas simulações está descrito na Tabela 1.

Nas simulações em que foi conferido maior peso ao indicador ambiental (Figura 19A) ou considerando pesos maiores para o ambiental, demográficos e socioeconômicos (Figura 19B), não foi observado um padrão de vulnerabilidade provável, pois vários municípios historicamente considerados de baixo risco de transmissão (Silveira & Dias 2011) mostraram uma alta vulnerabilidade para ocorrência de triatomíneos sinantrópicos.

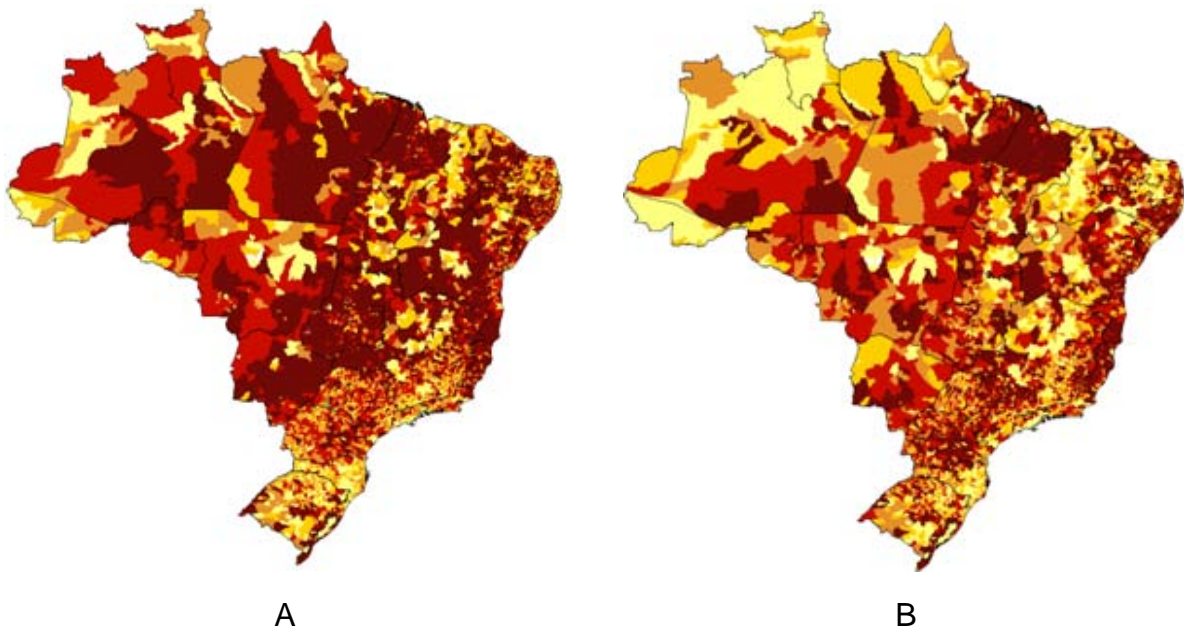


Figura 19: Quarta (A) e oitava (B) simulações para a classificação de vulnerabilidade para ocorrência de triatomíneos sinantrópicos. O mapa apresenta uma escala cromática representando áreas de maior vulnerabilidade em tons vermelhos escuros e menor vulnerabilidade em tons amarelos claros. O peso das variáveis usado nas simulações está descrito na Tabela 1.

Na quinta simulação (Figura 20), na qual o indicador socioeconômico recebeu o maior peso, destacam-se, com maior vulnerabilidade, os municípios da região Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte do país.



Figura 20: Quinta simulação para a classificação de vulnerabilidade para ocorrência de triatomíneos sinantrópicos. O mapa apresenta uma escala cromática representando áreas de maior vulnerabilidade em tons vermelhos escuros e menor vulnerabilidade em tons amarelos claros. O peso das variáveis usado nas simulações está descrito na Tabela 1.

5.4. Resultados da concordância

A terceira simulação foi a que apresentou maior valor de concordância com a lista de municípios prioritários fornecida pela gerência do Programa de Controle da DC do estado do Ceará (Figura 21). Os valores de concordância para a AMD estadual foram maiores que aqueles para a AMD nacional (Tabela 2), entretanto a concordância foi considerada leve (valores entre 0,20 e 0,39) ou fraca (valores entre 0,0 e 0,19).

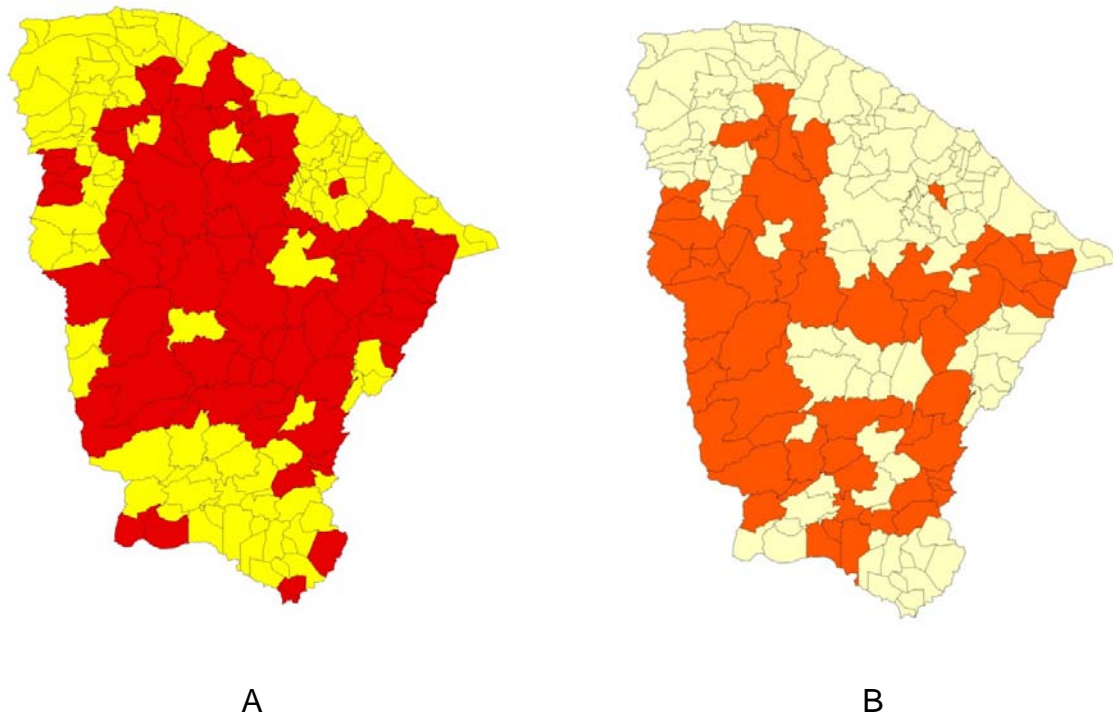


Figura 21: Concordância da AMD estadual com a lista de municípios prioritários fornecida pela Gerência do Programa de Controle da Doença de Chagas do estado do Ceará. (A) AMD estadual mostrando as áreas de maior vulnerabilidade para ocorrência de triatomíneos sinantrópicos (em vermelho) baseada na terceira simulação. (B) municípios de maior risco de transmissão vetorial domiciliar da doença de Chagas no estado do Ceará (em laranja) segundo o programa estadual de controle.

Tabela 2: Resultados da concordância entre a classificação de vulnerabilidade dos municípios do Estado do Ceará para ocorrência de triatomíneos sinantrópicos gerada pelas nove simulações da análise multicritério (análise nacional e estadual) e a lista de municípios prioritários para ações de vigilância gerada pelo programa de controle do estado.

Estado / AMD	Valores do índice Kappa para cada simulação								
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a
Ceará (AMD Nacional)	0,019	0,014	0,019	0,148	0,038	0,067	0,083	0,01	0,083
Ceará (AMD Estadual)	0,17	0,218	0,241	0,215	0,218	0,147	0,17	0,0	0,194

A análise da primeira simulação, em que os pesos foram iguais para todas as variáveis, mostrou que os municípios classificados com maior vulnerabilidade apresentaram valores maiores dos indicadores epidemiológicos (principalmente ocorrência predita dos casos agudos de DC), entomológicos (principalmente ocorrência real ponderada do vetor), socioeconômicos (principalmente pobreza extrema na zona rural) e uma maior área antropizada. Entretanto os valores das variáveis demográficas foram similares entre os municípios de alta e baixa vulnerabilidade para ocorrência de triatomíneos sinantrópicos (Tabela 3).

Tabela 3: Valor médio dos indicadores usados na análise multicritério na primeira simulação (pesos iguais), para os municípios classificados com alta e baixa vulnerabilidade para ocorrência de triatomíneos sinantrópicos no Brasil.

Indicadores	Valor médio do indicador nos municípios após AMD	
	Baixa vulnerabilidade	Alta vulnerabilidade
Epidemiológicos		
Incidência dos casos*	0,00	0,001
Ocorrência predita dos casos	0,265	0,567
Entomológicos**		
Ocorrência real ponderada das espécies	0,156	3,661
Ocorrência predita das espécies	2,388	10,022
Ambiental		
Área antropizada	26944,803	58510,036
Demográfico		
Densidade demográfica	61,273	66,273
Grau de urbanização	52,133	59,813
Socioeconômico		
% PIB adicionado à agropecuária	22,502	16,51
% Pobreza na zona rural	1,786	6,736

* Casos agudos da DC por transmissão vetorial;

** Indicadores desenvolvidos no presente estudo (Ver detalhes no texto).

Considerando a terceira simulação, percebe-se que os estados da região Nordeste, principalmente o Ceará, e os estados de Goiás, Minas Gerais e Tocantins seriam aqueles prioritários para ações de vigilância e controle de triatomíneos no Brasil por apresentarem maior porcentagem de municípios classificados com alta vulnerabilidade (Figura 21). A lista dos 100 municípios gerada considerando os valores hierárquicos (IMC) da terceira simulação (Quadro 1) indica que a maioria deles era da região Nordeste, principalmente dos estados do Ceará (44%) e Pernambuco (27%).

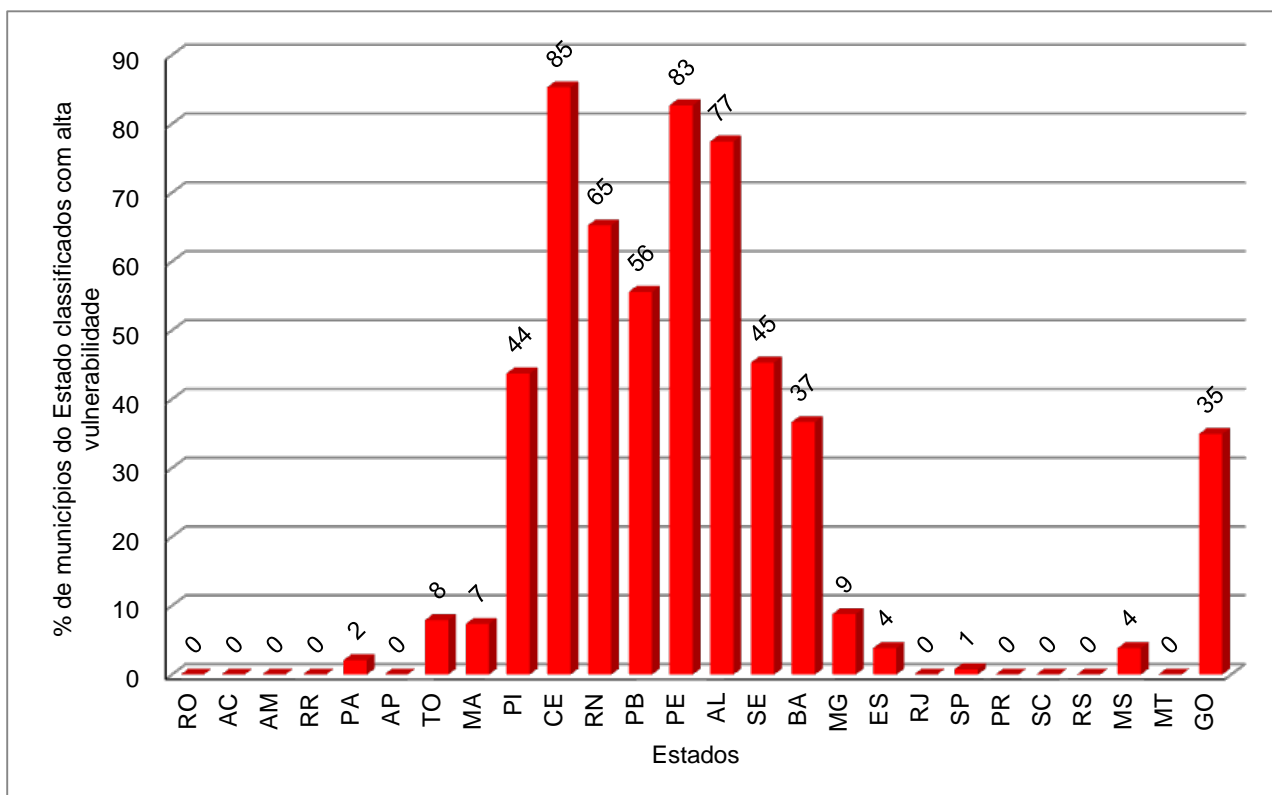


Figura 22: Porcentagem de municípios dos Estados classificados com alta vulnerabilidade após a análise multicritério para a terceira simulação.

Quadro 1: Lista dos 100 municípios prioritários para ações de vigilância e controle de triatomíneos no Brasil, gerada pela análise multicritério.

Prioridade	UF	Código	Prioridade	UF	Código	Prioridade	UF	Código
1º	CE	2311504	35º	CE	2306900	69º	AL	2706307
2º	CE	2307601	36º	PE	2613008	70º	PE	2600500
3º	CE	2304103	37º	PE	2606002	71º	PB	2414506
4º	CE	2308104	38º	PE	2602803	72º	PE	2613305
5º	RN	2408003	39º	PE	2606408	73º	CE	2311355
6º	CE	2313005	40º	CE	2302800	74º	PI	2205003
7º	PB	2512101	41º	CE	2312908	75º	PE	2601201
8º	PI	2205201	42º	PI	2202091	76º	PB	2511400
9º	CE	2305506	43º	PE	2613909	77º	DF	5300108
10º	RN	2401453	44º	PI	2200277	78º	PE	2615607
11º	CE	2303659	45º	PE	2608909	79º	PE	2613503
12º	CE	2306108	46º	PE	2610608	80º	PE	2612000
13º	MG	3135100	47º	CE	2310001	81º	CE	2311306
14º	PE	2615508	48º	PI	2207801	82º	BA	2909307
15º	PB	2516607	49º	PI	2205953	83º	PE	2612208
16º	CE	2309300	50º	RN	2409407	84º	PE	2609501
17º	CE	2307007	51º	CE	2308377	85º	RN	2409308
18º	CE	2302404	52º	CE	2308351	86º	CE	2306207
19º	PE	2601102	53º	PI	2204659	87º	CE	2303600
20º	CE	2307635	54º	PE	2610905	88º	PE	2606606
21º	RN	2403103	55º	CE	2306702	89º	PE	2600104
22º	CE	2313203	56º	CE	2305001	90º	RN	2406502
23º	CE	2311405	57º	PE	2613206	91º	CE	2305209
24º	PI	2208007	58º	RN	2401008	92º	GO	5204003
25º	PB	2507002	59º	RN	2400505	93º	PE	2607307
26º	CE	2306603	60º	CE	2311801	94º	CE	2311959
27º	CE	2300309	61º	PE	2616308	95º	CE	2301307
28º	CE	2308708	62º	PB	2500403	96º	AL	2700201
29º	PE	2602100	63º	PI	2202802	97º	PE	2603702
30º	PB	2516201	64º	PE	2614600	98º	RN	2404903
31º	CE	2305407	65º	PE	2605608	99º	CE	2313302
32º	CE	2300705	66º	CE	2313104	100º	CE	2301109
33º	AL	2700300	67º	CE	2304269	-	-	-
34º	CE	2305332	68º	PB	2508000	-	-	-

6. DISCUSSÃO

Este trabalho procurou entender, de forma complementar, diversos indicadores relacionados, direta ou indiretamente, à ocorrência de triatomíneos sinantrópicos em municípios brasileiros. Apesar dos indicadores socioeconômicos, epidemiológicos, demográficos, entomológicos e ambiental estarem disponíveis em diferentes bancos de dados, é a primeira vez que eles são analisados simultaneamente em nível nacional e utilizando métodos de análise espacial para avaliar a vulnerabilidade de municípios para a ocorrência de triatomíneos sinantrópicos. Apresentamos também dois novos indicadores entomológicos compostos (ocorrência real ponderada das espécies e ocorrência predita das espécies) que poderão ser aplicados em futuras pesquisas. A abordagem metodológica apresentada e resultados alcançados podem ser usados como modelo para aperfeiçoar a vigilância da DC e outras doenças no Brasil e outros países.

Na primeira parte do estudo o modelo preditivo de casos agudos da DC mostrou que praticamente todo o território brasileiro tem potencial para ocorrência da DC, com áreas climaticamente mais adequadas nas regiões Norte e Nordeste do país.

Na região Norte, sob influência da Amazônia, o mecanismo tradicional de transmissão (domiciliar com colonização do vetor) parece ser incapaz de manter a transmissão intensa e contínua (Silveira & Dias 2011). A colonização de triatomíneos em ambiente domiciliar na Amazônia é um fenômeno raro e espacialmente restrito em Roraima, onde *T. maculata* tem sido detectado principalmente em galinheiros (Luitgards-Moura *et al.* 2005) e no Pará, onde colônias de *P. geniculatus* foram detectadas em chiqueiros (Valente 1999). A transmissão de *T. cruzi* para humanos na Amazônia é originada principalmente a partir de ciclos enzoóticos envolvendo triatomíneos que habitam palmeiras e frequentemente invadem as casas (Coura *et al.* 1999, 2002, Teixeira *et al.* 2001, Coura *et al.* 2007, Abad-Franch *et al.* 2009, Teixeira *et al.* 2009, Coura & Junqueira 2012). Adicionalmente, a transmissão oral tem sido considerada o mecanismo de maior importância para a infecção humana na região (Coura

2006, 2007). Segundo o Ministério da Saúde (2013), entre os anos de 2000 a 2011, 70% dos 1.252 casos agudos da DC registrados no Brasil estavam relacionados com a ingestão de alimentos contaminados.

Por outro lado, a região Nordeste do país apresenta longa história de transmissão vetorial domiciliar, onde operações sistemáticas de controle químico reduziram drasticamente os focos de *T. infestans* (Silveira & Dias 2011) e onde o problema atual está focalizado em áreas com presença persistente de espécies nativas como *T. brasiliensis* e *T. pseudomaculata* (Silveira 2011). Outras áreas adequadas para ocorrência de casos agudos da DC por transmissão vetorial em Goiás, estado da região Centro-Oeste onde uma maior diversidade de espécies sinantrópicas de triatomíneos é observada (Pereira *et al.* 2013) e nos estados da região Sul e noroeste do estado de Minas Gerais.

A MNE indicou que as variáveis que mais influenciaram o modelo preditivo de casos humanos da DC foram a faixa diurna da temperatura e a temperatura mínima no mês mais frio. Apesar da temperatura estar associada à distribuição de triatomíneos em escala regional (Batista & Gurgel-Gonçalves 2009, Gurgel-Gonçalves & Silva, 2009, Gurgel-Gonçalves *et al.* 2011, Pereira *et al.* 2013) e também influenciar a biologia e comportamento desses insetos (Carcavallo 1999), é difícil relacionar diretamente o efeito da temperatura na ocorrência de casos humanos da DC, a qual é determinada por uma série de fatores não necessariamente biológicos (Bustamante *et al.* 2007).

Outra limitação que pode ter influenciado o desempenho do modelo de nicho ecológico dos casos agudos da DC foi o número reduzido de registros desse evento nos últimos anos. A área de distribuição de casos agudos da DC prevista por este modelo baseia-se fundamentalmente na identificação e notificação da ocorrência de casos humanos. Qualquer subnotificação, particularmente em áreas geográficas fora da zona de predição, pode alterar significativamente os resultados obtidos. Entretanto, há poucas evidências que sugerem que os casos da DC existam de forma endêmica além dos limites identificados neste estudo. Mas é provável que o baixo número dos casos registrados no período pode ter influenciado o resultado da MNE, justificando,

neste caso, a realização de novas análises no futuro, com um banco de dados maior ou com dados regionais, para verificar a relevância dessa técnica. Mesmo com essas limitações, consideramos que o modelo de distribuição potencial dos casos da DC no Brasil resultante da MNE pode apoiar novos estudos epidemiológicos e ecológicos, bem como orientar as estratégias de intervenção em saúde pública para as áreas com maior potencial para a ocorrência da DC.

Em relação aos vetores, o modelo preditivo estimou ampla ocorrência de triatomíneos sinantrópicos em todo território brasileiro, com áreas mais adequadas na região extra-amazônica. Neste caso, as variáveis que mais influenciaram o modelo foram sazonalidade da temperatura e precipitação anual, o que está de acordo com estudos anteriores (Gurgel-Gonçalves *et al.* 2012). Entretanto, as regiões de florestas mais úmidas apresentaram uma menor ocorrência de espécies de triatomíneos sinantrópicos, concordando com a ideia de que a infestação domiciliar ocorre com maior probabilidade em áreas mais secas, conforme apontado por Abad-Franch & Monteiro (2007) para triatomíneos amazônicos. Uma maior concentração de triatomíneos sinantrópicos na região extra-amazônica também deve estar diretamente relacionada à variedade de biomas (Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica) e zonas de transição, propiciando a diversificação da fauna triatomínica.

Os resultados produzidos pelos dois modelos (casos agudos da DC e vetores) reforçam, geograficamente e ecologicamente, estudos anteriores (p. ex. Silveira & Dias 2011) a cerca do novo quadro epidemiológico da transmissão de *T. cruzi* no Brasil após o controle de *T. infestans* e da reemergência da doença de Chagas na Amazônia. Ademais, esses resultados devem influenciar a nossa compreensão do atual padrão da ocorrência da DC no país, onde ela pode ocorrer e quais espécies de triatomíneos estão envolvidas na transmissão do *T. cruzi* ao homem.

A ocorrência de triatomíneos sinantrópicos em uma área é um fenômeno complexo que pode ser influenciado por variáveis ambientais, demográficas, socioeconômicas e alterações antropogênicas (Dias 1986, Bustamante *et al.* 2007) o que exige uma abordagem metodológica que contemple

simultaneamente todos esses fatores, como proposto pela AMD. Embora esse método esteja cada vez mais presente em diferentes áreas de conhecimento das ciências sociais aplicadas às engenharias (Gomes *et al.* 2004, Morais & Almeida 2005, Januzzi 2010), o seu uso é ainda limitado e relativamente recente na área de saúde pública como o controle e prevenção de doenças transmitidas por vetores (Jannuzzi *et al.* 2009, Hongoh *et al.* 2011, Sarkar *et al.* 2010, Oliveira 2013).

A AMD usada neste trabalho não teve como objetivo fornecer uma estimativa absoluta de risco da ocorrência de triatomíneos ou uma razão de exposição a esses insetos, o que normalmente é extremamente difícil de produzir quando as informações não são sistematicamente coletadas. Nosso objetivo com essa análise foi fornecer a vulnerabilidade de uma unidade espacial (município) comparada a outras unidades (municípios) para ocorrência de triatomíneos sinantrópicos.

No presente trabalho, o termo sinantrópico foi aplicado para caracterizar espécies de triatomíneos que frequentemente invadem habitações humanas ou anexos domiciliares e, eventualmente, colonizam esses ambientes. Considerando que o nível de sinantropia é variável entre as espécies, este estudo apresenta uma proposta inovadora ao considerar essa informação na análise de vulnerabilidade dos municípios para ocorrência de triatomíneos. Na ausência de indicadores entomológicos mais precisos como taxas de infestação e colonização, esse novo indicador pode ser útil em escalas regionais, estaduais e municipais. Entretanto, ressalta-se que esse indicador não tem como objetivo substituir aqueles acima citados que, quando atualizados, são fundamentais para direcionar as ações de prevenção, controle e vigilância da DC.

Silveira (2004) propôs uma metodologia de estratificação de risco para a transmissão vetorial domiciliar, onde o conceito de risco é aplicado como probabilidade da ocorrência de um evento com base em critérios subjetivos e limitados a aqueles estados que se propunham a seguir a classificação de seu modelo. Como produto desta metodologia, Silveira & Dias (2011) apresentaram a distribuição dos municípios brasileiros indicando 491 municípios com alto

risco de transmissão e uma extensa área do território nacional considerada sem risco ou com risco não determinado.

Diferente da proposta de Silveira (2004) e Silveira & Dias (2011), este trabalho baseia-se no conceito de vulnerabilidade que busca oferecer elementos necessários para avaliar as diferentes chances da ocorrência de triatomíneos sinantrópicos a partir de dados socioeconômicos, demográficos, entomológicos, epidemiológicos e ambientais nacionais reconhecidos oficialmente, amplamente difundidos e relevantes para ocorrência do evento. A principal vantagem da metodologia aqui apresentada foi a possibilidade de incluir todos os municípios brasileiros, inclusive aqueles em que não dispõem de um serviço estruturado de vigilância de vetores de *T. cruzi*.

Apesar dos modelos gerados pela AMD mostrarem-se características distintas entre si, podemos observar que a maioria indicou uma abrangente área de vulnerabilidade localizada principalmente nas regiões Nordeste, Centro Oeste e Sudeste do Brasil.

Ao contrário dos indicadores entomológicos e socioeconômicos, os indicadores demográficos e ambiental, sozinhos, não podem ser utilizados para estimar as áreas de vulnerabilidade, pois não mostraram um padrão adequado comparado com dados históricos da DC no Brasil. Quando os indicadores socioeconômicos foram valorizados, a simulação apresentou resultado semelhante às simulações que utilizaram indicadores entomológicos e epidemiológicos.

As simulações mostraram que as diferenças entre os pesos relativos dos indicadores demográficos, socioeconômicos, epidemiológicos e ambiental não foram tão profundas quanto aos indicadores entomológicos. Esta característica, além de evidenciar a importância dos dados entomológicos para o modelo, pode estar associada ao viés de informação, pois quando este indicador foi fortemente valorizado vários municípios da região Norte passaram a ser classificados como altamente vulneráveis, mesmo sabendo que a ocorrência real de triatomíneos domiciliados naquela região é bem menor que nas demais regiões do país. Possivelmente esse fato está relacionado ao uso de dados

incompletos ou tendenciosos. Eisen & Eisen (2011) afirmaram que os modelos espaciais são tão bons quanto os dados a partir dos quais são criados e suas imperfeições e limitações devem ser levadas em consideração.

A AMD é um instrumento valioso para tomada de decisão para problemas complexos incluindo aqueles relacionados a doenças transmitidas por vetores. No entanto, embora existam muitos modelos de AMD, nenhum é capaz de atender adequadamente todas as situações. Este instrumento enfrenta uma série de limitações, sendo, talvez, a possibilidade de manipulação do resultado para tomada de decisão a mais significativa. Contudo, este não é um desafio único para este tipo de instrumento. A sensibilidade e robustez dos dados gerados pela AMD devem ser usados com cuidado, e a técnica não deve ser vista tanto como uma ferramenta para tomada de decisão, mas sim um suporte, um auxílio para a decisão.

Outra ressalva importante a respeito do uso de AMD em doenças transmitidas por vetores é que os modelos gerados não são apropriados para determinar relações de causalidade, mas sim auxiliar a identificar lacunas e limites no conhecimento de um determinado problema (Hongoh *et al.* 2011).

O presente trabalho foi um primeiro passo metodológico para aplicar a AMD em nível nacional e a aplicação da técnica em nível estadual poderá refinar a análise de vulnerabilidade, como demonstrado para o estado do Ceará onde houve uma maior concordância em relação à lista de municípios prioritários para ações de vigilância elaborada pelo programa de controle da DC do Ceará. Nessa direção, são perspectivas deste trabalho: i) aplicar a AMD separadamente para cada estado brasileiro; ii) listar os municípios classificados com alta e baixa vulnerabilidade; iii) selecionar alguns desses municípios para realizar avaliações entomológicas utilizando o método padronizado; e iv) verificar a associação entre a classificação por meio da AMD estadual e os indicadores obtidos a partir das avaliações entomológicas. Essas novas etapas poderão validar a classificação de vulnerabilidade produzida pela AMD e ainda fornecer dados entomológicos robustos necessários para a reestruturação da vigilância da DC no Brasil.

A aplicação de políticas de saúde pública relacionadas à prevenção e controle de patógenos transmitidos por vetores requer o emprego de diferentes parâmetros. O presente trabalho mostrou que a AMD e a MNE podem auxiliar a identificação de estados e municípios mais vulneráveis para a ocorrência de triatomíneos sinantrópicos, o que é fundamental para o direcionamento das ações de prevenção, controle e vigilância da DC em um cenário onde a obtenção de dados entomológicos é cada vez mais limitada.

7. CONCLUSÕES

A MNE dos casos humanos indicou uma maior adequabilidade climática para transmissão na região Norte e Nordeste do país.

A MNE dos triatomíneos estimou ampla ocorrência dos triatomíneos no Brasil, porém com áreas climaticamente mais adequadas na região extra-amazônica.

Os modelos produzidos via AMD foram muito diferentes. Naqueles em que foi conferido maior peso aos indicadores demográficos e ambiental, não foi observado um padrão de vulnerabilidade adequado comparando com municípios historicamente vulneráveis, diferente dos modelos baseados em dados entomológicos e socioeconômicos.

Os municípios classificados com maior vulnerabilidade para ocorrência de triatomíneos apresentaram maior pobreza extrema na zona rural e maior área antropizada.

Os dois novos indicadores entomológicos elaborados no presente trabalho (ocorrência real ponderada das espécies e ocorrência predita das espécies) poderão ser aplicados para aperfeiçoar a vigilância da doença de Chagas no Brasil e outros países.

A MNE e AMD podem auxiliar a análise de vulnerabilidade para ocorrência de triatomíneos, o que é fundamental para o direcionamento das ações de vigilância e controle em um cenário em que os dados entomológicos são cada vez mais escassos.

Essa nova proposta metodológica pode ser aplicada para analisar a vulnerabilidade para ocorrência de triatomíneos sinantrópicos em todo o território nacional.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad-Franch F, Monteiro FA 2007. Biogeography and evolution of Amazonian triatomines (Hemiptera: Reduviidae): implications for Chagas diseases surveillance in humid Forest ecoregions. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 102 (Suppl. I): 57-69.
- Abad-Franch F, Diotaiuti L, Gurgel-Gonçalves R, Gurtler RE 2013. Certifying the interruption of Chagas disease transmission by native vectors: cui bono? *Mem Inst Oswaldo Cruz* 108 (2): 251-254.
- Abad-Franch F, Vega MC, Rolon MS, Santos WS, Rojas-de-Arias A. 2011. Community Participation in Chagas Disease Vector Surveillance: Systematic Review. *PLoS Negl Trop Dis* 5(6): e1207.
- Abad-Franch F, Monteiro FA, Jaramillo NO, Gurgel-Gonçalves R, Dias FBS, Diotaiuti L 2009. Ecology, evolution and the long-term surveillance of vector-borne Chagas disease: A multi-scale appraisal of the tribe *Rhodniini* (Triatominae). *Acta Trop* 112: 159-177.
- Akhavan D 1997. Analysis of cost-effectiveness of the Chagas disease control programme, Ministry of Health, National Health Foundation, Brasilia.
- Almeida CE, Vinhaes MC, Almeida JR, Silveira AC, Costa J 2000. Monitoring the domiciliary and peridomiciliary invasion process of *Triatoma rubrovaria* in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 95: 761-768.
- Almeida-Filho N 1989. *Epidemiologia sem números*. Rio de Janeiro, Campus, p. 24.
- Almeida-Filho N, Coutinho D 2007. Causalidade, Contigência, Complexidade: o Futuro do Conceito de Risco. *Rev Saúde Coletiva* 17(1): 95-137.
- Almeida PS, Ceretti Júnior W, Obara MT, Santos HR, Barata JM, Faccenda O 2008. Levantamento da fauna de Triatominae (Hemiptera: Reduviidae) em ambiente domiciliar e infecção natural por Trypanosomatidae no Estado de Mato Grosso do Sul. *Rev Soc Bras Med Trop* 41(Suppl 4): 374-80.

- Anderson RP, Gómez-Laverde M, Peterson AT 2002. Geographical distributions of spiny pocket mice in South America: insights from predictive models global. *Ecol Biogeogr* 11: 131-141.
- Aguilar HM, Abad-Franch F, Dias JCP, Junqueira ACV, Coura JR 2007. Chagas disease in the Amazon Region. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 102(1): 47-55.
- Aragão MB 1961. Aspectos climáticos da doença de Chagas. II – Área de ocorrência do *Panstrongylus megistus* (Burmeister, 1835). *Rev bras Malar* 13: 171-193.
- Assis GFM, Azeredo BVM, Carbajal de la Fuente AL, Diotaiuti L, Lana M 2007. Domiciliation of *Triatoma pseudomaculata* (Corrêa e Espínola 1964) in the Jequitinhonha Valley, State of Minas Gerais. *Rev Soc Bras Med Trop* 40 (Suppl. 4): 391-396.
- Ayres JRJM 1997. Sobre o risco: para compreender a epidemiologia. São Paulo: Hucitec. 327p.
- Ayres JRJM, Calazans GJ, Filho HCS, Júnior IF 2006. Risco, vulnerabilidade e práticas de prevenção e promoção à saúde. In: Campos GW *et al.* Tratado de Saúde Coletiva. São Paulo (SP): Hitec, Editora Fiocruz.
- Ayres JRJM, França I, Calazans G, Salletti H 1999. Vulnerabilidade e prevenção em tempos de Aids. In: Barbosa R, Parker R. *Sexualidade pelo avesso: direitos, identidades e poder*. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 50-71.
- Ayres JRJM, Paiva V, Franca I, Gravato N, Lacerda R, Negra MD 2006. Vulnerability, human rights, and comprehensive health care needs of Young people living with HIV/AIDS. *Am J Public Health*. 96(6): 1001-1006.
- Banco Mundial 1993. Informe sobre el desarrollo mundial 1993. Invertir en salud. Washington, DC: Banco Mundial.
- Bacigalupo A, Torres-Pérez F, Segovia V, García A, Correa JP, Moreno L, Arroyo P, Cattán PE 2010. Sylvatic foci of the Chagas disease vector

- Triatoma infestans* in Chile: description of a new focus and challenges for control programs. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 105(5):633-41.
- Barretto MP 1979. Epidemiologia. In Brener Z, Andrade ZA (eds), *Trypanosoma cruzi* e Doenças de chagas. *Guanabara Koogan*, Rio de Janeiro, p. 89-291.
- Barve N, Barve V, Jiménez-Valverde A, Lira-Noriega A, Maher SP, *et al.* (2011) The crucial role of the accessible area in ecological niche modeling and species distribution modeling. *Ecol Model* 222: 1810:1819.
- Batista TA, Gurgel-Gonçalves R 2009. Ecological niche modelling and differentiation between *Rhodnius neglectus* Lent, 1954, and *R. nasutus* St I, 1859 (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae), in Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 104: 1165-1170.
- Bedin C, Mello F, Wilhelms TS, Torres MA, Estima C, Ferreira CF, Sehn L 2009. Vigilância Ambiental: Doença de Chagas no Rio Grande do Sul. *Bol Epidemiol* 11 (Supl. 3):1-8.
- Bernstein PL 1997. *Desafio aos Deuses: a fascinante história do risco*. Rio de Janeiro. Ed. Campus. 369p.
- Brasil 1996. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. Controle da Doença de Chagas, Diretrizes Técnicas. 2ª edição. Brasília: FUNASA, 80p.
- Brasil 2009. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Guia de vigilância epidemiológica / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica, - 7. ed, - Brasília: Ministério da Saúde. 816p (Serie A. Normas e Manuais Técnicos).
- Brasil 2013. Ministério da Saúde. Sistema de Informação de Agravos de Notificação [Internet] Disponível em www.saude.gov.br/sinanweb (acessado em 14/02/2013).
- Brasil 2013. Ministério da Saúde. Doença de Chagas: Aspectos epidemiológicos 2013. [acesso em 15 julh 2013]. Disponível em: http://portal.saude.gov.br/portal/saude/profissional/visualizar_texto.cfm?idtxt=31454.

- Bustamante DM, Monroy MC, Rodas AG, Juarez JA, Malone JB 2007. Environmental determinants of the distribution of Chagas disease vectors in south-eastern Guatemala. *Geospatial Health* 1(Suppl 2): 199-211.
- Camargo ME, Silva JR, Castilho EA, Silveira AC 1984. Inquérito sorológico da prevalência da infecção chagásica no Brasil, 1975-1980. *Rev Inst Med Trop São Paulo* 26: 192-204.
- Carcavallo R, Rodríguez M, Salvatella R, Curto de Casas SI, Sherlock I, Galvão C 1998. Habitats and related fauna. In RU Carcavallo, I Galíndez Girón, J Jurberg, H Lent (eds.), *Atlas of Chagas Disease Vectors in Americas*. Vol. II, Fiocruz, Rio de Janeiro, p. 561-619.
- Carcavallo RU 1999. Climatic factors related to Chagas disease transmission. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 94: 367-69.
- Carcavallo RU, Curto de Casas SI, Sherlock I, Galíndez Girón I, Jurberg J, Galvão C, Mena Segura CA, Noireau F 1999. Geographical distribution and alti-latitudinal dispersion. *Atlas of Chagas disease vectors in Americas*, Vol. III, Fiocruz, Rio de Janeiro, p. 747-792.
- Castro MCM, Barret TV, Santos WS, Abad-Franch F, Rafael JA 2010. Attraction of Chagas disease vectors (triatominae) to artificial light sources in the canopy of primary Amazon rainforest. *Mem Inst Oswaldo Cruz*. 105(8):1061-1064.
- Chagas C 1909. Nova tripanozomíase humana. *Mem Inst Oswaldo Cruz*, (Tomo I): 159-218.
- Chagas C, Villela E 1922. Forma Cardíaca de Trypanosomíase Americana. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 14: 5-61.
- Costa J, Felix M 2007. *Triatoma juazeirensis* sp. nov. from the state of Bahia, northeastern Brazil (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae). *Mem Inst Oswaldo Cruz* 102 (1): 87-90.
- Costa J, Peterson AT 2012. Ecological niche modeling as a tool for understanding distributions and interactions of vectors, hosts and etiologic

- agents of Chagas disease. In Peterson AT (ed.). *Recent Advances on Model Hosts*. Vol. I, Springer, Kansas p. 59-70.
- Costa J, Argolo AM, Felix M 2006. Redescription of *Triatoma melanica* Neiva & Lent, 1941, new status (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) *Zootaxa* 1385: 47-52.
- Costa J, Peterson AT, Beard CB 2002. Ecologic niche modeling and differentiation of populations of *Triatoma brasiliensis* Neiva, 1911, the most important Chagas' disease vector in Northeastern Brazil (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae). *Am J Trop Med Hyg* 67: 516-520.
- Costa J, Almeida JR, Britto C, Duarte R, Marchon-Silva V, Pacheco RS 1998. Ecotopes, natural infection and trophic resources of *Triatoma brasiliensis* (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae). *Mem Inst Oswaldo Cruz*. 93(1):7-13.
- Costa J, Almeida CE, Dotson EM, Lins A, Vinhaes M, Silveira AC, Beard CB 2003. The epidemiologic importance of *Triatoma brasiliensis* as a Chagas disease vector in Brazil: a revision of domiciliary captures during 1993-1999. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 98: 443-449.
- Coura JR 1993. O falso dilema sobre a luta antivetorial e as perspectivas de controle da doença de Chagas no Brasil: BHC ou BNH? *Cad. Saúde Pública* 9(4):514-518.
- Coura JR 2003. Tripanosomose, doença de Chagas. *Cienc. Cult.*; 55 (1): 30-33.
- Coura JR 2006. Transmissão da infecção chagásica por via oral na história natural da doença de Chagas. *Rev Soc Bras de Med Trop* 39 (Suppl. IV): 113-117.
- Coura JR 2007. Chagas disease: what is known and what is needed – A background article. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 10 (2): 113-122.
- Coura JR, Dias JCP 2009. Epidemiology, control and surveillance of Chagas disease: 100 years after its discovery. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 104 (suppl 1): 31-40.

- Coura JR & Junqueira ACV 2012. Risks of endemicity, morbidity and perspectives regarding the control of Chagas disease in the Amazon Region. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 107 (2): 145-154.
- Coura JR, Viñas PA 2010. Chagas disease: a new worldwide challenge. *Nature* 465: 56-57.
- Coura JR, Junqueira ACV, Boia MN, Fernandes O 1999. Chagas disease: from bush to huts and houses. Is it the case of the Brazilian Amazon? *Mem Inst Oswaldo Cruz* 94 (suppl. 1): 379-384.
- Coura JR, Abreu LL, Willcox HPF, Petana W 1997. Estudo comparativo controlado com emprego de benzonidazole, nifurtimox e placebo, na forma crônica da doença de Chagas, em uma área de campo com transmissão interrompida. Avaliação preliminar *Rev Soc Bras Med Trop* 30: 139-144.
- Coura JR, Junqueira ACV, Carvalho-Moreira CJ, Borges-Pereira J, Albajar PV 2007. Uma visão sistêmica da endemia chagásica. In AC Silveira, *La enfermedad de Chagas a la puerta de los 100 años del conocimiento de una endemia americana ancestral*, Org Panam Salud y Fundación Mundo Sano, Buenos Aires, p. 23-35.
- Coura JR, Junqueira ACV, Fernandes O, Valente SAS, Miles MA 2002b. Emerging Chagas disease in Amazonian Brazil. *Trends Parasitol* 18: 171-176.
- Christensen FM, Andersen O, Duijm NJ, Harremoës P 2003. Risk terminology – a platform for common understanding and better communication. *Journal of Hazardous Materials*. A103: 108-203.
- Crisci JV 2001. The voice of historical biogeography. *J. Biogeogr.* 28:157-168.
- Czeresnia D 2004. Ciência, técnica e cultura: relações entre risco e práticas de saúde. *Cad Saúde Pública* 20(2): 447-55.
- Da Silva NS 2011. Epidemiologia da malária: incidência, distribuição espacial e fatores de risco em coorte rural amazônica. [tese (Doutorado em Parasitologia)]. São Paulo: Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo.

- Dias E, Pellegrino J 1948. Alguns ensaios com o Gammexane no combate aos transmissores da doença de Chagas. *Brasil Med* 62: 85-191.
- Dias JCP 1986. Perspectivas de controle da doença de Chagas no Brasil. *Cad. Saúde Pública* 2 (1): 84-103.
- Dias JCP 2000. Epidemiologia. In: *Trypanosoma cruzi* e doença de Chagas – 2ª ed., Rio de Janeiro, Ed. Guanabara Koogan; p. 48 – 74.
- Dias JCP. 2006. Doença de Chagas: sucessos e desafios. *Cad. Saúde Pública* 22 (10): 2020-2021.
- Dias JCP, Diotaiuti L 1998. Vetores secundários de la enfermedad de Chagas en el Brasil y perspectivas para su control. In: Control de Tripanosomiasis Americana y Leishmaniosis: Aspectos Biológicos, Genéticos y Moleculares (F. Guhl & C.A. Jaramillo, eds.) Santafé de Bogotá: Universidad de los Andes.
- Dias JCP, Borges Dias R 1979. Aspectos sociais, econômicos e culturais da Doença de Chagas. *Ciênc Cult.* 31(Supl):105-17.
- Dias JCP, Machado EMM, Fernandes AL, Vinhaes MC 2000. Esboço geral e perspectivas da doença de Chagas no Nordeste do Brasil. *Cad Saúde Pública* 16: S13-S34.
- Diotaiuti L, Loiola CF, Falcão PL, Dias JCP 1993. The ecology of *Triatoma sordida* in natural environments in two different regions of the state of Minas Gerais, Brazil. *Rev Inst Med Trop São Paulo* 35 (Suppl 3): 237-245.
- Diotaiuti L, Paula OR, Falcão PL, Dias JCP 1995. Avaliação do programa de controle vetorial da doença de Chagas em Minas Gerais, Brasil, com referência especial ao *Triatoma sordida*. *Bol Oficina Sanit Panam.* 118(3):211-219.
- Diotaiuti L, Faria Filho O, Carneiro F, Dias JCP, Pires H, Schofield CJ 2000. Doença de Chagas no Brasil. *Cad. Saúde Pública* 16: 61-67.
- Eisen L, Eisen RJ 2011. Using Geographic Information Systems and Decision Support Systems for the Prediction, Prevention, and Control of Vector-Borne Diseases. *An Rev Entomol* 56:41-61.

- Elith JC, Graham C, Anderson R, Dudik M, Ferrier S, Guisan A, Hijmans R, Huettmann F, Leathwick J, Lehmann A, Li J, Lohmann L, Loisell B, Manion G, Moritz C, Nakamura M, Nakazawa Y, Overton J, Peterson A, Phillips S, Richardson K, Scachetti-Pereira R, Schapire E, Soberon J, Williams S, Wisz M, Zimmerman N 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129 - 151.
- Elton C 1927. *Animal ecology*. London: Sedgwick and Jackson.
- Effingham County Organization. Disponível em:
<http://www.effinghamcounty.org/DepartmentsGP/GIS/GISHome/tabid/1550/Default.aspx>.
- Ensslin L, Montibeller Neto G, Noronha SM 2001. Apoio a Decisão: metodologias para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas. Florianópolis: Insular.
- Fiocruz 2013. Doença de Chagas [Internet] Disponível em:
<http://www.fiocruz.br/chagas/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=130>, citado em 02.01.2013.
- Forattini OP 1972. Entomogeografia médica do Brasil. In: Lacaz CS *et al.* – Introdução à geografia médica do Brasil, Ed. Edgar Blücher/USP, São Paulo, p.191-212.
- Forattini OP, Rocha e Silva EO, Ferreira OA, Rabello EX, Pattoli D. 1971. Aspectos ecológicos da Tripanossomíase Americana: III – Dispersão local de triatomíneos, com especial referência a *Triatoma sordida*. *Rev Saúde Pública* 5: 193-205.
- Forattini OP 1980. Biogeografia, origem e distribuição da domiciliação de triatomíneos no Brasil. *Rev Saúde Pública* São Paulo 14: 265-299.
- Fraiha Neto H, Valente SAS, Valente VC, Pinto AYN 1995. Doença de Chagas - endêmica na Amazônia? *An Acad Med Pará* 6: 5357.
- Freitas SPC, Lorosa ES, Rodrigues DCS, Freitas ALC, Gonçalves TCM 2005. Fontes alimentares de *Triatoma pseudomaculata* no Estado do Ceará, Brasil. *Rev Saúde Pública* 39(1):27-32.

- Frías-Lasserre D 2010. A new species and karyotype variation in the bordering distribution of *Mepraia spinolai* (Porter) and *Mepraia gajardoi* Frías *et al.* (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) in Chile and its Parapatric Model of Speciation. *Neotrop Entomol* 39 (Suppl 1): 572-583.
- Galvão C, Carcavallo RU, Rocha DS, Jurberg J 2003. A checklist of the current valid species of the subfamily Triatominae Jeannel, 1919 (Hemiptera, Reduviidae) and their geographical distribution, with nomenclatural and taxonomic notes. *Zootaxa* 202: 1-36.
- Garcia ARC 2000. *Avaliação de risco de uma área contaminada utilizando o modelo C-soil: um estudo de caso*. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Saúde Pública da USP – São Paulo, Brasil.
- Gomes LMF, Moreira AMN 1998. Da informação à tomada de decisão: agregando valor através dos métodos multicritério. *Recitec, Recife* v. 2, n. 2: 117-139.
- Gomes LMF, Galvão LM, Macedo AM, Pena SD, Chiari E 1999. Chagas' disease diagnosis: comparative analysis of parasitologic, molecular, and serologic methods. *Am J Trop Hyg* 60(2):205-10.
- Gomes LFM, Araya MCG, Carignano C 2004. Tomada de decisão em cenários complexos: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão. São Paulo: Pioneira, Thompson Learning.
- Gonçalves TCM, Teves-Neves SC, Mallet JRS, Carbajal-de-la-Fuente AL, Lopes CM 2013. *Triatoma jatai* sp. nov. in the state of Tocantins, Brazil (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae). *Mem Inst Oswaldo Cruz* 108 (4): 429-437.
- Gonçalves TCM, Mallet JRS, Ramos LB, Souza SCS, Lima NRC, Santos SM, Lopes CM 2006. Levantamento e monitoramento de triatomíneos em área de influência da Usina Hidrelétrica Peixe Angical (TO). In: XXII Reunião Anual de Pesquisa Aplicada em Doença de Chagas, Uberaba, Brasil *Rev Soc Bras Med Trop*.
- Gorla DE, 2002. Variables ambientales registradas por sensores remotos como indicadores de la distribución geográfica de *Triatoma infestans* (Heteroptera: Reduviidae). *Ecol Aust* 12: 117-127.

- Gorla DE, Dujardin JP, Schofield CJ, 1997. Biosystematics of Old World Triatominae. *Acta Tropica* 63: 127-140.
- Grinnell J. 1917. The niche-relationships of the California Thrasher. *Auk* 34:427-433.
- Guralnick R, Neufeld D 2005. Challenges building on line GIS services to support global biodiversity mapping and analysis: lessons from the mountain and plains database and informatics project. *Biodiver informa* 2: 56-69.
- Guisan A, Thuiller W 2005. Predicting species distribution: Offering more than simple habitat models. *Ecol. Lett.* 8:993–1009.
- Gurgel-Gonçalves R, Cuba CAC 2009. Predicting the potential geographical distribution of *Rhodnius neglectus* (Hemiptera, Reduviidae) based on ecological niche modeling. *J Med Entomol* 46: 952-960.
- Gurgel-Gonçalves R, Silva RB 2009. Analysis of the geographical distribution of *Psammolestes Bergroth* (Heteroptera: Reduviidae) in South America with new records of *Psammolestes tertius* Lent & Jurberg. *Zootaxa* 2033: 41-48.
- Gurgel-Gonçalves R, Galvão C, Costa J, Peterson AT 2012a. Geographic distribution of Chagas disease vectors in Brazil based on ecological niche modeling. *J Trop Med* 2012 (705326): 1-15.
- Gurgel-Gonçalves R, Galvão C, Mendonça J, Costa-Neto RM 2012c. Guia de triatomíneos da Bahia. Editora da Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Bahia, 112pp.
- Gurgel-Gonçalves R, Pereira FCA, Lima IP, Cavalcante RR 2010. Distribuição geográfica, infestação domiciliar e infecção natural de triatomíneos (Hemiptera: Reduviidae) no Estado do Piauí, Brasil, 2008. *Rev Pan-Amazônica de Saúde* 1: 57-64.
- Gurgel-Gonçalves R, Ferreira JBC, Rosa AF, Bar ME, Galvão C 2011. Geometric morphometrics and ecological niche modelling for delimitation of near-sibling triatomine species. *Med Vet Entomol* 25: 84-93.

- Hacon, SS 2003. Avaliação e gestão de risco ecotoxicológico à saúde humana. In: Azevedo FAA e Chasin AAM. *As bases ecotoxicológicas da ecotoxicologia*. São Carlos: RiMa – São Paulo: Intertox, p. 245-322.
- Hernandez PA, Graham CH, Master LL, Albert DL 2006. The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography* 29(5): 773-785.
- Hijmans RJ, Cameron SE, Parra JL, Jones PG, Jarvis A 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int J Climat* 25: 1965-1978.
- Hongoh V, Hoen AG, Aenishaenslin C, Waub JP, Bélanger D, Michel P, and The Lyme-MCDA Consortium 2011. Spatially explicit multi-criteria decision analysis for managing vector-borne diseases. *Int Health Geograph* 10:70.
- Hutchinson GE 1957. Concluding Remarks. *Cold Spring Harbour Symposium on Quantitative Biology*, New York, 22(2): 415-427.
- Ibarra-Cerdeña CN, Sánchez-Cordero V, Peterson AT, Ramsey JM 2009. Ecology of North American Triatominae. *Acta Trop* 110: 178-186.
- Jannuzzi PM, Miranda WL, Silva DSG 2009. Análise multicritério e tomada de decisão em políticas públicas: Aspectos metodológicos, aplicativo operacional e aplicações. *Informát Públ* 11(1):69-87.
- Jannuzzi PM 2010. Análise multicritério e a decisão em políticas públicas : implementação da técnica no aplicativo PRADIN e aplicações. *Escola Nacional de Ciências Estatísticas*, ISSN 1677-7093, n. 29.
- Junqueira ACV, Albajar PV, Coura JR 2005. Doença de Chagas na Amazônia Brasileira. In JR Coura, *Dinâmica das doenças infecciosas e parasitárias*, Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, p. 595-601.
- Landis JR, Koch GG 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33:159-174.

- Lent H, Wygodzinsky P 1979. Revision of the Triatominae (Hemiptera, Reduviidae), and their significance as vectors of Chagas Disease. *Bul Amer Mus Nat Hist* 163: 520-529.
- Lieber RR, Romano-Lieber NS 2002. O conceito de Risco: Janus Reinventado. In: Minayo, MC e Miranda AC. Organizadores. Saúde e ambiente sustentável: estreitando nós. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, p 69-111.
- Lieber RR, Romano-Lieber NS 2003. Risco, incerteza e as possibilidades de ação em saúde ambiental. *Rev Bras Epidemiol* 6(2): 121-134.
- Lima MM, Pereira JB, Dos Santos JAA, Pinto ZT, Braga MV 1992. Development and reproduction of *Panstrongylus megistus* (Hemiptera, Reduviidae) infected with *Trypanosoma cruzi*, under laboratory conditions. *Ann Entomol Soc Am* 85:458-461.
- Lopez-Cardenas J, González-Bravo FE, Salazar-Schettino PM, Gallaga-Solorzano JC, Ramírez-Barba E, Martínez-Mendez J, Sanchez-Cordero V, Peterson AT, Ramsey J 2005. Fine-scale predictions of distributions of Chagas disease vectors in the state of Guanajuato, Mexico. *J Med Entomol* 42: 1068-1081.
- Luitgards-Moura JF, Vargas AB, Almeida CE, Magno-Esperança G, Agapito-Souza R, Folly-Ramos E, Costa J, Tsouris P, Rosa-Freitas MG 2005. A *Triatoma maculata* (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae) population from Roraima, Amazon region, Brazil, has some bionomic characteristics of a potential Chagas disease vector. *Rev Inst Med Trop S Paulo* 47 (3): 131-137.
- Machado CF, Minayo CG 1997. Análise de riscos tecnológicos na perspectiva das ciências sociais. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*. Vol. III (3): 485-504.
- Machado de Assis GF, B. Azeredo VDM, De La Fuente ALC, Diotaiuti L, De Lana M 2007. Domiciliation of *Triatoma pseudomaculata* (Corrêa e Espínola 1964) in the Jequitinhonha Valley, State of Minas Gerais. *Rev Soc Bras Med Trop*. 40(4):391–396.

- Maeda MH, Knox MB, Gurgel-Gonçalves R 2012. Occurrence of synanthropic triatomines (Hemiptera: Reduviidae) in the Federal District of Brazil. *Rev Soc Bras Med Trop* 45: 71-76.
- Mann J, Tarantola DJM, Netter TW 1993. Como avaliar a vulnerabilidade à infecção pelo HIV e AIDS. In: Paker R. A Aids no mundo. Rio de Janeiro: Relume Dumará. p. 276-300.
- Marquez JO 1994. Forma nervosa da doença de Chagas: aspectos históricos e atuais. *Rev Soc Bras Med Trop*. 27(2):16-21.
- Martins-Melo FR, Ramos Jr A N, Alencar CH, Lange W, Heukelbach J 2012. Mortality of Chagas' disease in Brazil: spacial patterns and definition of high-risk áreas. *Trop Med Int Health* 17 (9): 1066-1075.
- Martins-Melo FR 2011. Epidemiologia e distribuição espacial da mortalidade relacionada à doença de Chagas no Brasil, 1999 a 2007. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública, Departamento de Saúde Comunitária, Escola de Medicina, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil.
- Miles MA, Arias JR, Souza AA 1983. Chagas' disease in the Amazon basin: V. Periurban palms as habitats of *Rhodnius robustus* and *Rhodnius pictipes* – triatomine vectors of Chagas' disease. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 78(4): 391-398.
- Minayo MCS, Miranda AC 2002. *Saúde e ambiente sustentável: estreitando nós*. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 343 p.
- Ministério da Saúde 2005. Consenso Brasileiro em Doença de Chagas. *Rev Soc Bras Med Trop* 38(3): 1-29.
- Mischler P, Kearney M, McCarroll JC, Scholte RGC, Vounatsou P, Malone JB 2012. Environmental and socio-economic risk modelling for Chagas disease in Bolivia. *Geospat Health* 6(3): S59-S66.
- Moncayo A, Silveira AC 2009. Current epidemiological trends for Chagas disease in Latin America and future challenges in epidemiology, surveillance and health policy. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 104 (suppl.1): 17-30.

- Morais DC, Almeida AT 2006. Modelo de decisão em grupo para gerenciar perdas de água. *Revista de Pesquisa Operacional*. 26(3):567-584.
- Nardocci AC 1999. *Risco como Instrumento de Gestão Ambiental*. São Paulo; 1999. Tese de Doutorado – Faculdade de Saúde Pública da USP – São Paulo, Brasil.
- Nichiata LYI, Bertolozzi MR, Takahashi RF, Fraccolli LA 2008. The use of the “vulnerability” concept in the nursing area. *Rev Lat Am Enfermagem* 16(5):923-928.
- Noireau F, Zegarra M, Ordoñez J, Gutierrez T, Dujardin JP 1999. Genetic structure of *Triatoma sordida* (Hemiptera: Reduviidae) domestic populations from Bolivia: application on control interventions. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 94(3): 347-351.
- Noireau F, Flores R, Gutierrez T, Abad-Franch F, Flores E, Vargas F 2000. Natural ecotopes of *Triatoma infestans* dark morph and other sylvatic triatomines in the Bolivian Chaco. *Trans R Soc Trop Med Hyg*. 94(1): 23-27.
- Noireau F, Brenière F, Ordoñez J, Cardozo L, Morochi W, Gutierrez T, Bosseno MF, Garcia S, Vargas F, Yaksic N, Dujardin JP, Peredo C, Wisnivesky-Colli C 1997. Low probability of transmission of *Trypanosoma cruzi* to humans by domiciliary *Triatoma sordida* in Bolivia. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 91: 653-656.
- Obara MT, Barata JMS, Rosa JA, Ceretti Junior W, Almeida PS, Goncalves GA, Dale C, Gurgel-Gonçalves R 2012. Description of the female and new records of *Triatoma baratai* Carcavallo & Jurberg, 2000 (Hemiptera, Reduviidae) from Mato Grosso do Sul, Brazil, with a key to the species of the *Triatoma matogrossensis* subcomplex. *Zootaxa* 3151: 63-68.
- Oliveira AWS, Silva IG 2007. Distribuição geográfica e indicadores entomológicos de triatomíneos sinantrópicos capturados no Estado de Goiás. *Rev Soc Bras Med Trop* 40 (Suppl 2): 204-208.

- Oliveira-Lima JW, Faria Filho OF, Vieira JBF, Gadelha FV, Oliveira Filho A-M 2000. Peridomiliary changes and implications for *Triatoma brasiliensis* control. *Cad Saúde Públ* 16(2): 61-67.
- Oliveira MF, Nagao-Dias AT, Pontes VMO, Souza Júnior AS, Coelho HLL, Coelho ICB 2008. Tratamento etiológico da doença de Chagas no Brasil. *Rev Pat Trop*.37 (3): 209-228.
- Oliveira SV 2013. Análise preditiva da distribuição geográfica de hantavírus no Brasil. [Dissertação (Mestrado em Medicina Tropical na área de concentração: Epidemiologia das Doenças Infecciosas e Parasitárias)] Brasília: Núcleo de Medicina Tropical da Universidade de Brasília.
- Organización Mundial de la Salud 2000. Segundo informe del comité de expertos de la OMS em Control de la enfermedad de Chagas. 117p.
- Ostermayer AL, Passos ADC, Silveira AC, Ferreira AW, Macedo V, Prata AR 2011. O inquérito nacional de soroprevalência de avaliação do controle da doença de Chagas no Brasil (2001-2008). *Rev Soc Bras Med Trop* 44(2): 108-121.
- Pearson RG, Raxworthy CJ, Nakamura M, Peterson AT 2007. Predicting species' distributions from small numbers of occurrence records: A test case using cryptic geckos in Madagascar. *J Biogeog* 34: 102-117.
- Pereira P 1998. *Análise de Risco Ambiental de processo siderúrgico*. Tese de Doutorado – Faculdade de Saúde Pública da USP – São Paulo, Brasil.
- Pereira JM, Almeida PS, Sousa AV, Paula AM, Machado RB, Gurgel-Gonçalves R 2013. Climatic factors influencing triatomine occurrence in Central-West Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 108 (3): 335-341.
- Perlowagora-Szumlewicz A, Muller CA, Moreira CJC 1988. Studies in search of a suitable experimental insect model for xenodiagnosis of hosts with Chagas' disease: 3- On the interaction of the vector species and parasite strain in the reaction of bugs to infection by *Trypanosoma cruzi*. *Rev. Saúde Públ* (22):390-400.

- Peterson AT, Soberon J, Sanchez-Cordero V 1999. Conservatism of ecological niches in evolutionary time. *Science* 285:1265–1267.
- Peterson AT, Papes M, Eaton M 2007. Transferability and model evaluation in ecological niche modeling: A comparison of GARP and Maxent. *Ecography* 30: 550-560.
- Peterson AT, Papes M, Soberón J 2008. Rethinking receiver operating characteristic analysis applications in ecological niche modeling. *Ecol. Model* 213 (Suppl 1): 63-72.
- Peterson AT, Sánchez-Cordero V, Beard CV, Ramsey JM 2002. Ecologie niche modeling and potential reservoirs for chagas disease, Mexico. *Emerg Infect Dis* 8: 662-667.
- Peterson AT, Soberón J, Pearson RG, Anderson RP, Martínez-Meyer E, Nakamura M, Araújo MB. 2011. *Ecological niches and geographic distributions*. Monographs in population; n.49 314p.
- Phillips SJ, Anderson RP, Schapire RE 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecol Modell* 190: 231-259.
- Pinto AYN, Valente SAS, Valente VC, Ferreira-Junior AG, Coura JR 2008. Fase aguda da doença de Chagas na Amazônia brasileira. Estudo de 233 casos do Pará, Amapá e Maranhão observados entre 1988 e 2005. *Rev Soc Bras Med Trop* 41: 602-614.
- Prata A 2001. Clinical and epidemiological aspects of Chagas disease. *The Lancet Infectious disease*. 1(2):92-100.
- Raia A, Campos OM 1955. Megacólon – contribuição ao estudo de sua patogenia e tratamento. *Rev Med Cirurg São Paulo* 15(8): 467-512 e 519-560.
- Rassi A JR, Rassi A, Marin-Neto JA 2010. Chagas disease. *Lancet* 375:1388-1402.
- Rezende JM 1979. Clínica: manifestações digestivas. In Brenner Z, Andrade *Trypanosoma cruzi e doença de Chagas*. Ed. Guanabara, Rio de Janeiro, 312p.

- Rocha MOC, Ribeiro AL, Teixeira MM 2003. Clinical management of chronic Chagas cardiomyopathy. *Front Biosci.* 8:44-54.
- Rodricks JV 1992. Calculated risks: Understanding the toxicity and human health risks of chemicals in our environment. *Great Britain: Cambridge University Press*, p. 256.
- Rosa JA da, Rocha CS, Gardim S, Pinto MC, Mendonça VJ, Filho JCRF, Carvalho EOC, Camargo LMA, Oliveira J, Nascimento JD, Cilense M, Almeida CE 2012. Description of *Rhodnius montenegrensis* sp. n. (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) from the state of Rondônia, Brasil. *Zootaxa* 3478: 62-76.
- Rothman KJ, Greenland S 1998. In *Modern Epidemiology*. 2.ed. Filadélfia: Lippincott Williams & Wilkins:343-357.
- Rothman KJ, Greenland S, Lash TL 2008. *Modern Epidemiology* 3ª Ed. Filadélfia: Lippincott Williams & Wilkins. 888p.
- Sandoval-Ruiz CA, Zumaquero-Rios JL, Rojas-Soto OR 2008. Predicting geographic and ecological distributions of triatomine species in the southern Mexican state of Puebla using ecological niche modeling. *J Med Entomol* 45: 540-546.
- Sarkar S, Strutz SE, Frank DM, Rivaldi C-L, Sissel B, Sanchez-Cordero V 2010. Chagas disease risk in Texas. *PLoS Negl Trop Dis* 4(10): e836.
- Sarquis O, Guedes OT, Mac Cord R, Cabello PH, Borges-Pereira J, Lima MM 2006. Aspects of peridomestic ecotopes in rural areas of Northeastern Brazil associated to triatomine (Hemiptera, Reduviidae) infestation, vectors of Chagas disease. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 101 (2): 143-147.
- Schofield CJ, Galvão C 2009. Classification, evolution, and species groups within the Triatominae. *Acta Trop* 110: 88-100.
- Schofield CG, Dias JCP 1998. The Southern Cone initiative against Chagas disease. *Advan Parasitol* 42: 1-27.
- Schofield CJ, Jannin J, Salvatella R 2006. The future of Chagas disease control. *Trends Parasitol*, 22(Suppl 12): 583-588.

- Silva EOR, Rodrigues VLCC, Silva RA, Wanderley DMV 2011. Control program of Chagas disease in São Paulo, Brazil: the control and surveillance of vector transmission. *Rev Soc Bras Med Trop* 44 (Suppl 2): 74-84.
- Silva MBA, Barreto AVMS, Silva HA, Galvão C, Rocha D, Jurberg J, Gurgel-Gonçalves R 2012. Synanthropic triatomines (Hemiptera, Reduviidae) in the state of Pernambuco, Brazil: geographical distribution and natural *Trypanosoma infection* rates between 2006 and 2007. *Rev Soc Bras Med Trop* 45: 60-65.
- Silva-Nunes M 2008. Fatores de risco, distribuição espacial e perspectiva de controle da malária: estudo longitudinal em uma comunidade rural da Amazônia (Granada, Acre). [tese (Doutorado em Parasitologia)]. São Paulo: Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo.
- Silveira AC 1983. Epidemiologia e controle da doença de Chagas. *Rev Saúde Pública*. 1: 212-218.
- Silveira AC 1994. Transcendência da doença de Chagas e prioridade conferida ao controle. *Rev Soc Bras Med Trop* 27: 100-101.
- Silveira AC 2000. Profilaxia Doença de Chagas. In Brener Z, Andrade Z, Barral-Netto M. (Eds). *Trypanosoma cruzi* e Doença de Chagas. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara. p. 75-87.
- Silveira AC 2000a. Situação do controle da transmissão vetorial da doença de Chagas nas Américas. *Cad Saúde Pública* 16 Suppl 2: 35-42.
- Silveira AC 2000b. Profilaxia Doença de Chagas. In: Brener Z, Andrade Z, Barral-Netto M, editores. *Trypanozoma cruzi* e Doença de Chagas. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan p.75-87.
- Silveira AC 2004. Enfoque de riesgo em actividades de control de triatomíneos. *Rev Patol Trop* 33(Suppl 2): 193-206.
- Silveira AC 2011. Os novos desafios e perspectivas futuras do controle. *Rev Soc Bras Med Trop* 44:122-124.
- Silveira AC, Rezende DF 1994. Epidemiologia e controle da transmissão vetorial da doença de Chagas no Brasil. *Rev Soc Bras Med Trop* 27: 11-22.

- Silveira AC, Vinhaes M 1998. Doença de Chagas: aspectos epidemiológicos e de controle. *Rev Soc Bras Med Trop* 31 Supl 2:50-60.
- Silveira AC, Vinhaes MC 1999. Elimination of vector-borne transmission of Chagas disease. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 94(suppl.1):405-411.
- Silveira AC, Dias JCP 2011. O controle da transmissão vetorial. *Rev Soc Bras Med Trop* 44: 52-63.
- Silveira AC, Feitosa VR, Borges R 1984. Distribuição de triatomíneos capturados no ambiente domiciliar, no período de 1975/83, Brasil. *Rev Bras Malariologia e Doenças Trop* 39: 15-312.
- Siqueira MF, Durigan G, De Marco P, Peterson AT 2009. Something from nothing: Using landscape similarity and ecological niche modeling to find rare plant species. *J Nat Conser* 17(1): 25-32.
- Soares, SR 2003. Análise multicritério com instrumento de gestão ambiental. Dissertação (Mestrado). UFSC, Florianópolis, SC, Brasil.
- Soberon J, Peterson AT 2005. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics* 2:1-10.
- Souza LC, Frota FCC, Souza JA, Lima JWO 1999. Descrição de um foco urbano de *Triatoma pseudomaculata* (Hemiptera: Reduviidae), na cidade de Sobral, norte do Ceará. Resultados preliminares. *Rev Soc Bras Med Trop* 32: 84-85.
- Spink MJP 2001. Tópicos do discurso sobre risco: risco-aventura como metáfora na modernidade tardia. *Cad Saúde Pública* Rio de Janeiro 17 (6): 1277-1311.
- Teixeira AR, Monteiro PS, Rebêlo JM, Argañariz ER, Vieira D, Lauria-Pires L, Nascimento RJ, Vexenat CA, Silva AR, Ault, SK, Costa JM 2001. Emerging Chagas Disease: trophic network and cycle of transmission of *Trypanosoma cruzi* from palm trees in the Amazon. *Emerg Infect Dis.* 7(1):100-112.
- Teixeira AR, Gomes C, Lozzi SP, Hecht MM, Rosa Ade C, Monteiro OS, Bussacos AC, Nitz N, McManus C 2009. Environment, interactions between

- Trypanosoma cruzi* and its host, and health. *Cad Saúde Pública* 25 (Suppl 1): 32-44.
- Teixeira AR, Hecht MM, Guimaro MC, Sousa AO, Nitz N 2011. Pathogenesis of chagas' disease: parasite persistence and autoimmunity. *Clin Microbiol Rev.* 24(3):592-630.
- Valente VC 1999. Potential for domestication of *Panstrongylus geniculatus* (Latreille, 1811) (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae) in the municipality of Muaná, Marajó Island, state of Pará, Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 94 (suppl.1): 399-400.
- Valente VC, Valente AS, Noireau F, Carrasco HJ, Miles MA 1998. Chagas disease in the Amazon Basin: association of *Panstrongylus geniculatus* (Hemiptera: Reduviidae) with domestic pigs. *J Med Entomol.* 35 (2): 99-103.
- Valente SADS, Valente VC, Pinto AYN, Barbosa CMJ, dos Santos MP, Miranda CO, Cuervo P, Fernandes O 2009. Analysis of an acute Chagas disease outbreak in the Brazilian Amazon: human cases, triatomines, reservoir mammals and parasites. *Trans R Soc of Trop Med Hyg.* 103 (3): 291-297.
- Villela MM, Souza JMB, Melo VP, Dias JCP 2009. Avaliação do Programa de Controle da Doença de Chagas em relação à presença de *Panstrongylus megistus* na região centro-oeste do Estado de Minas Gerais, Brasil. *Cad Saúde Pública* 25 (Suppl 4): 907-917.
- Vinhaes MC, Dias JCP 2000. Doença de Chagas no Brasil. *Cad Saúde Pública* Rio de Janeiro 16: 7-12.
- WHO 1991. Control of Chagas Disease. Geneva: *Tech Rep Series*. 811 p.
- WHO 2002 Control of Chagas Disease. Second report of the WHO Expert Committee. WHO. *Tech Rep Series* 905, Geneva, 109p.

9. ANEXOS

9.1. Ficha de Investigação Epidemiológica (FIE) de doença de Chagas do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN).

República Federativa do Brasil
Ministério da Saúde

SINAN
SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE AGRAVOS DE NOTIFICAÇÃO

Nº

FICHA DE INVESTIGAÇÃO DOENÇA DE CHAGAS AGUDA

CASO SUSPEITO:
- Febre prolongada (>7 dias) e quadro clínico sugestivo de DCA, na presença de dados epidemiológicos compatíveis, como: residente ou visitante de área com ocorrência de triatomíneos; ou antecedente recente de transfusão sanguínea ou transplante de órgão; ou ingestão de alimento suspeito de contaminação pelo T.cruzi; ou recém nascido de mãe infectada.

CASO CONFIRMADO:
a- Critério laboratorial: paciente com exame parasitológico direto positivo com ou sem sintomas OU sorologia positiva com anticorpos anti T. cruzi classe IgM no sangue periférico OU sorologia positiva com anticorpos da classe IgG, com alteração na concentração de pelo menos três títulos em um intervalo mínimo de 21 dias em amostras pareadas OU achados necroscópicos positivos.
b- Critério clínico-epidemiológico: vínculo epidemiológico com casos confirmados de DCA em surtos da doença.

Dados Gerais	1 Tipo de Notificação 2 - Individual		2 Agravado/doença DOENÇA DE CHAGAS AGUDA		3 Código (CID10) B 57.1		3 Data da Notificação	
	4 UF	5 Município de Notificação			7 Código (IBGE)			
	6 Unidade de Saúde (ou outra fonte notificadora)				7 Código		7 Data dos Primeiros Sintomas	
Notificação Individual	8 Nome do Paciente						9 Data de Nascimento	
	10 (ou) Idade 1 - Hora 2 - Dia 3 - Mês 4 - Ano		11 Sexo M - Masculino F - Feminino 9 - Ignorado		12 Gestante 1-1º Trimestre 2-2º Trimestre 3-3º Trimestre 4- Idade gestacional ignorada 5-Não 6- Não se aplica 9-Ignorado		13 Raça/Cor 1-Branca 2-Preta 3-Amarela 4-Parda 5-Indígena 9- Ignorado	
	14 Escolaridade 0-Analfabeto 1-1ª a 4ª série incompleta do EF (artigo primário ou 1º grau) 2-4ª série completa do EF (artigo primário ou 1º grau) 3-5ª a 8ª série incompleta do EF (artigo ginasio ou 1º grau) 4-Ensino fundamental completo (artigo ginasio ou 2º grau) 5-Ensino médio incompleto (artigo colegial ou 2º grau) 6-Ensino médio completo (artigo colegial ou 2º grau) 7-Educação superior incompleta 8-Educação superior completa 9-Ignorado 10- Não se aplica							
	15 Número do Cartão SUS				16 Nome da mãe			
Dados de Residência	17 UF	18 Município de Residência			19 Código (IBGE)		19 Distrito	
	20 Bairro		21 Logradouro (rua, avenida,...)			21 Código		
	22 Número		23 Complemento (apto., casa, ...)			24 Geo campo 1		
	25 Geo campo 2			26 Ponto de Referência			27 CEP	
	28 (DDD) Telefone			29 Zona 1 - Urbana 2 - Rural 3 - Periurbana 9 - Ignorado		30 País (se residente fora do Brasil)		
	Dados Complementares do Caso							
Antecedentes epidemiológicos	31 Data da Investigação		32 Ocupação					
	33 Deslocamento (viagens para áreas infestadas até 120 dias antes do início dos sintomas)							
	UF				Município			
	34 Presença de Vestígios de Triatomídeos Intra-Domicílio 1 - Sim 2 - Não 3 - Não Realizado 9 - Ignorado							
	35 Data de encontro dos vestígios		36 História de Uso de Sangue ou Hemoderivados nos Últimos 120 Dias 1 - Sim 2 - Não 9 - Ignorado					
37 Existência de Controle Sorológico na Unidade de Hemoterapia 1-Sim 2-Não 3-Não se Aplica 9-Ignorado				38 Manipulação/Contato de Material com T. cruzi 1 - Sim 2 - Não 3 - Não se Aplica 9 - Ignorado				
39 Menor ou igual a 9 meses de idade: Mãe com Infecção Chagásica 1-Sim 2-Não 3-Não se Aplica 9-Ignorado				40 Possibilidade de transmissão por via oral 1-Sim 2-Não 9-Ignorado				

Doença de Chagas Aguda
Sinan NET
SVS
08/10/2009

Dados Clínicos	41 Sinais e Sintomas 1 - Sim 2 - Não 9 - Ignorado			<input type="checkbox"/> Assintomático <input type="checkbox"/> Edema de face/membros <input type="checkbox"/> Sinais de Meningoencefalite <input type="checkbox"/> Poliadenopatia <input type="checkbox"/> Febre Persistente <input type="checkbox"/> Hepatomegalia <input type="checkbox"/> Sinais de ICC <input type="checkbox"/> Taquicardia Persistente/Arritmias <input type="checkbox"/> Astenia <input type="checkbox"/> Esplenomegalia <input type="checkbox"/> Chagoma de Inoculação/sinal de Romãna <input type="checkbox"/> Outros _____		
	Exames Realizados 42 Data da coleta _____ 43 Parasitológico Direto 1 - Positivo 2 - Negativo 3 - Não Realizado <input type="checkbox"/> Exame a Fresco/Gota espessa/Esfregapo <input type="checkbox"/> Outro <input type="checkbox"/> Strout/Microhematócrito/QBC 44 Data da coleta _____ 45 Parasitológico Indireto 1 - Positivo 2 - Negativo 3 - Não Realizado <input type="checkbox"/> Xenodiagnóstico <input type="checkbox"/> Hemocultivo					
Dados do Laboratório	46 Data da coleta S1 _____		48 Resultado da Sorologia para ELISA		49 Resultado da Hemoaglutinação	
	47 Data da coleta S2 _____		IgM IgG 1 - Reagente S1 <input type="checkbox"/> S1 <input type="checkbox"/> 2 - Não-Reagente S2 <input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> 3 - Inconclusivo 4 - Não Realizado		1 - Reagente IgM IgG 2 - Não-Reagente S1 <input type="checkbox"/> S1 <input type="checkbox"/> 3 - Inconclusivo S2 <input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> 4 - Não Realizado	
	50 Resultado da Imunofluorescência Indireta - IFI 1 - Reagente IgM Titulos IgG Titulos 2 - Não-Reagente S1 <input type="checkbox"/> 1 : _____ S1 <input type="checkbox"/> 1 : _____ 3 - Inconclusivo S2 <input type="checkbox"/> 1 : _____ S2 <input type="checkbox"/> 1 : _____ 4 - Não Realizado					
Tratamento	53 Tipo de Tratamento <input type="checkbox"/> Específico <input type="checkbox"/> Sintomático		54 Droga Utilizada no Tratamento Específico		55 Tempo de tratamento (em dias)	
	1 - Sim 2 - Não 9 - Ignorado		1 - Benznidazol 2 - Outro		_____	
Medidas de Controle	56 Medidas Tomadas					
	1 - Sim <input type="checkbox"/> Controle de Triatomídeos <input type="checkbox"/> Implantação de Normas de Biossegurança em Laboratório 2 - Não <input type="checkbox"/> Fiscalização Sanitária em Unidade de Hemoterapia <input type="checkbox"/> Outros _____ 3 - Não se Aplica 9 - Ignorado					
Conclusão	57 Classificação Final <input type="checkbox"/>		58 Critério de Confirmação/Descarte <input type="checkbox"/>		59 Evolução do Caso <input type="checkbox"/>	
	1 - Confirmado 2 - Descartado		1 - Laboratório 2 - Clínico-Epidemiológico 3 - Clínico		1 - Vivo 2 - Óbito por D. Chagas Aguda 3 - Óbito por outras causas 9 - Ignorado	
	60 Data do Óbito _____					
	Modo/Local Provável da Fonte de Infecção 61 Modo Provável da Infecção <input type="checkbox"/> 62 Local Provável da Infecção (no período de 120 dias) <input type="checkbox"/> 1 - Transfusional 2 - Vetorial 3 - Vertical 1 - Unidade de Hemoterapia 2 - Domicílio 4 - Acidental 5 - Oral 6 - Outra 9 - Ignorada 3 - Laboratório 4 - Outro 9 - Ignorado					
	63 O caso é autóctone do município de residência? <input type="checkbox"/> 64 UF 65 País					
66 Município _____		Código (IBGE) _____		67 Distrito _____		
68 Bairro _____		69 Doença Relacionada ao Trabalho <input type="checkbox"/>		70 Data do Encerramento _____		
1 - Sim 2 - Não 3 - Indeterminado		1 - Sim 2 - Não 9 - Ignorado				
Observações						
Investigador	Município/Unidade de Saúde			Cód. da Unid. de Saúde		
	Nome		Função		Assinatura	
Doença de Chagas Aguda		Sinan NET		SVS 08/10/2009		

9.2. Relação de municípios com ocorrência de casos de DCA por transmissão vetorial notificados pelo Ministério da Saúde (2007 – 2011) e pelo Inquerito Nacional (2001 – 2008).

NÚMERO	ESTADO	CÓDIGO IBGE	NOME MUNICÍPIO	
01	RONDÔNIA	1100098	ESPIGÃO D'OESTE	
02	ACRE	1200302	FEIJÓ	
03	AMAZONAS	1300086	ANAMA	
04		1300144	APUÍ	
05		1300409	BARCELOS	
06		1301209	COARÍ	
07		1302207	JURUÁ	
08		1303601	SANTA ISABEL DO RIO NEGRO	
09		1304203	TEFÉ	
10		PARÁ	1500107	ABAETETUBA
11			1500206	ACARA
12	1500602		ALTAMIRA	
13	1501303		BARCARENA	
14	1501402		BELÉM	
15	1504455		MEDICILANDIA	
16	1504703		MOJU	
17	1504901		MUANA	
18	1505700		PONTA DE PEDRAS	
19	1507607		SÃO MIGUEL DO GUAMÁ	
20	MARANHÃO	2105427	ITINGA DO MARANHÃO	
21		2112407	TURIACU	
22		2114007	ZÉ DOCA	
23	PIAUI	2202455	CAPITÃO GERVASIO OLIVEIRA	
24		2203503	ELESBÃO VELOSO	
25		2210003	SÃO JOÃO DO PIAUI	
26	CEARÁ	2304103	CRATEÚS	
27		2311355	QUIXELÔ	
28		2311504	QUIXERÊ	
29		2312908	SOBRAL	
30	RIO GRANDE DO NORTE	2414704	VÁRZEA	
31	PARAÍBA	2505907	EMAS	
32		2507408	JERICÓ	
33	ALAGOAS	2703106	IGACI	
34	MINAS GERAIS	3135100	JANAÚBA	
35	PARANÁ	4101309	ANTÔNIO OLINTO	
36	MATO GROSSO DO SUL	5006606	PONTA PORÁ	
37	GOIÁS	5201702	ARAGARCAS	
38		5205307	CAVALCANTE	
39		5209408	GUARANI DE GOIÁS	
40		5218300	POSSE	
41		5220454	SENADOR CANEDO	
42		5220686	SIMOLÂNDIA	