



## DETECÇÃO DE *CLUSTERS* ESPAÇO-TEMPORAIS DE MALÁRIA NA AMAZÔNIA LEGAL

Valdenir Santana Araujo<sup>1</sup>  
Dirlene Ada Bacani<sup>2</sup>  
Peter Zeilhofer<sup>3</sup>  
Marina Atanaka dos Santos<sup>4</sup>  
Emerson Soares dos Santos<sup>5</sup>

Trabalho oriundo da Pesquisa "Análise espaço-temporal da ocorrência da malária como ferramenta para avaliação da dinâmica e determinação da transmissão da doença", do projeto REDE MALÁRIA MATO GROSSO.

### RESUMO

O objetivo deste trabalho é identificar conglomerados (*clusters*) espaço-temporais de alto e baixo risco de malária na Amazônia Legal entre os anos de 2003 a 2009. Foi utilizada a técnica de varredura espacial SCAN. Comparações entre mapas de Índice Parasitário Anual (IPA), análise puramente espacial e análise espaço-temporal mostraram *clusters* de baixo risco similares e estáveis no sul de Mato Grosso, oeste de Tocantins e norte de Maranhão. *Clusters* mais estáveis de alto risco foram identificados no oeste de Acre e no norte de Rondônia.

Palavras-chave: Malária, Amazônia legal, *clusters*, *Satscan*

### INTRODUÇÃO

A malária é uma doença infecciosa, que no Brasil concentra-se 99% dos casos na região da Amazônia Legal. De acordo com Tauil (2000), no passado recente, a malária predominava em áreas de garimpo e em fase inicial de projetos de colonização. Com o declínio da atividade garimpeira na Amazônia e a redução do número de grandes projetos agropecuários, sua incidência passou a ser mais intensa em áreas de acampamento e assentamentos de trabalhadores rurais e periferia de cidades importantes da região, para onde se desloca o fluxo migratório rural-urbano.

Uma forma de se conhecer o comportamento de uma doença é através do monitoramento de sua localização espacial com a utilização de Sistema de Informação Geográfica (SIG). Técnicas da análise espacial permitem a identificação dos padrões espaciais de doenças, vetores e determinantes sócio-ambientais em espaço e tempo, subsidiando assim a implantação de medidas direcionadas para controle da proliferação de agentes transmissores, vetores e assim a prevenção.

O estudo quantitativo da distribuição das doenças, onde o objetivo de estudo é referenciado geograficamente, é denominado de análise espacial em saúde

<sup>1</sup> Esudante de mestrado em Geografia - UFMT, santana.valdenir@gmail.com

<sup>2</sup> Esudante de mestrado em Geografia - UFMT, lenabacani@hotmail.com

<sup>3</sup> Professor do Programa de Pós-graduação em Geografia - UFMT, zeilhoferpeter@gmail.com

<sup>4</sup> Professora do Programa de Pós-graduação em Saúde Coletiva - UFMT, marina.atanaka@gmail.com

<sup>5</sup> Estudante de doutorado em Geografia Física - FFLCH-USP, emer.santos@uol.com.br



(MEDRONHO & PEREZ, 2006). Mapas resultantes destas análises podem ser utilizados para a descrição da distribuição geográfica da doença e para a identificação de áreas de alto ou baixo risco.

A análise de detecção de conglomerados (*clusters*) é um primeiro passo para o entendimento dos padrões espaciais e/ou temporais de uma doença. Uma vez detectado o conglomerado de casos, pode dar-se início a estudos progressivos na tentativa de encontrar o meio causador destes casos.

O *software* Satscan (KULLDORFF 1997, 2009) aplicado neste estudo permite a análise geográfica de doenças para detecção de clusters espaciais e espaço-temporais e sua significância estatística. Fazendo uma avaliação espacial de casos de malária para o estado do Amazonas no período de dez anos, Júnior *et. al.* (2010) utilizou Satscan para identificação dos diferentes níveis de risco de se contrair a doença por município. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é estender a abrangência de análise, identificando os padrões espaço-temporais da distribuição da malária na Amazônia Legal do Brasil de 2003 a 2009, através da Estatística de Varredura (KULLDORFF 1997).

## METODOLOGIA

### Área de estudo

O trabalho foi desenvolvido com dados referentes aos números e infecção de malária na Amazônia Legal brasileira, formada por nove estados compostos por um total de 807 municípios e um total estimado de 23.763.643 habitantes para o ano de 2009. No Sistema de Informação de Vigilância Epidemiológica (SIVEP-Malária) foram registrados 3.713.690 de casos no período de 2003 até 2009, com um Índice Parasitário Anual (IPA) médio anual de 22,32 casos entre 2007 e 2009, tendo índices mais altos principalmente nos estados de Amazonas e no extremo oeste de Acre (Figura 1).

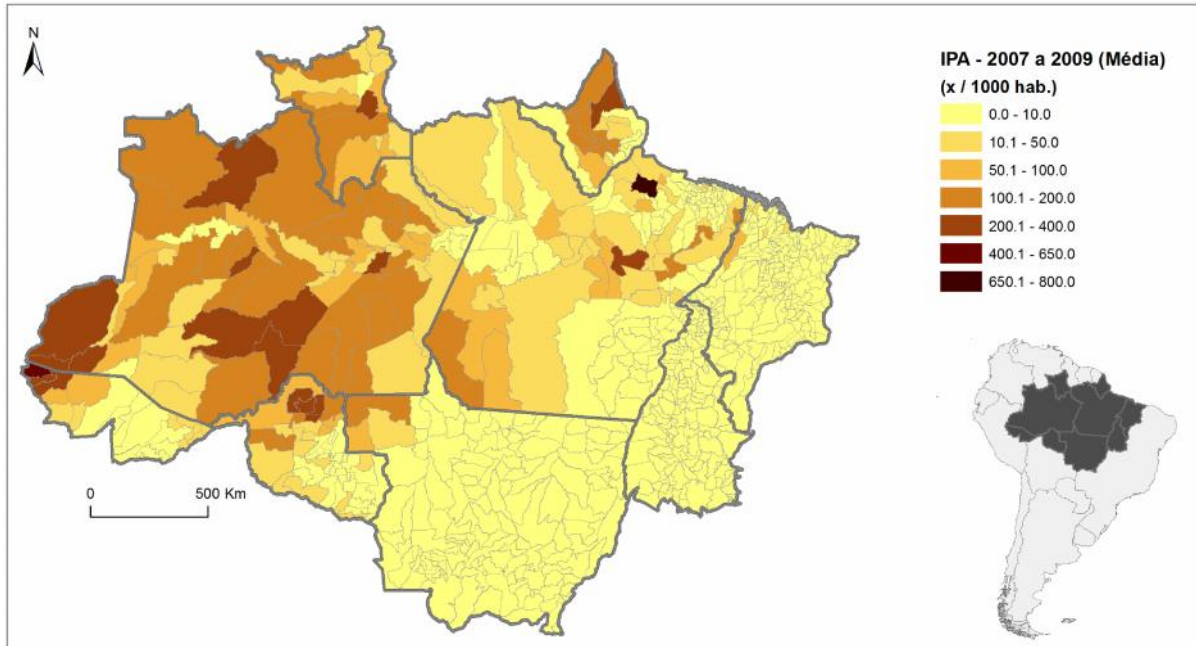


Figura 1: Média do IPA de malária nos municípios da Amazônia Legal Brasileira, período 2007 a 2009.

### Organização de Dados

Utilizou-se registros de casos de malária na Amazônia Legal, entre 2003 e 2009, obtidos da base de dados informatizada do SIVEP-Malária disponibilizada pelo Ministério da Saúde (<http://dw.saude.gov.br>). O dado utilizado foi o resumo epidemiológico por local provável de infecção.

Foi realizada compilação e sistematização dos dados em forma de planilha no Microsoft Office Excel 2007, posteriormente exportados para ArcGIS 9.3 (ESRI) para visualização espacial. Para utilização do software Satscan, os dados foram organizados em três arquivos txt, um arquivo contendo o código da cidade e coordenadas da sede dos municípios, um segundo com o código dos municípios, ano referente e número de população por município e um terceiro com o número de casos por ano e município.

### Análise Espacial

O Satscan é um software para detecção de conglomerados espaciais e espaço-temporais, baseado na razão de verossimilhança, e implementa o ajuste de modelos Binomial e Poisson usando o método de varredura circular (KULLDORFF 1997, 2009). Foram analisados dados no espaço, tempo e interação espaço-tempo usando a estatística de varredura multidimensional, fazendo sempre 999 simulações



para a avaliação de significância estatística de cada conglomerado. Neste trabalho, utilizou-se o modelo de distribuição de Poisson, que é o modelo indicado para dados em forma de contagem de eventos (KULLDORFF, 2009).

Inicialmente foi realizada análise puramente espacial para cada ano. Os parâmetros para esta análise estão expostos na Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros de entrada no Satscan para análise puramente espacial.

Parâmetro	Valor utilizado
Tamanho máximo da população em cada <i>cluster</i>	90 % da população em risco
Modelo de Probabilidade	Poisson
Forma de Janela	Elipse
Tamanho máximo de <i>cluster</i>	100 km de raio no eixo menor

Para análise de varredura espaço-temporal, os parâmetros de entrada estão expostos na Tabela 2.

Tabela 2: Parâmetros de entrada no Satscan para análise espaço-temporal.

Parâmetro	Valor utilizado
Tamanho máximo da população em cada <i>cluster</i>	90 % da população em risco
Modelo de Probabilidade	Poisson
Forma de Janela	Elipse
Tamanho máximo de <i>cluster</i>	100 km de raio no eixo menor
Período de análise	2003 a 2009
Tipo de análise	Retrospectiva

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados das análises de cluster de IPA foram separados em alto risco (Tabela 3) e baixo risco (Tabela 4) de infecção. A cada ano foram selecionados os três *clusters* de maior significância estatística, onde foram separados como *clusters* de nível de infecção primário, secundário e terciário. As tabelas 3 e 4 trazem também o risco esperado e o risco relativo das determinadas áreas, e a razão de verossimilhança que é a probabilidade do resultado de indivíduos com malária e a probabilidade do mesmo resultado em indivíduos sem a doença.



Tabela 3: Análise puramente espacial do IPA no Satscan, para clusters com altas taxas utilizando o modelo discreto de Poisson.

Ano	Cluster	População	Nr. de casos	Expectativa de casos	Casos anuais/100.000	Observado /esperado	Risco relativo	Razão de Verossimilhança	Teste estatístico	P
2003	Primário	564.346	79.584	11.659	14.125,4	6,83	8,04	90339,25	88514,02	0,00
	Secundário	1.748.957	114.465	36.685	6.457,2	3,12	3,82	60070,99	58857,31	0,00
	Terciário	83.915	22.828	1.682	28.076,2	13,57	14,22	38875,24	38089,80	0,00
2004	Primário	625.606	113.959	1.5049,	18.189,5	7,57	9,30	141633,90	113307,12	0,00
	Secundário	174.967	44.955	4.128	26.159,0	10,89	11,78	68095,23	66719,43	0,00
	Terciário	110.415	24.235	2.617	22.242,0	9,26	9,64	32755,93	32755,93	0,00
2005	Primário	118.947	68.271	3.724	57.941,6	18,33	20,08	136910,25	136910,25	0,00
	Secundário	647.222	130.274	20.415	20.172,7	6,38	7,52	140361,31	121556,46	0,00
	Terciário	236.503	66.302	7.342	28.544,8	9,03	9,81	89357,89	77386,20	0,00
2006	Primário	122.054	108.449	3.451	89.252,0	31,42	37,17	277456,85	277456,85	0,00
	Secundário	466.081	100.026	13.226	21.478,5	7,56	8,69	121457,32	114511,06	0,00
	Terciário	307.875	57.119	8.639	18.778,1	6,61	7,12	61194,28	48955,43	0,00
2007	Primário	129.891	52.355	2.921	40.016,6	17,92	19,71	103977,65	103977,65	0,00
	Secundário	727.860	112.975	16.245	15.528,6	6,95	8,50	131772,52	98217,43	0,00
	Terciário	301.315	46.084	6.735	15.278,1	6,84	7,38	50743,92	37822,29	0,00
2008	Primário	144.895	32.897	2.226	22.275,9	14,78	16,12	59240,08	58043,19	0,00
	Secundário	747.371	71.755	11.299	9.574,3	6,35	7,64	77613,49	57849,68	0,00
	Terciário	258.964	40.121	3.964	15.259,6	10,12	11,24	58563,47	43650,64	0,00
2009	Primário	27.385	34.022	408	121.953,5	83,38	91,94	118493,74	118493,74	0,00
	Secundário	147.325	33.798	2.199	22.471,9	15,36	16,85	62170,20	60914,11	0,00
	Terciário	478.111	40.544	6.972	8.505,7	5,82	6,42	39447,03	37191,02	0,00



Tabela 4: Análise puramente espacial do IPA no Satscan, para clusters com baixas taxas utilizando o modelo discreto de Poisson.

Ano	Cluster	População	Nr. de casos	Expectativa de casos	Casos anuais/100.000	Observado /esperado	Risco relativo	Razão de Verossimilhança	Teste estatístico	p
2003	Primário	5.287.563	12.862	111.104	239,6	0,12	0,090	83153,01	66522,41	0,00
	Secundário	1.563.284	36	32.673	2,3	0,001	0,001	33604,07	26883,25	0,00
	Terciário	1.761.704	1.186	36.421	67,4	0,03	0,03	32596,05	24295,66	0,00
2004	Primário	577.887	1.178	13.794	205,1	0,08	0,08	9865,96	9301,71	0,00
	Secundário	1.580.517	90	38.508	5,6	0,002	0,002	39290,39	31432,31	0,00
	Terciário	1.699.804	725	41.018	42,5	0,01	0,01	38932,42	29018,51	0,00
2005	Primário	6.171.968	13.813	197.248	221,4	0,07	0,05	174445,10	130023,70	0,00
	Secundário	1.635.968	124	52.041	7,5	0,002	0,002	53064,41	42451,53	0,00
	Terciário	1.756.622	583	55.5785	33,2	0,01	0,009	54474,45	40602,86	0,00
2006	Primário	5.790.946	13.245	166.048	226,5	0,08	0,06	139952,86	111962,29	0,00
	Secundário	1.664.270	75	47.342	4,5	0,001	0,001	48499,03	38799,22	0,00
	Terciário	1.797.824	360	51.049	20,0	0,007	0,006	50887,23	37929,10	0,00
2007	Primário	521.203	592	11.654	113,4	0,05	0,05	9411,72	8150,79	0,00
	Secundário	1.996.039	549	44.591	27,5	0,01	0,01	43504,75	32426,52	0,00
	Terciário	1.701.039	66	37.685	3,9	0,001	0,001	38556,81	30845,45	0,00
2008	Primário	5.724.128	6.694	86.794	116,3	0,07	0,06	73381,64	58705,31	0,00
	Secundário	1.676.011	45	25.019	2,7	0,001	0,001	25576,00	20460,80	0,00
	Terciário	1.718.590	224	25.922	13,0	0,008	0,008	25574,00	19061,73	0,00
2009	Primário	6.016.070	10.493	88.136	174,1	0,12	0,09	65424,96	52339,97	0,00
	Secundário	1.688.290	29	24.329	1,7	0,001	0,001	24961,08	24961,08	0,00
	Terciário	1.731.260	89	25.257	5,2	0,003	0,003	25584,89	19069,85	0,00

Analisando-se as informações contidas na tabela 3, no ano de 2003, o *cluster* primário foi registrado em uma área com alto IPA, possuindo uma população de 564.346 habitantes e 79.584 casos de malária, e a expectativa de casos foi de 11.659,8; já o *cluster* secundário no mesmo período foi em uma área com uma população de 1.748.957 habitantes e um total de 114.5 casos de infecção de malária com uma expectativa de 36.685,3 casos. Neste caso, os valores do *cluster* secundário são superiores ao do *cluster* primário, porém a classificação do Satscan leva em consideração o valor da razão de verossimilhança. Para cálculo Risco Relativo, é levado em consideração o número de casos encontrados e o número de casos observados, além da população local. É calculado o valor anual de casos para cada 100 mil habitantes, sendo que no *cluster* primário é de 14.125,4 e 6.457,2 do *cluster* secundário. As áreas de alto e baixo risco para cada ano do período estudado podem ser visualizadas na Figura 2.



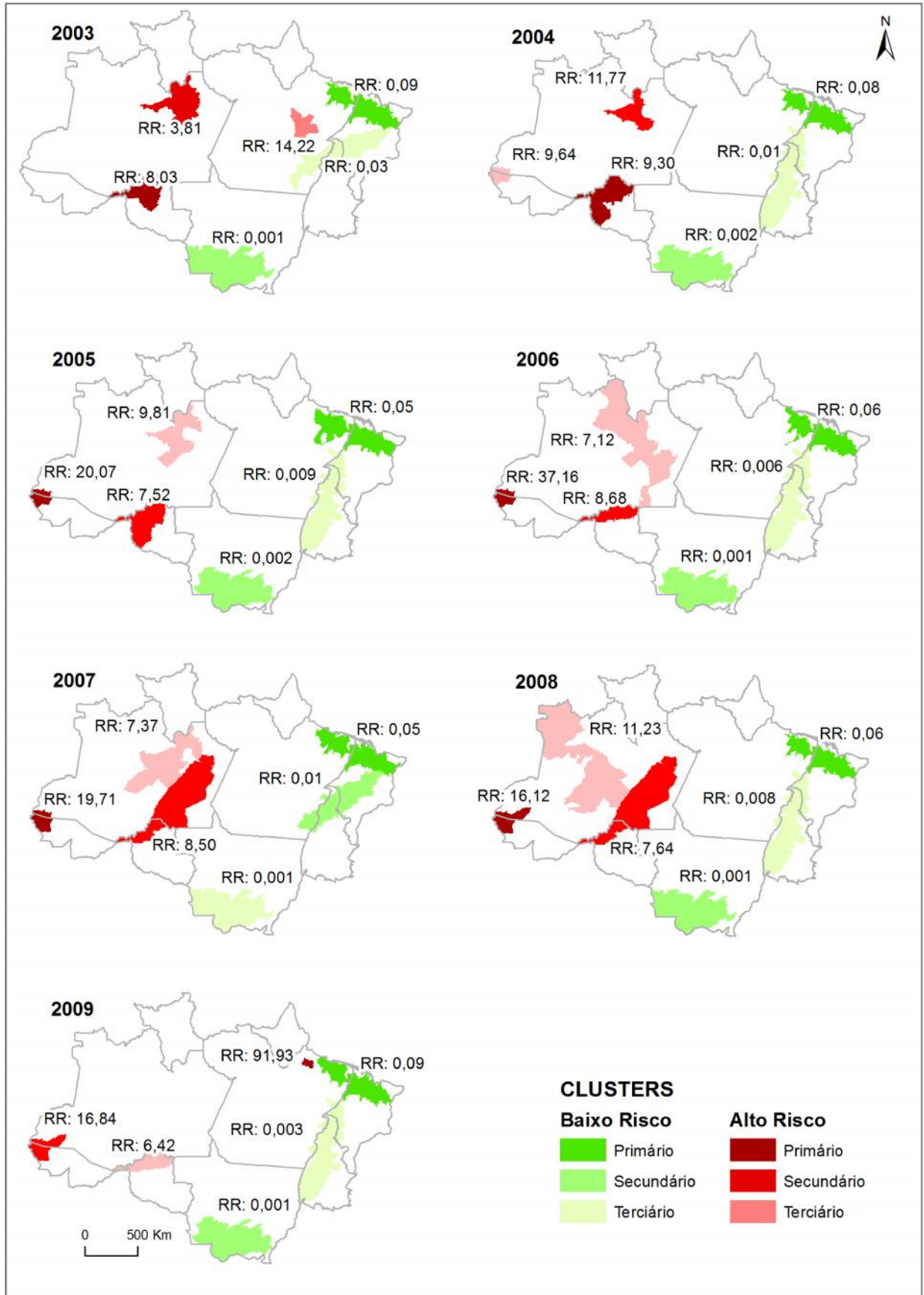


Figura 2: Clusters de alto e baixo risco de infecção de Malária na Amazônia Legal no período de 2003 a 2009.

Foram identificados *clusters* com significância estatística, de alto e baixo risco, para cada ano estudado. Através da análise puramente espacial percebem-se três áreas de persistência de *clusters*; o Noroeste do Acre, Leste do Amazonas e Noroeste de Rondônia. Posteriormente, buscou-se perceber se esses *clusters* persistiram no espaço e também no tempo, conforme tabelas 5 e 6 e figura 3.

Tabela 5: *Clusters* de Alto Risco identificados em análise espaço-temporal.

Cluster	Período	População	Nr. de casos	Expectativa de casos	Casos anuais/100.000	Observado /esperado	Risco relativo	Razão de Verossimilhança	Teste estatístico	p
Primário	2004 a 2009	117.605	307.072	15.917,44	43.063,6	19,29	20,94	629452,05	629452,05	0,00
Secundário	2003 a 2008	636.576	556.144	84.804,17	14.639,1	6,56	7,54	606619,29	571926,15	0,00
Terciário	2003 a 2008	314.560	323.572	40.988,32	17.622,0	7,89	7,89	397120,88	295996,43	0,00

Tabela 6: *Clusters* de Baixo Risco identificados em análise espaço-temporal.

Cluster	Período	População	Nr. de casos	Expectativa de casos	Casos anuais/100.000	Observado /esperado	Risco relativo	Razão de Verossimilhança	Teste estatístico	p
Primário	2004 a 2009	5.598.422	64.060	764.068,91	187,2	0,084	0,06	618390,97	494712,78	0,00
Secundário	2004 a 2009	1.641.136	413	221.844,09	4,2	0,001	0,001	225711,86	180569,49	0,00
Terciário	2004 a 2009	1.812.213	4.250	243.914,30	38,9	0,01	0,01	230545,02	171838,11	0,00

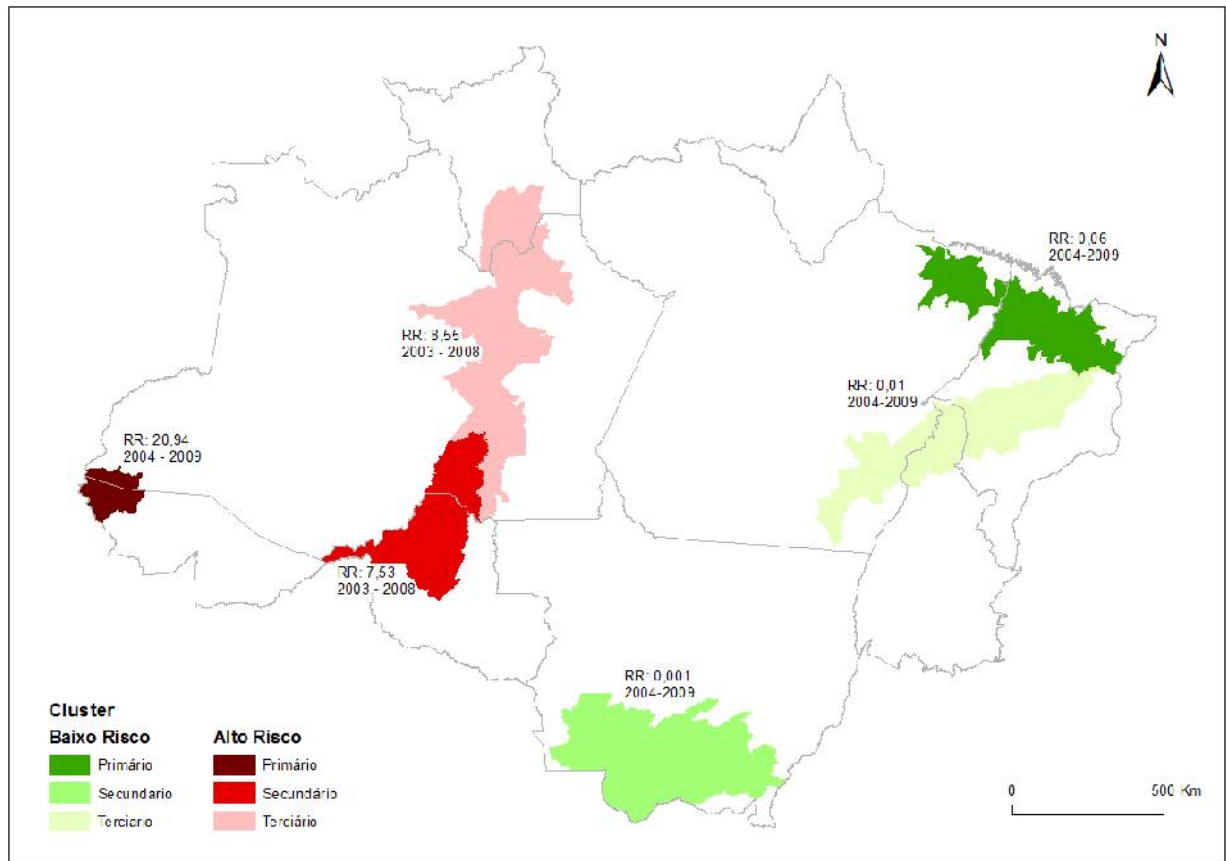


Figura 3: *Clusters* espaço-temporais de Infecção de Malária na Amazônia Legal.





Assim como na figura 3, que apresenta os *clusters* no espaço para cada ano separado, os *clusters* de baixo risco se mantiveram no mapa espaço-temporal de ocorrência da doença na figura 4. Porém uma diferença foi detectada nos *clusters* de alto risco. No *cluster* terciário aparece uma área no sul do estado de Roraima, área que não apresentou significância nos sete anos de análise puramente espacial (figura 2). Foi identificada uma área de risco permanente no período de 2003-2008 (análise espaço-temporal). Porém, em análise puramente espacial, esta mesma área não consta como um dos primeiros três *clusters*. Destaca-se, portanto, a importância da análise espaço-temporal, como meio de detectar cluster de longo termo, porém com contraste de risco não expressivo suficiente para ser detectado em análises puramente espaciais como um dos principais *clusters*.

#### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ocorrência da malária não se restringe aos limites definidos político-administrativamente; desta forma é necessária a utilização de técnicas de Análise Espacial que levam em consideração a sua distribuição ao longo do tempo. A Estatística de Varredura *SCAN* se mostrou eficiente na identificação e quantificação de agrupamentos dos casos de malária no espaço-tempo.

A análise espaço-temporal, como a análise puramente espacial detectou *clusters* de baixo risco com localização similar. Nos *clusters* de alto-risco, entretanto, ocorreram diferenças pontuais, como o aparecimento de conglomerados no Sul de Roraima e na parte central de Rondônia. Percebeu-se que os conglomerados continuaram nos mesmos Estados, Acre, Rondônia e Amazonas.

Através da análise da figura 1, que mostra o Índice Parasitário Anual, percebeu-se a necessidade de outras análises como a detecção de conglomerados espaciais e espaço-temporais. Os mesmos auxiliaram no entendimento não só da instalação, mas também da sua permanência em determinadas áreas na Amazônia Legal. Entende-se que as diferentes análises efetuadas podem contribuir para um melhor entendimento da dinâmica da doença, para nortear políticas públicas de saúde.



## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

JÚNIOR, Geraldo Lopes de Souza; GUEDES, Wanessa Chaves; MESQUITA, Daniela dos Santos. **A malária no Amazonas na primeira década do século XXI, uma análise puramente espacial.** Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica. UNICAMP – 2010. Disponível em: <<http://www.ime.unicamp.br/sinape/sites/default/files/>> acesso em 11 de Abril de 2011.

KULLDORFF, Martin. 1997. **A spatial scan statistic.** Communications in Statistics: Theory and Methods, 26:1481-1496

KULLDORFF, Martin. 2009, **SatScan™ user Guide for version 9.0**, Disponível em <<http://www.satscan.org>> Acessado em 01 de junho de 2011.

MEDRONHO, Roberto de Andrade; PEREZ, Maurício de Andrade. **Distribuição das Doenças no Espaço e no Tempo.** In: MEDRONHO, Roberto de Andrade (Org), Epidemiologia. Editora Atheneu. São Paulo, 2006.

TAUIL, Pedro Luiz. **Problemas do Controle da Malária no Brasil.** In: 7ª Reunião Nacional de Pesquisa em Malária. Realizado em Comemoração do Centenário do Instituto Oswaldo Cruz, 26-29 de novembro de 2000. Rio Othow Palace Hotel, Rio de Janeiro – RJ.