

**UMA CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DA MALÁRIA NO ESTADO DE
RORAIMA E SUA ASSOCIAÇÃO COM A PRECIPITAÇÃO
PLUVIOMÉTRICA NO PERÍODO DE 1985 A 1996.**

ROBERTA COSTA DIAS

Tese apresentada à Escola Nacional de
Saúde Pública, Fundação Oswaldo
Cruz, para obtenção do título de Doutor
em Saúde Pública, Área de
Concentração: Epidemiologia.

RIO DE JANEIRO – BRASIL

Agosto - 2003

**UMA CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DA MALÁRIA NO ESTADO DE
RORAIMA E SUA ASSOCIAÇÃO COM A PRECIPITAÇÃO
PLUVIOMÉTRICA NO PERÍODO DE 1985 A 1996.**

ROBERTA COSTA DIAS

Médico Veterinário

Orientador: Prof. Dr. **ULISSES EUGENIO CAVALCANTI CONFALONIERI**

Organização Financiadora: IAI

Tese apresentada à Escola Nacional de
Saúde Pública, Fundação Oswaldo
Cruz, para obtenção do título de Doutor
em Saúde Pública, Área de
Concentração: Epidemiologia.

RIO DE JANEIRO – BRASIL

Agosto – 2003

DEDICATÓRIA

- Dedico esta tese à minha filha, Iara, fonte inesgotável de alegrias e força para que eu pudesse seguir adiante em mais uma fase de superação acadêmica.
- A Kike, *in memoriam*, pai de Iara, pai amoroso e amigo fiel.
- A minha família (pai - *in memoriam* - mãe e irmãos) representados na pessoa do meu irmão, Robson, por darem seu apoio incondicional.
- A Miguel Francisco da Costa Neto, D. Neuza e família pelo ajuda, principalmente com Iara, e pelo privilégio de tê-los como amigos há mais de 25 anos.
- Diana Marinho e Cristina Moreira, companheiras de todas as etapas desse doutorado, por sua amizade desinteressada, apoio moral e técnico.
- Ana Elisa Del'Arco, quem revelou-se uma verdadeira irmã, exemplo a ser seguido.
- Por último e não menos importante, citarei seres humanos na melhor acepção da palavra, pessoas que me ajudaram a não perder a esperança, e, a continuar acreditando na humanidade. Indivíduos que, em alguns casos, sem me conhecer, encontraram tempo para brindar-me seus conhecimentos, todos, sem exceção, profissionais competentes e acima de tudo, o desprendimento em ajudar sem pedir absolutamente nada em troca, seres humanos admiráveis.

Um Muito Obrigado é pouco, essa tese só foi possível graças a vocês:

- Prof. Ubiratan Santos e sua equipe de estagiários, representados na pessoa de Luiz Heitor Drehmer, da UFRJ, pelo apoio e execução do georeferenciamento.
- Profa. Margareth Meirelles e sua equipe de alunos, Iván Ortiz e Oswaldo Fonseca, da UERJ, pelas orientações em análise espacial.
- Prof. José Luís Pires, da CEPLAC, pelo apoio estatístico.
- Profa. Luccieta da EMBRAPA- Jd. Botânico-RJ, pelo apoio em meteorologia
- Professores Maurício Moreau e Neilor Rêgo, da UESC, pelo apoio na utilização de SIG.

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. Ulisses Confalonieri por ter acreditado na minha capacidade e facilitado a minha vinda para o Brasil.
- Ao Interamerican Institute for Global Change Research (IAI), fonte financiadora do projeto e da minha bolsa de estudos nos primeiros dois anos do doutorado.
- À Universidade Estadual de Santa Cruz, na pessoa do Prof. Dr. José Olímpio de Souza Jr., representante do Departamento de Ciência Agrárias e Ambientais, que além de ser um profissional competente, revelou-se um amigo preocupado com a superação profissional de seus colegas de trabalho.
- A Sônia Neres, Paulo Hellmeister, Gilton Argôlo, mais que companheiros de trabalho, verdadeiros amigos, por seu apoio moral durante todo o percurso.
- Aos professores Maria Emilia Bavia e Christovam Barcellos, pela disposição em ajudar e sempre ter uma palavra de ânimo.
- A Jamille Campos, Geógenes Silva, Vinícius Ribeiro e Fabrícia Vieira, alunos da graduação da Medicina Veterinária da UESC, por estarem sempre dispostos a ajudar.
- Aos companheiros do Colegiado de Medicina Veterinária e do Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais, por sua compreensão durante os momentos de ausência dos afazeres administrativos.
- A todos os que facilitaram a execução desse projeto de vida.

FICHA CATALOGRÁFICA

Costa-Dias, Roberta

Uma contribuição ao estudo da malária no Estado de Roraima e sua associação com a precipitação pluviométrica no período de 1985 a 1996. / Roberta Costa Dias. Rio de Janeiro: s.n., 2003.

136p., tab

Orientador: Ulisses Eugenio Cavalcanti Confalonieri
Tese de doutorado apresentada à Escola Nacional de Saúde Pública.

1. Malária 2. Roraima 3. Clima

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE GRÁFICOS.....	iii
LISTA DE TABELAS.....	v
LISTA DE MAPAS.....	vi
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUÇÃO.....	1
II. HIPÓTESE.....	3
III. OBJETIVOS.....	4
IV. REVISÃO DE LITERATURA.....	5
IV.1 Perfil do Estado de Roraima.....	5
IV.2. Malária.....	12
IV.2.1. Características e Epidemiologia do <i>Plasmodium</i> sp.....	13
IV.2.2. Características e Dinâmica do vetor.....	16
IV.2.3. Aspectos clínicos.....	21
IV.2.4. Diagnóstico.....	21
IV.2.5. Tratamento e Resistência.....	21
IV.2.6. Medidas de Controle.....	22
IV.3. Clima e Malária.....	24
IV.4. Sistemas de Informações Geográficas (SIG).....	27
V. METODOLOGIA.....	30
V.1. Técnicas de Análise Espacial.....	34
VI. RESULTADOS.....	43
VI.1. Malária.....	43
VI.2. Análise Espacial Para Malária.....	54
VI.2.1. Análise Espacial utilizando a <i>Krigagem</i>	55
VI.3. Resultados Sobre Precipitação.....	56
VI.4. Resultados Sobre Malária e Precipitação.....	62
VI.5. Análise Estatística.....	82
VII. DISCUSSÃO.....	89
VIII. CONCLUSÕES.....	96
IX. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98

LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Localização do Estado de Roraima.....	5
2. Evolução da divisão política do Estado de Roraima.....	6
3. Mapa de Vegetação de Roraima	6
4. Mapa de Tipos de Solos de Roraima	9
5. Mapa de Reservas Indígenas em Roraima	10
6. Distribuição da malária no mundo.....	12
7. Distribuição da malária no Brasil.....	13
8. Mosquito do gênero Anopheles.....	14
9. Ciclo de vida do parasita da malária.....	15
10. Ciclo de vida do vetor da malária	17
11. Mapa de distribuição das 45 estações pluviométricas em Roraima	32
12. Mapa de distribuição das 20 estações pluviométricas em Roraima	33
13. Gráfico de espalhamento de Moran.....	40
14. <i>Grid</i> gerado a partir dos dados pontuais das estações pluviométricas	55
15. Distribuição das estações pluviométricas e dos valores de IPA de acordo com o mapa de vegetação.....	68
16. Distribuição das estações pluviométricas e dos valores de IPA de acordo com o mapa de solo.....	69
17. Distribuição da precipitação e das estações pluviométricas no Estado de Roraima, por mês, 1985.....	70
18. Distribuição da precipitação e das estações pluviométricas no Estado de Roraima, por mês, 1986.....	71
19. Distribuição da precipitação e das estações pluviométricas no Estado de Roraima, por mês, 1987.....	72
20. Distribuição da precipitação e das estações pluviométricas no Estado de Roraima, por mês, 1988.....	73
21. Distribuição da precipitação e das estações pluviométricas no Estado de Roraima, por mês, 1989.....	74
22. Distribuição da precipitação e das estações pluviométricas no Estado de Roraima, por mês, 1990.....	75
23. Distribuição da precipitação e das estações pluviométricas no Estado de Roraima, por mês, 1991.....	76

LISTA DE FIGURAS (CONT.)

24. Distribuição da precipitação e das estações pluviométricas no Estado de Roraima, por mês, 1992.....	77
25. Distribuição da precipitação e das estações pluviométricas no Estado de Roraima, por mês, 1993.....	78
26. Distribuição da precipitação e das estações pluviométricas no Estado de Roraima, por mês, 1994.....	79
27. Distribuição da precipitação e das estações pluviométricas no Estado de Roraima, por mês, 1995.....	80
28. Distribuição da precipitação e das estações pluviométricas no Estado de Roraima, por mês, 1996.....	81
29. Distribuição de freqüências da variável IPA.....	82
30. Distribuição de freqüências da variável IPA transformada.....	83

LISTA DE GRÁFICOS

	Página
1. Distribuição do IPA no Município de Alto Alegre, 1985 a 1996.....	43
2. Distribuição do IPA no município de Alto Alegre por estações do ano, 1985 - 1996.....	44
3. Distribuição do IPA no Município de Boa Vista, 1985 a 1996.....	44
4. Distribuição do IPA no município de Boa Vista por estações do ano, 1985 - 1996.....	45
5. Distribuição do IPA no Município de Bonfim, 1985 a 1996.....	46
6. Distribuição do IPA no município de Bonfim por estações do ano, 1985 - 1996.....	46
7. Distribuição do IPA no Município de Caracaraí, 1985 a 1996.....	47
8. Distribuição do IPA no município de Caracaraí por estações do ano, 1985 - 1996.....	47
9. Distribuição do IPA no Município de Mucajaí, 1985 a 1996.....	48
10. Distribuição do IPA no município de Mucajaí por estações do ano, 1985 - 1996.....	49
11. Distribuição do IPA no Município de Normandia, 1985 a 1996.....	49
12. Distribuição do IPA no município de Normandia por estações do ano, 1985 - 1996.....	50
13. Distribuição do IPA no Município de São João da Baliza, 1985 a 1996.....	51
14. Distribuição do IPA no município de São João da Baliza por estações do ano, 1985 - 1996.....	51
15. Distribuição do IPA no Município de São Luiz do Anauá, 1985 a 1996.....	52
16. Distribuição do IPA no município de São Luiz do Anauá por estações do ano, 1985 - 1996.....	52
17. Precipitação Anual Total do Estado de Roraima, 1985-1996.....	56
18. Distribuição da Precipitação no Estado de Roraima por município, 1985-1996.....	57
19. Distribuição da Precipitação Pluviométrica no município de Boa Vista por estações do ano, 1985-1996.....	57
20. Distribuição da Precipitação Pluviométrica no município de Normandia por estações do ano, 1985-1996.....	58

LISTA DE GRÁFICOS (cont.)

	Página
21. Distribuição da Precipitação Pluviométrica no município de Alto Alegre por estações do ano, 1985-1996.....	59
22. Distribuição da Precipitação Pluviométrica no município de Bonfim por estações do ano, 1985-1996.....	59
23. Distribuição da Precipitação Pluviométrica no município de Mucajaí por estações do ano, 1985-1996.....	60
24. Distribuição da Precipitação Pluviométrica no município de Caracaraí por estações do ano, 1985-1996.....	61
25. Distribuição da Precipitação Pluviométrica no município de São João da Baliza por estações do ano, 1985-1996.....	61
26. Distribuição da Precipitação Pluviométrica no município de São Luiz do Anauá por estações do ano, 1985-1996.....	62
27. Distribuição da malária e da precipitação no município de Alto Alegre por estações do ano, 1985-1996.....	63
28. Distribuição da malária e da precipitação no município de Bonfim por estações do ano, 1985-1996.....	63
29. Distribuição da malária e da precipitação no município de Boa Vista por estações do ano, 1985-1996.....	64
30. Distribuição da malária e da precipitação no município de Caracaraí por estações do ano, 1985-1996.....	65
31. Distribuição da malária e da precipitação no município de Mucajaí por estações do ano, 1985-1996.....	66
32. Distribuição da malária e da precipitação no município de Normandia por estações do ano, 1985-1996.....	66
33. Distribuição da malária e da precipitação no município de São João da Baliza por estações do ano, 1985-1996.....	67
34. Distribuição da malária e da precipitação no município de São Luiz do Anauá por estações do ano, 1985-1996.....	68

LISTA DE TABELAS

	Página
1. Resumo das características ecorregionais e dos vetores da malária no Neotrópico.....	19
2. Análise de variância com a variável precipitação categorizada para estações do ano.....	83
3. Operacionalização das variáveis analisadas.....	84
4. Análise de variância com a variável precipitação analisada mês a mês.....	85
5. Análise de variância para a variável precipitação com defasagem de um mês..	85
6. Médias para a variável IPA transformada com 1 e 2 meses de defasagem.....	85
7. Análise de variância para a variável precipitação com defasagem de 2 meses..	86
8. Análise de variância para a variável precipitação com defasagem de 1 mês em presença de tipos de solo.....	87
9. Análise de variância para a variável precipitação com defasagem de 2 meses em presença de tipos de solo.....	87
10. Valores médios de IPA a partir do tipo de solo.....	87
11. Valores médios de IPA a partir do tipo de vegetação.....	88

LISTA DE MAPAS

	Página
1. Resultado do LISA Map ressaltando o município de São Luiz do Anauá durante o outono de 1985.....	54
2. Resultado do LISA Map ressaltando o município de São João da Baliza durante o inverno de 1985.....	55

RESUMO

Introdução: A malária é uma doença parasitária provocada por protozoários do gênero *Plasmodium*. Representa um grave problema mundial de saúde pública. Aproximadamente 300 milhões de pessoas em todo o mundo são infectadas pela doença e entre 1 a 1.5 milhões morrem todos os anos.

Baseado na importância da malária em Roraima, e no fato de que os dados disponíveis sobre a ocorrência de malária, em todo o mundo, são bastante imprecisos em virtude da baixa qualidade dos sistemas de registro de informações em saúde, o objetivo deste trabalho foi analisar uma base de dados secundária para tentar contribuir com o estudo da problemática da transmissão da malária nesse Estado.

Metodologia: Fez-se a análise histórica de uma base de dados de malária e outra de precipitação pluviométrica para o período de 1985 a 1996. Foram calculados os índices parasitários anuais e mensais (IPA e IPM, respectivamente). Utilizou-se os dados das leituras diárias da precipitação de 20 estações pluviométricas.

Foram utilizados vários programas para a realização das análises: *Surfer* para gerar dados interpolados para a variável precipitação, com uso do método *kriging*; *Arcview* para elaboração de mapas; *Spring* para a realização da análise espacial e obtenção do índice de Moran; e, *SAS* para a análise estatística utilizando *PROC GLM* e as médias foram obtidas por *LSMEANS*.

Resultados e conclusões: Em Roraima, a malária se apresenta com valores médios a altos no Estado de Roraima durante todo o período de estudo. A análise dos dados antes e depois da divisão municipal sugere que a malária possui transmissão focal e que os dados sobre essa doença devem ser obtidos, de preferência, por localidade. Dessa forma, os planejamentos de controle não se dispersariam em uma grande área e sim sobre as áreas que realmente tem relevância e assim diminuir a incidência e a prevalência da doença.

A observação de que o uso de uma defasagem de um a dois meses é a ideal para verificar os possíveis períodos de transmissão da malária associados com a precipitação ($p=0,0001$), sugerindo que essa análise provavelmente deva ser feita utilizando-se de períodos de tempo menores como semanas e até mesmo dias para determinar com maior precisão qual é a defasagem real entre a precipitação e a transmissão da doença em Roraima.

Com relação aos dados de precipitação, pode-se afirmar que o uso do interpolador para inferir dados de chuva das estações pluviométricas para todo o município é possível de ser efetuado, visto que os valores originais de cada estação coincidem com a sua localização no mapa interpolado.

De acordo com isso, estudos futuros que visem a elaboração de modelos explicativos para o mecanismo de transmissão da malária em Roraima, devem levar em consideração os outros fatores de risco para a transmissão da doença e não unicamente a precipitação pluviométrica.

Palavras chave: malária, análise espacial, precipitação pluviométrica e malária, Roraima, interpolação.

ABSTRACT

Introduction: Malaria is a parasitic disease caused by protozoa of the genus *Plasmodium* sp. It is an important global public health problem and about 300 million people get infected every year and deaths are estimated to range between 1.0-1.5 millions each year.

This study has been done due to the relative importance of the disease in the state of Roraima, acknowledging that there may be an underreporting of the disease locally as well as on a wider scale. The objective was to analyze secondary data for a better understanding of the local transmission patterns .

Methodology: A historical analysis of both malaria incidence and precipitation was made for the period 1985-1996. The annual and monthly parasite rates (API and MPI, respectively) were calculated; the precipitation data were obtained from 20 weather stations.

The SURFER program was used to generate interpolated data to the precipitation variable, using the *kriging* method. The ARCVIEW was used for the elaboration of maps; the SPRING software was used for the spatial analysis and to obtain the Moran Index. The SAS statistical package was used through the PROC GLM and the medians were obtained with the LSMEANS.

Results and Conclusions: In Roraima malaria was present in median to high levels during the study period. Data analysis before and after the last municipal division suggested a focal transmission of the disease and further analysis must consider the data by locality. In this regard, control efforts would be target to the areas of greater relevance due to high transmission.

The use of the interpolator to make inferences about rainfall for the municipalities as a whole was reliable since the individual values in each weather station were coincident with those interpolated for the same location.

A lag time of 2 months was observed in the study of the correlation between precipitation and the incidence of malaria ($P = 0,0001$). Further studies should consider even shorter periods – weeks or days – for a better definition of the influence of rainfall.

Explanatory models for the transmission of malaria in Roraima should consider risk factors other than rainfall due to the complexity of the problem.

Key Words: malaria; spatial analysis; precipitation; Roraima; interpolation.

I. INTRODUÇÃO

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OPAS/OMS, 2000), a malária é um dos mais sérios e complexos problemas de saúde que a humanidade continua enfrentando no século XXI. Aproximadamente 300 milhões de pessoas em todo o mundo são infectadas pela doença e entre 1 a 1.5 milhões morrem todos os anos.

Atualmente a doença está confinada às áreas tropicais pobres da África, Ásia e América Latina. Nesses lugares os problemas para o controle da malária são agravados com a presença de estruturas de saúde inadequadas e más condições sócio-econômicas, sendo que a situação tem piorado nos últimos anos devido ao aumento da resistência às drogas normalmente usadas no combate ao parasita que provoca a doença. (Stranak, 1999)

No caso específico da Região Amazônica, muitos fatores podem afetar a dinâmica das doenças infecciosas, tais como fatores ambientais (vegetação, clima, topografia, hidrologia); socioeconômicos (migrações, densidade populacional, habitação, renda, etc.); biológicos (imunidade da população humana, ciclo de vida dos insetos vetores e os agentes da doença) e médico-sanitários (efetividade do sistema de saúde). Na Amazônia, há vários focos de doenças endêmicas que têm fortes vínculos com o ambiente, principalmente as que são transmitidas por vetores como a malária, a leishmaniose, a febre amarela e outras infecções por arbovírus. A malária é a doença endêmica mais comum e eram diagnosticados cerca de 600.000 casos todos os anos na Região Amazônica até o ano de 1999 (MS/FUNASA, 2002). Os fatores ambientais mais importantes que podem afetar a transmissão da malária são climáticos e meteorológicos como a temperatura, a precipitação, a umidade relativa, etc.; hidrológicos como o escoamento de superfície, interceptação de precipitação, evapotranspiração, vazão fluvial; e ecológicos (fisionomia vegetal, presença de solos com drenagem deficiente; alterações da cobertura da terra).

O Estado de Roraima (RR), com cerca de 225.000 km² de superfície, apresenta a menor taxa brasileira de densidade demográfica (cerca de 1,5 habitante/km²). Dentro da Região Amazônica, Roraima apresenta o maior número de casos de malária por habitante, apesar de em seu território ocorrerem apenas 5% dos casos brasileiros da doença. Em 2000 foram registrados aproximadamente 110 casos para cada 1000 habitantes. Nesse

período o número de casos de malária aumentou significativamente, passando de 10.000 casos anuais no início da década de 70 para mais de 35.000 casos no final da década 90. (Barata, 1995)

Para a realização do estudo usou-se a tecnologia de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). A introdução desse conjunto de técnicas permite uma melhor análise espacial da distribuição da doença, especialmente no caso de grandes extensões territoriais, e de dificuldades operacionais para fazer inquéritos de campo nas variáveis ambientais associadas com os processos de adoecer na região. Outro aspecto importante está relacionado com o desenvolvimento de sistemas de detecção precoce das doenças, onde dados ambientais críticos para a transmissão da doença são monitorados em tempo real e assim podem fornecer informações nas áreas de risco e mudanças ambientais que favorecem a ocorrência de epidemias.

Baseado na importância da malária em Roraima, e no fato de que os dados disponíveis sobre a ocorrência de malária, em todo o mundo, são bastante imprecisos em virtude da baixa qualidade dos sistemas de registro de informações em saúde (Barata, 1995), o objetivo deste trabalho foi analisar uma base de dados secundária para tentar contribuir com o estudo da problemática da transmissão da malária nesse Estado, visto que muitas vezes técnicas razoavelmente simples como a proposta neste estudo, podem ajudar a delimitar regiões onde a transmissão possa estar ocorrendo e fornecer subsídios para o planejamento do controle de doenças.

II. HIPÓTESE

O comportamento da transmissão da malária está diretamente relacionado com a variação da precipitação pluviométrica mais que com outras variáveis climáticas como temperatura e umidade.

A umidade está diretamente relacionada com a precipitação pluviométrica. A temperatura possui relevância, basicamente, para o desenvolvimento do parasita no interior dos anofelinos, para que a mesma afete a transmissão é necessária uma variação maior do que a observada para o Estado de Roraima (16 a 38°C), sendo que o limite inferior só se apresenta na região serrana no extremo norte do Estado, na fronteira com a Venezuela onde não afeta o quadro endêmico da região.

Com base nessa premissa fez-se uso da informação disponível no Estado (precipitação pluviométrica e casos de malária) para traçar o perfil da transmissão da malária em Roraima, no período de 11 anos, bem como da influência da precipitação pluviométrica durante o mesmo período.

Dados preliminares sobre a variação da malária e da precipitação pluviométrica em Roraima indicam a possível existência de um padrão bimodal no incremento sazonal da malária. Coincidindo com o início da estação chuvosa (abril-maio) há um incremento de casos que perdura até o pico dessa estação, quando então declina. Ao se iniciar a estação seca, a malária aumenta gradativamente e atinge seu ponto de maior incidência no período de outubro a dezembro (auge da estação seca). Esta variação está provavelmente associada a formação/desaparecimento de criadouros temporários dos anofelinos.

III. OBJETIVOS

1. Realizar uma avaliação da malária no Estado de Roraima, considerando-se as variáveis climáticas.
2. Analisar a evolução da malária no tempo com o uso de Sistemas de Informações Geográficas.
3. Correlacionar a incidência mensal da malária com padrões de precipitação para cada estação do ano, medidos por estações terrestres, a fim de avaliar o papel da precipitação na construção de sistemas de detecção precoce para malária na região.

IV. REVISÃO DE LITERATURA

IV.1. Perfil do Estado de Roraima

Como pode ser observado na figura 1, o Estado de Roraima situa-se ao noroeste da região norte do Brasil, possui uma área de 225.116 km² com 90% do Estado localizado no Hemisfério Norte. Representa 2,6% do território brasileiro e 5,9% da Região Amazônica. Limita-se ao norte e noroeste com a Venezuela, ao leste com a Guiana; ao sul e oeste tem divisa com o Estado do Amazonas e ao sudeste com o Estado do Pará.



Figura 1. Localização do Estado de Roraima.

Fonte: <http://www.brasilrepublica.hpg.ig.com.br/roraima.htm>

Na figura 2, verifica-se que até 1984 possuía apenas dois municípios, Boa Vista e Caracarái. No ano de 1984 foram criados mais seis municípios: Alto Alegre, Bonfim, Mucajaí, Normandia, São João da Baliza e São Luiz do Anauá. Em 1997 foram criados sete novos municípios: Amajari, Cantá, Caroebe, Iracema, Pacaraíma, Rorainópolis e Uiramutã, ficando atualmente o Estado composto por 15 municípios.

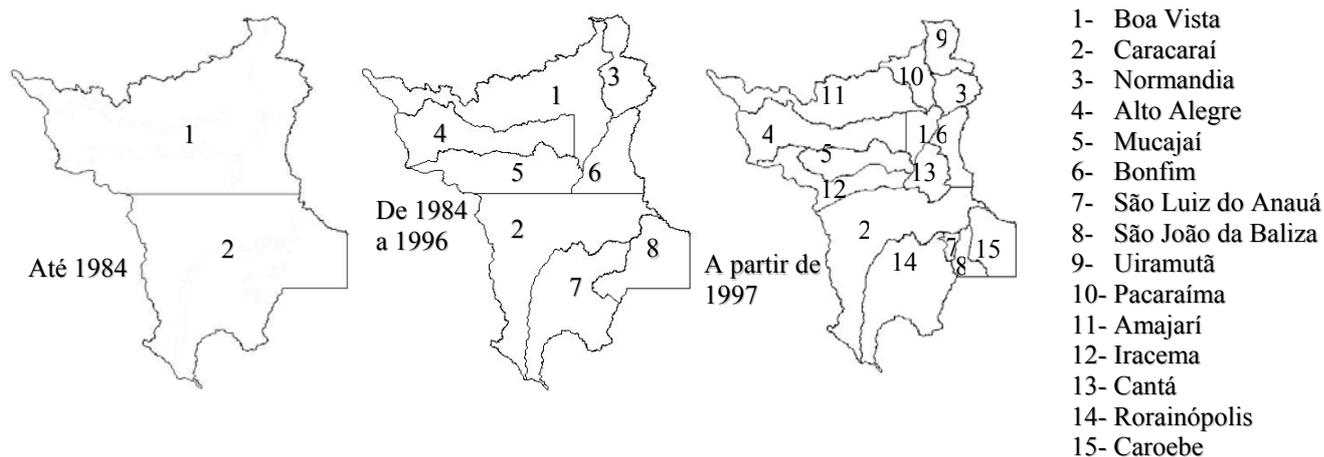


Figura 2. Evolução da divisão política do Estado de Roraima.
 Fonte: Malha municipal do IBGE.

De acordo com Júnior (1993), de todos os Estados amazônicos, Roraima apresenta a maior variedade de fisionomias vegetais, e essa heterogeneidade deve-se ao forte gradiente pluviométrico do sul para o norte do Estado, os diversos substratos geológicos e às variações altitudinais. Como pode ser observado na figura 3, os principais tipos de vegetação no Estado são as savanas, as florestas ombrófilas densas e abertas, as florestas serranas e nebulosas, a vegetação dos tepuis e a vegetação de areia branca.

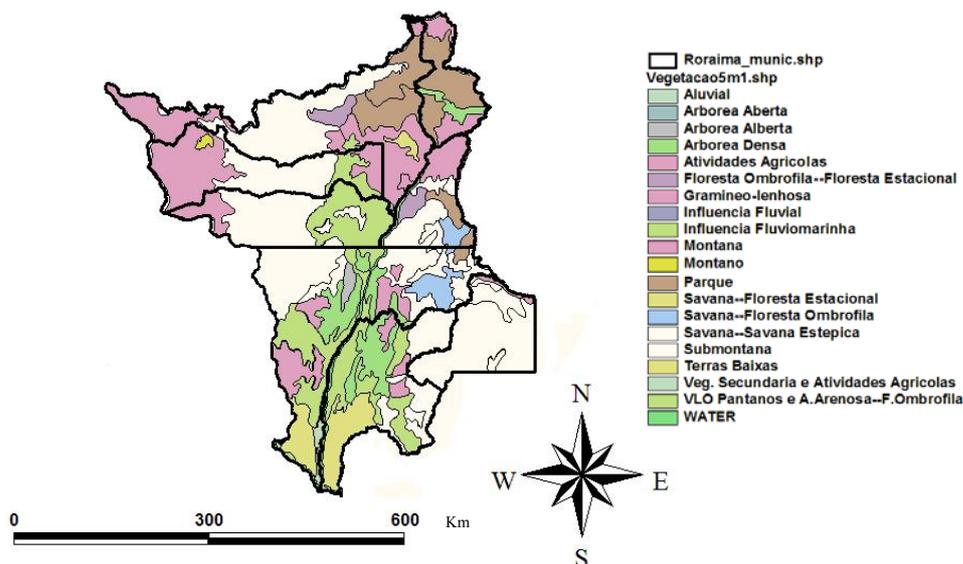


Figura 3. Mapa de Vegetação de Roraima
 Fonte: CD-ROM/IBGE. Diagnóstico da Amazônia Legal, 1998.

As savanas do tipo cerrado e as estépicas, são localmente conhecidas como lavrados e se encontram na região centro-nordeste, possuem uma camada endurecida e pouco

permeável no solo do lavrado que impede a penetração de raízes profundas no inverno chuvoso. A barreira é tanto fisiológica como física, pois as raízes não conseguem respirar nas profundezas de um solo encharcado; com a chegada da estação seca, o lençol freático desce e a falta de raízes profundas torna-se fatal para a maioria das espécies arbóreas. Dentro dos campos, ocorrem também solos permanentemente úmidos ao longo dos cursos de água, onde se desenvolve a floresta de galerias e os buritis. Esse alagamento temporário propicia o desenvolvimento de criadouros para insetos. (Júnior, 1993)

As florestas ombrófilas densas e abertas se caracterizam por apresentar grandes árvores nos terraços aluviais, e não possuir um período seco durante o ano. As florestas abertas são também chamadas de áreas de transição e possuem árvores mais espaçadas.

A vegetação lenhosa oligotrófica dos pântanos e das acumulações arenosas se encontra no sul do Estado e são as “áreas encharcadas”, onde costuma haver um grande pantanal, com alguns campos de dunas. Como nas regiões das savanas, essa área acumula grandes poças de água durante o período de chuvas e sua vegetação é altamente susceptível ao fogo durante os períodos secos.

O Estado de Roraima sempre está sujeito a grande pressão para preservar suas florestas. Atualmente 15% de suas terras são reservadas a três Parques (Parque Monte Roraima, 116.000 ha, Parque Serra da Mocidade, 350.960 ha, e Parque Viruá, 277.011 ha) e a uma Floresta Nacional (Floresta de Roraima, 2.664.680 ha). Como a maior parte de sua vegetação faz parte da Floresta Amazônica, ela é considerada patrimônio nacional, e sua utilização deve assegurar a sua preservação. Apesar dessa preocupação com a preservação ambiental não se tem conseguido impedir o desflorestamento da região. Entre 1988/89 a área desmatada correspondeu a 630 km²; em 1990/91 a 420 km², contra uma média anual de 225 km² (Barros, 1996). Entre 1985 e 1990 houve uma chegada maciça de imigrantes estimulados pelos projetos de assentamentos rurais e para a exploração ilegal das jazidas de metais preciosos, o que fomentou ainda mais a degradação das condições sanitárias e do meio ambiente, inclusive com conflitos com os indígenas, visto que as reservas onde a exploração ilegal é feita se localizam principalmente em área protegida dos Parques e das reservas indígenas.

Júnior (1993) citando Nimer E., informa que há escassez ou mesmo absoluta ausência de estações meteorológicas na maior parte da Amazônia, inclusive em pontos importantes para fundamentar estudos que visem ao conhecimento do complexo interrelacionamento do fenômeno climático com as atividades humanas; e que, inúmeros projetos feitos na região fracassaram porque foi ignorado o fator clima. Roraima possui padrão de chuvas inverso ao das áreas meridionais da Amazônia, com um clima irregular, com regime sazonal regular, mas com valores quantitativos distintos de ano a ano em suas precipitações.

As circulações atmosféricas que determinam as condições climáticas de quase todo o Estado são de influências do Atlântico Sul e dos Açores; ventos de leste a nordeste, determinando estabilidade climática e ventos opostos, no setor ocidental, de massa de ar equatorial continental, que em fusão determinam instabilidade climática, ocasionando chuvas em abundância. Esses fatores determinam para Roraima uma classificação como equatorial úmido e tropical subúmido, com temperatura bastante regular com uma média mínima de 20°C e uma média máxima de 38°C, para a maior parte do território situado em níveis baixos em relação ao mar. Na parcela do Estado situado a níveis entre 800 e 1000m acima do nível do mar, apresenta uma temperatura mais amena com médias inclusive inferiores a 18°C, nas localidades acima de 1100m, a mínima noturna fica próxima de 6°C e as diurnas são inferiores a 20°C em qualquer época do ano. Os meses de maio a agosto são os de mais baixas temperaturas no ano. (Júnior, 1993)

Barbosa et al (1997), citando Salati (1991) e Fearnside (1995) afirmam que a investigação das variações na pluviometria ocorridas ao longo do tempo vem se transformando em um indicador de possíveis alterações climáticas provocadas pela ação antrópica. Também afirmam que embora fatores como correntes de vento e massas de ar não possam ser descartadas em uma análise mais profunda, a distribuição das chuvas em Roraima acaba possuindo uma estreita relação com o tipo de vegetação e o relevo local.

Normalmente, a precipitação anual cresce de nordeste para sudoeste, saindo das formações de savana (1100-1400mm/ano), atravessando uma faixa de transição savana-floresta (1700-2000mm/ano), até alcançar as florestas úmidas de baixo relevo (2000-2300mm/ano) no sul do Estado. A região mais seca se apresenta no extremo nordeste com alta concentração chuvosa em um pequeno período do ano, entre maio e agosto, possuindo acentuado déficit hídrico, principalmente entre dezembro e março. Os meses

de maior precipitação são o equivalente a primavera-verão do Hemisfério Norte que é o “inverno” na linguagem popular local. (Barbosa et al, 1997) Dessa forma o regime de chuvas está representado por dois períodos bastante distintos com duração praticamente semelhante – período úmido: compreendendo os meses de abril a agosto, quando os totais mensais de chuva variam em média entre 150 e 350mm, resultando em elevados excedentes hídricos, e o período seco: de outubro a março caracterizando-se por significativo decréscimo de chuva, resultando em grande deficiência hídrica, já que os totais mensais são geralmente inferiores a 50mm. (Júnior, 1993)

Com um clima tipicamente tropical em que predomina o intemperismo químico, associado à grande diversificação do relevo, vegetação e geologia, Roraima apresenta, como pode ser observado na figura 4, uma grande variedade de solos, nem sempre de boa qualidade para a agricultura.

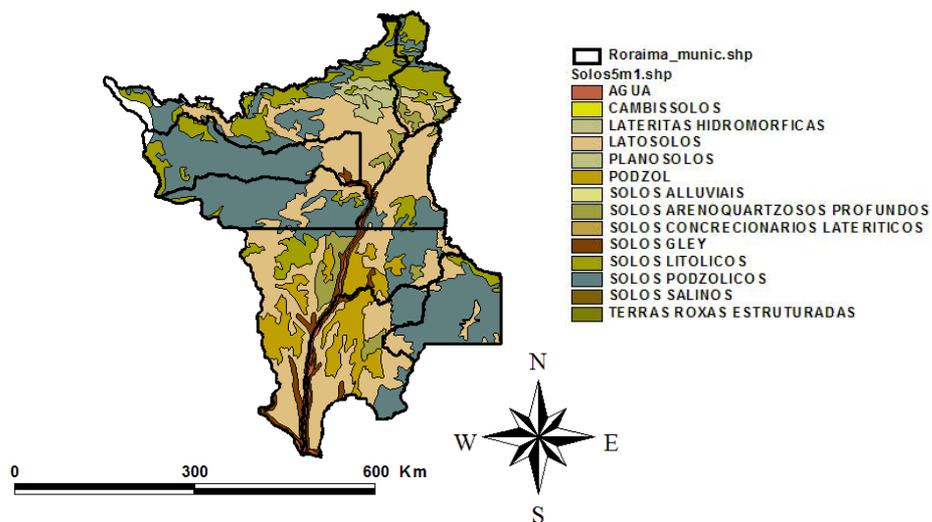


Figura 4. Mapa de Tipos de Solos de Roraima
 Fonte: CD-ROM/IBGE. Diagnóstico da Amazônia Legal, 1998.

A ocupação espacial do Estado é bastante desigual e suscetível a fatores climáticos, topográficos e de vegetação. Historicamente, as margens do rio Branco receberam as primeiras povoações, devido ao acesso que o rio permitia como foi o caso de Boa Vista e Caracaraí. Recentemente a abertura de estradas proporcionou a instalação de novos núcleos urbanos ao longo de seus eixos, como foi o caso de São Luiz do Anauá e São João da Baliza. A densidade demográfica é de 1,0 pessoa por quilômetro quadrado, em média, porque existem concentrações populacionais no nordeste do Estado

especialmente na capital, Boa Vista onde a densidade é de 3,22 habitantes por quilômetro quadrado. (Júnior, 1993)

Como pode ser observado na figura 5, aproximadamente um quarto do território do Estado de Roraima, é constituído de reservas indígenas; existe uma estimativa de que 11% da população do Estado são índios de diferentes etnias como Yanomami, Macuxi, Wapishana, Taurepang, entre outras. (Confalonieri et al., 1994)

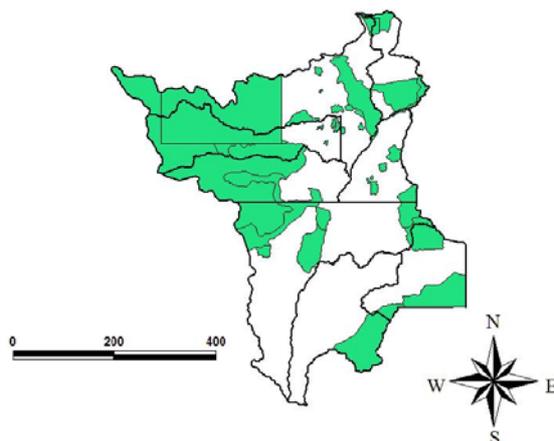


Figura 5. Mapa de Reservas Indígenas em Roraima
Fonte: CD-ROM/IBGE. Diagnóstico da Amazônia Legal, 1998.

Entre os não índios habitantes do Estado de Roraima, os nordestinos são maioria com predominância de migrantes dos Estados do Maranhão, Ceará, Piauí, Rio Grande do Norte e Paraíba. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o aumento desse fluxo migratório ocorreu a partir da abertura da BR-174, em 1977. Na década de 80 até o início dos anos 90, houve um incremento dessa migração principalmente devido à atividade garimpeira na região, apoio das políticas governamentais com divulgação de oportunidades para melhoria de vida, facilidade de emprego, moradia, aquisição de terras e planos de desenvolvimento agrícola. O censo de 1991 indicou que ao redor de 50% da população que vive em Roraima é originária da região nordeste, especialmente dos Estados do Maranhão e Ceará. (Júnior, 1993)

É importante ressaltar que Roraima foi o Estado com maior crescimento populacional do país (9,6%), para o período de 1980 a 1991. Segundo a Pesquisa Nacional por Amostra Domiciliar de 1995, cerca de 30% da população do Estado era oriunda do Maranhão (outros 20% eram de outros Estados da Federação). O censo de 1991 do IBGE mostrou que 81% da população estadual vivia na mesorregião norte de RR,

composta pelos municípios de Boa Vista, Normandia, Bomfim e Alto Alegre. (Barros, 1996)

Entre os principais problemas de saúde da região leste de Roraima pode-se citar a malária, pneumonias, tuberculose e outras doenças, na sua maioria infecciosas e parasitárias. O aumento das taxas de incidência de malária e leishmaniose estão diretamente associadas com a migração massiva de garimpeiros para o Estado em busca de ouro e brilhantes. (Confalonieri et al, 1994) Os processos infecciosos ocasionados por estas enfermidades têm ciclos complexos de perpetuação e disseminação, pois, além de dependerem do comportamento biológico dos vetores para sua transmissão, eles também dependem da dinâmica ambiental que possui uma ampla repercussão em seu ciclo de vida e disseminação. A falta de um conhecimento aprofundado entre o comportamento dos vetores e a dinâmica ambiental pode dificultar o controle destas doenças.

Roraima possui uma rede de saúde mediana no cenário brasileiro, onde se observa uma concentração dos serviços na capital, Boa Vista, onde também está concentrada mais de 60% da população do Estado. Essa centralização dos serviços leva a que a população das localidades vizinhas procurem a capital para efetuar consultas e exames, o que pode conduzir a conclusões errôneas sobre a distribuição das doenças no Estado, visto que normalmente as notificações são feitas por local de diagnóstico e não por local de residência e de trabalho; o local de trabalho é importante porque nessas regiões é comum o trabalhador se ausentar por vários dias de sua residência por motivos laborais.

De acordo com o censo demográfico de 2000, a rede municipal é responsável pelo abastecimento de água de 78% dos domicílios particulares permanentes e apenas 20% utiliza outras fontes de abastecimento como o uso de poços ou nascentes. Como uma parte importante do Estado está ocupada por reservas indígenas que não possuem esse tipo de infra-estrutura, é possível que essa informação interfira nos resultados gerais do Estado sobre abastecimento de água potável.

Por outro lado, o saneamento básico pode ser considerado deficiente já que existe o predomínio das fossas como unidade de saneamento básico, apenas 10% dos domicílios estão ligados a rede pública de esgoto, isso pode levar a uma série de problemas de saúde pública devido à falta de infraestrutura de saneamento. (Gurgel, 2003)

IV.2. Malária

Na figura 6 pode-se notar que a transmissão da malária ocorre nas regiões tropicais e subtropicais do planeta, principalmente na África Sub-Sahariana onde ocorrem 90% dos casos no mundo. Em agosto de 1997, calculou-se em 500 milhões o número de portadores da doença e de 3 milhões o número total de mortes anuais (Medicalnet, 2001). A cada ano ocorrem 300 a 500 milhões de novos casos, com cerca de 1 milhão de óbitos; a maioria desses óbitos é na África, em áreas cujo acesso aos serviços de saúde é difícil. Dos 25 a 30 milhões de pessoas que viajam para áreas endêmicas, entre 10 a 30 mil contraem malária. (Dutra, 2001)

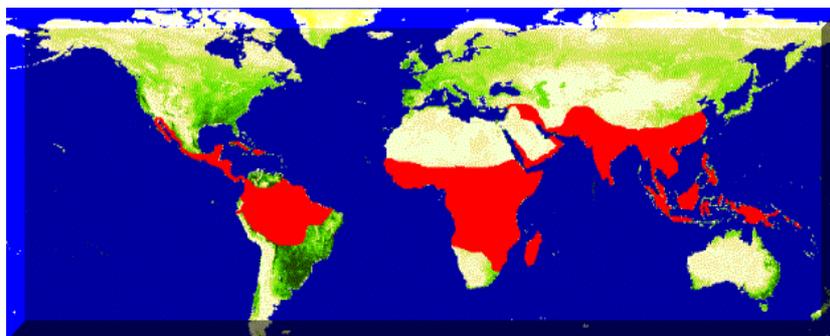


Figura 6. Distribuição da malária no mundo.

Fonte: <http://www.medicalnet.pt/2dedos/malaria/malaria.htm>

Apesar dessa ampla distribuição, sabe-se hoje que a malária é uma doença focal, na maior parte do mundo, com áreas de transmissão natural da infecção restrita a algumas regiões dentro de um mesmo país. No caso do Brasil, como pode ser visto na figura 7, a área endêmica para transmissão da malária está localizada na Amazônia Legal, que é composta pelos Estados do Acre, Amapá, Amazonas, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins. (Dutra, 2001).

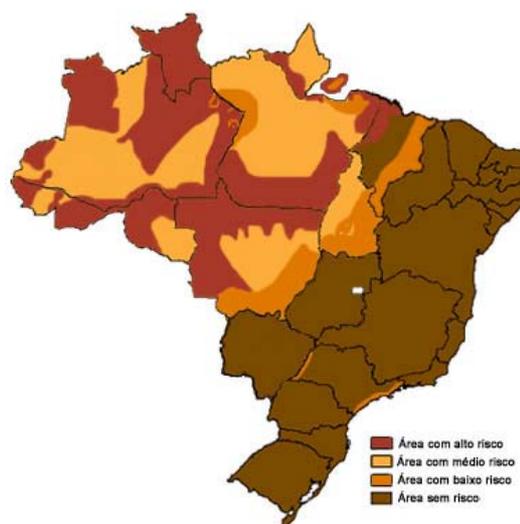


Figura 7. Distribuição da malária no Brasil.

Fonte: FNS/MS e SUCEN, 1994

Entre 1980 e 1985 o número de casos de malária duplicou com 63% sendo produzidos em apenas 20 municípios da Região Amazônica, na maioria estavam relacionados com projetos de assentamento agrícola e mineração. Devido à precariedade das moradias, ao fato de que os indivíduos que chegam a essas regiões são oriundos de zonas livres de malária, portanto são suscetíveis e, que para implementação das roças eles derrubam a floresta, ocorre o aumento do contato com os vetores. (Barata, 1995)

Em 1990, ao comparar-se os dados do índice parasitário anual (IPA) de Roraima com outros Estados da Região Amazônica concluiu-se que era a região com maior taxa de transmissão da doença com 146,5 por mil e, em Rondônia, que era o segundo lugar, encontrou-se 128,3 por mil. (Barata, 1995)

Uma avaliação feita por Marques (1992), citado por Barata (1995) informa que em Roraima, seis dos oito municípios apresentaram IPA altos devido a presença de garimpos em áreas originalmente cobertas pela floresta.

IV.2.1. Características e Epidemiologia do *Plasmodium* sp.

O agente causal da malária é um protozoário pertencente à ordem Coccidiida, subordem Haemosporidiidea, família Plasmodiidae, gênero *Plasmodium*. A malária é uma doença infecciosa que pode ser transmitida naturalmente através da picada de um

anofelino fêmea infectada, ou pode ser induzida, como por exemplo, através de transfusão de sangue; uso compartilhado de agulhas e seringas infectadas com os plasmódios; através do parto (congenita) e através de acidentes de trabalho em pessoal de laboratório ou hospital. (Dutra, 2001) Na figura 8 pode-se observar um mosquito do gênero *Anopheles* em detalhe.

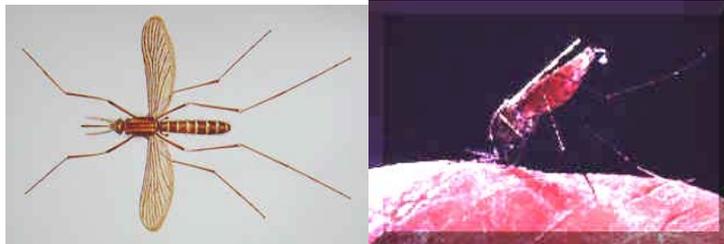


Figura 8. Mosquito do gênero *Anopheles*.

Fonte: <http://www.medicalnet.pt/2dedos/malaria/malaria.htm>

No Brasil existem três espécies que podem produzir a doença nas suas várias formas - *Plasmodium falciparum*, *Plasmodium vivax* e *Plasmodium malariae*. O *P. falciparum* é a espécie mais perigosa de todas podendo ser fatal, se não for tratada a tempo.

Como pode ser observado na figura 9, os parasitas possuem uma fase sexuada exógena conhecida como esporogonia que corresponde à sua multiplicação dentro dos mosquitos do gênero *Anopheles* e uma fase assexuada endógena conhecida como esquizogonia, onde ocorre a multiplicação dentro do hospedeiro humano. Esta última fase inclui dois ciclos, um que ocorre nas células do parênquima hepático e recebe o nome de esquizogonia tecidual e o outro ciclo que se desenvolve nos glóbulos vermelhos e é chamado de esquizogonia eritrocítica. (Dutra, 2001)

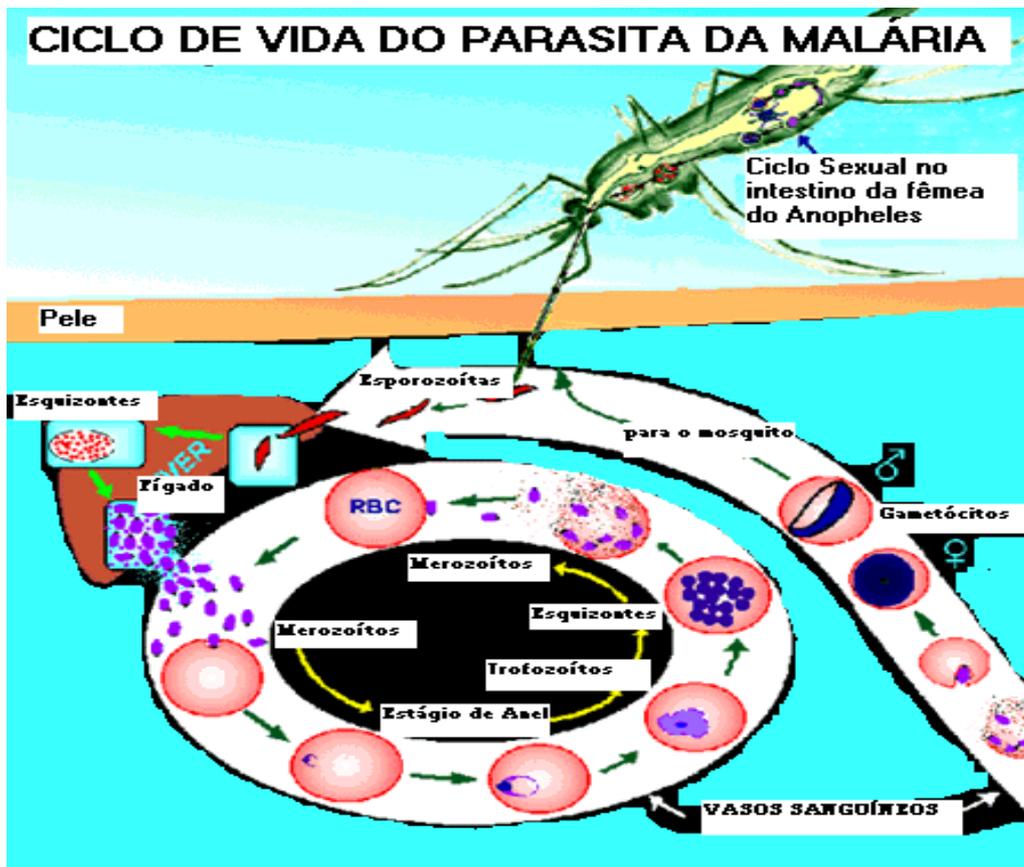


Figura 9. Ciclo de vida do parasita da malária.

Fonte: <http://www.medicalnet.pt/2dedos/malaria/malaria.htm>

Os anofelinos machos se alimentam somente de néctar e seiva vegetal, as fêmeas necessitam de sangue em sua alimentação, para o amadurecimento de seus ovos e possibilitar a oviposição. Depois que a fêmea ingere o sangue de um hospedeiro humano contendo as formas sexuadas do parasita (gametócitos) se inicia uma fase sexuada no interior do estômago, onde ocorre a fecundação e a formação de um ovo ou zigoto. Posteriormente, por esporogonia, ocorre a formação de centenas de formas infectantes (esporozoítas) que migram para as glândulas salivares do inseto, as quais poderão, no momento da picada, ser inoculadas no ser humano. Depois que a fêmea se alimenta com sangue infectado, ela pode começar a transmitir a malária depois de 8 a 16 dias. (Dutra, 2001)

Os parasitos são passados para o homem através da saliva de um mosquito infectado cada vez que o mesmo se alimenta de sangue. Após a inoculação das formas infectantes, durante aproximadamente 30 minutos, os esporozoítas circulam livres pelo sangue. Neste período podem ser fagocitados, mas vários deles podem alcançar o fígado e, no

interior das células hepáticas, ocorre a primeira divisão assexuada, com a produção de milhares de novos parasitas, desencadeando a ruptura do hepatócito (9 – 16 dias) e os parasitas voltam para o sangue e penetram nas hemácias onde voltam a se multiplicar, provocando a lise da célula infectada. (Dutra, 2001)

No interior dos glóbulos vermelhos ocorre uma nova multiplicação assexuada conhecida como esquizogonia eritrocítica, que possui ciclos variáveis de 24 a 72 horas, dependendo da espécie de *Plasmodium*. Nessa fase cada parasita produz de 8 a 32 novos exemplares, em média, e de acordo com a espécie envolvida. (Dutra, 2001)

O período de incubação tem uma duração média de 15 dias. Nos casos de *P. vivax* e *P. ovale* pode ocorrer a formação de hipnozoítas, onde alguns esporozoítas após atingir o interior do hepatócito, permanecem em estado de latência por períodos que variam de 1 mês a 1-2 anos. Nestas recaídas, a pessoa infectada volta a apresentar a doença por uma ou mais vezes após o tratamento inicial, mesmo que não tenha freqüentado áreas de transmissão, devido à reativação dos hipnozoítas. Os mecanismos envolvidos no desencadeamento desta reativação ainda não foram esclarecidos. (Dutra, 2001)

Nas regiões endêmicas, onde a transmissão é alta, as pessoas são infectadas continuamente e com isso desenvolvem uma imunidade gradual contra a doença, mas que não confere proteção total. Até adquirir essa imunidade, as crianças são altamente vulneráveis. Mulheres grávidas são altamente susceptíveis devido à diminuição natural dos mecanismos de defesa durante a gravidez (Stranak, 1999). Em alguns casos existe uma resistência natural à infecção, mas são características individuais que apenas evitam quadros graves da doença, p. ex., a ausência do antígeno Duffy nas hemácias, o que os torna refratários à invasão do *P. vivax*; hemoglobinopatias (HbS) em que a invasão pelo *P. falciparum* é bastante reduzida; enzimopatias, como a deficiência em glicose-6-fosfato desidrogenase, onde limita o desenvolvimento no interior das hemácias. (Dutra, 2001)

IV.2.2. Características e Dinâmica do vetor

Pode-se observar na figura 4 que o inseto transmissor da malária é um culicídeo do gênero *Anopheles*, dos sub-gêneros: *Anopheles*, *Cellia*, *Nyssorhyncus* e *Kerteszia*. De

todos os insetos que servem como vetores de doenças parasitárias, o gênero *Anopheles* é o mais importante. Existem aproximadamente 400 espécies desse gênero, mas somente 60 são capazes de transmitir o parasita da malária (*Plasmodium spp.*) em condições naturais e apenas trinta possuem importância epidemiológica (Stranak, 1999). No Brasil, as espécies mais importantes na transmissão da doença são: *Anopheles (An.) (Nyssorhynchus) darlingi*, *An. (Nyssorhynchus) albitarsis*, *An. (Nyssorhynchus) deaneorum*, *An. (Nyssorhynchus) aquasalis*, *An. (Kerteszia) cruzii* e *An. (Kerteszia) bellator*.

Como pode ser visto na figura 10, as formas imaturas do subgênero *Nyssorhynchus* se desenvolvem em coleções hídricas no solo, incluindo grandes lagos ou lagoas, remansos de rios e córregos, represas artificiais, valas de irrigação, alagados, manguezais, pântanos e até mesmo pegadas de animais e plantas da família das bromeliáceas, conhecidas como bromélias, gravatá, caraguatá, etc. A exigência principal dos anofelinos com relação aos criadouros é o baixo teor de matéria orgânica presente, isso significa que os centros urbanizados raramente poderão servir para a reprodução destes insetos. Os ovos são isolados, medindo cerca de 0,5mm de comprimento, com flutuadores nas laterais para permanecer na superfície da água. A duração do desenvolvimento do ovo a adulto varia de 7 a 30 dias, dependendo principalmente da temperatura. A fecundação ocorre apenas uma vez na vida, mas continuam colocando ovos férteis a cada 2 a 4 dias, durante toda a sua vida, que é de mais ou menos trinta dias. O anofelino macho vive menos tempo, apenas poucos dias. (Dutra, 2001)

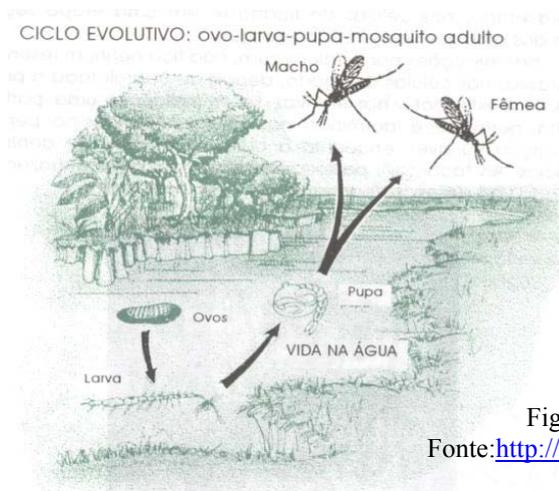


Figura 10. Ciclo de vida do vetor da malária.
Fonte: <http://www.medicalnet.pt/2dedos/malaria/malaria.htm>

Ressalta-se que as fêmeas de mosquitos só são capazes de transmitir qualquer doença depois de se alimentar com sangue de algum animal ou de um ser humano infectado e ingerirem formas viáveis de parasitas. Os machos não transmitem a doença porque não são hematófagos.

Anopheles darlingi é o vetor mais eficiente da malária no Novo Mundo, e pode ser infectado tanto pelo *Plasmodium vivax* como pelo *Plasmodium falciparum*. Essas espécies estão distribuídas do norte da Argentina até o sul do México e do lado oeste dos Andes até a costa Atlântica. Muitas populações de *An. darlingi* são altamente antropofílicas e endofílicas. Esta espécie é a responsável pela transmissão da malária em vários países como México, Venezuela, Equador, Peru, Bolívia e Brasil. Costuma atacar o homem dentro das casas, nas horas mais altas da noite, mas também pode sugar durante o dia. Quando não se costumava usar inseticidas de ação residual no interior dos domicílios, podia-se encontrar fêmeas do *An. darlingi* em repouso dentro das habitações; atualmente, em casas borrifadas com DDT, a maioria das fêmeas sai após a alimentação sanguínea e procura abrigo na vegetação densa, cerca de 10 cm de altura do solo. Esse inseto pica durante o ano todo, rareando no final da estação seca e abundando no final da chuvosa. (Consoli & Oliveira, 1998).

Alguns estudos feitos para classificar a malária tentaram demonstrar diferenças globais na epidemiologia e distribuição do vetor. A classificação mais recente toma isso em consideração e padrões de transmissão da malária podem ser caracterizados através do conhecimento da distribuição e biologia do vetor, do ambiente (clima, solo, geomorfologia, vegetação e uso da terra), e da epidemiologia da malária. A evolução para essa aproximação ecológica para compreender a malária está baseada em informação sobre a dinâmica da transmissão.

Rubio-Palis & Zimmerman (1997), apresentam uma classificação ecorregional, para as Américas, que se baseia na homogeneidade das espécies de vetores e seu ambiente (ver Tabela 1). A hipótese básica é que o ambiente delinea a distribuição e a abundância das espécies. Os autores encontraram 5 ecorregiões para o vetor da malária: orla marítima, pé de monte, savana, florestas interiores e vale. No caso específico de Roraima as ecorregiões de interesse são:

Tabela 1. Resumo das características ecorregionais e dos vetores da malária no Neotrópico.

Ecorregião	Altitude (m.s.n.m.)*	Precipitação (mm)	Temperatura média anual (°C)	Vetores regionais ^a	Vetores locais ^b
Costa	<550	>1.000 (estacional)	25-27	An. Aquasalis, An. albimanus	An. darlingi, An. calderoni, An. pseudopunctipennis, An. (Kerteszia), An. punctimacula, An. albitarsis s.l.
Pé de Monte	200-1.500	400-4.000 (altamente variável e estacional)	25-27		
Oeste Andino				An. albimanus	An. darlingi, An. nuñeztovari, An. punctimacula, An. calderoni, An. pseudopunctipennis
Leste Andino				An. nuñeztovari	An. pseudopunctipennis, An. darlingi, An. oswaldoi, An. trinkae, An. rangeli, An. (Kerteszia), An. albitarsis s.l., An. sp. nr fluminensis
México e América Central				An. pseudopunctipennis, An. albimanus	An. darlingi, An. vestitipennis, An. punctimacula
Savana Llano	<100	1.000-2.000 (5-7 meses de estação seca)	25-27	An. darlingi	An. nuñeztovari, An. albitarsis s.l.
Prado	0-200	<1.500 (estacional)	24-26	An. darlingi	An. nuñeztovari, An. braziliensis, An. albitarsis s.l.
Cerrado	500-1.200	1.500-2.000 (5-6 meses de estação seca)	20-22	An. darlingi	An. albitarsis s.l.
Caatinga	500-1.200	<100-1.200 (7-9 meses de estação seca)	24-26		An. darlingi, An. albitarsis s.l., An. aquasalis
Florestas Interiores de Terras Baixas					
Caduca	100-500	1.500-2.000 (5-7 meses de estação seca)	26-28	An. darlingi	An. albitarsis s.l., An. nuñeztovari, An. deaneorum, An. triannulatus, An. braziliensis, An. oswaldoi, An. strodei
Sempre verde e semi-sempre verde		2.000-6.000 (0-3 meses de estação seca)	26-28		
Alto Vale	1.500-3.200	800-2.000 (estacional, variável)	> mês abaixo de zero	An. pseudopunctipennis	

Fonte: Rubio-Palis Y. e Zimmerman RH. Ecoregional classification of malaria vectors in the neotropics. J Med Entomol 1997; 34(5): 499-510.

* m.s.n.m. - metros sobre o nível do mar.

^a Vetores regionais – são os que estão amplamente distribuídos dentro de uma ecorregião e são os principais vetores na região.

^b Vetores locais – não ocorrem em toda a região, mas estão implicados como vetores principais ou secundários dentro de um mesoclima particular.

a. **Ecorregião de Savana** - o principal vetor é o *A. darlingi*, outro vetor potencial é o *A. albitarsis* e no Estado de Rondônia talvez seja um vetor o *A. deaneorum*. Existem 4 sub-regiões de savana:

a.1. Prado – Está presente na Guiana, Suriname, Brasil e Guiana Francesa. Nessa região a precipitação é $>1.500\text{mm}$ e com altitudes superiores a 500m s.n.m. O principal vetor é *A. darlingi*, outros vetores potenciais são *A. albitarsis*, *A. braziliensis*, e *A. nuñeztovari*. Nessa região a transmissão é instável e é determinada principalmente pelas condições climáticas que podem ampliar a estação das chuvas, criando assim condições ótimas para a sobrevivência do *A. darlingi*.

a.2. Cerrado - A sub-região de cerrado está situada na região central do Brasil e no nordeste de Roraima. O cerrado é caracterizado por um mosaico de vegetação xerófila, uma savana espessa e gramíneas. Essa região situa-se entre 500 e 1.200m s.n.m. A precipitação anual média é de 1.500 a 2000mm , com 5 a 6 meses de seca. A temperatura média anual varia de 20 a 22°C . A umidade relativa (U.R.) varia em cada estação e vai de 10 a 80% .

A. darlingi é o principal vetor nessa sub-região, mas está ausente ou em baixa densidade em grandes áreas do cerrado. A escassez dessa espécie é um reflexo das inóspitas condições de seca e ao tipo de vegetação. O vetor encontra-se próximo dos rios em associação com *A. aquasalis* e *A. albitarsis*.

b. **Ecorregião de floresta interior de terras baixas** – Nas Américas existem grandes extensões de diferentes tipos de florestas em altitudes menores a 500m s.n.m. A floresta caducifolia tem uma temperatura média anual de 28°C com 5-7 meses sem chuvas e baixa U.R. A precipitação anual varia entre 1.500 e 2.500mm . Em contraste a floresta sempre verde tem uma média ≥ 9 meses de chuva (2.000 - 4.000mm), uma U.R. anual $>80\%$ e uma temperatura média de 26°C . As florestas semi-sempre verdes tem características climáticas parecidas com a floresta sempre verde com a diferença de que possui 3-4 meses de estação seca que reduz temporariamente a população do vetor. O vetor regional é o *A. darlingi*. A transmissão da malária na floresta caducifolia é instável, mas nas florestas sempre verde e semi-sempre verde é estável. (Rubio-Palis & Zimmerman, 1997)

IV.2.3. Aspectos clínicos

O acesso malárico se caracteriza por intenso calafrio seguido de rápida elevação da temperatura corporal, com náuseas e/ou vômitos, dor de cabeça, dores musculares e abdominais. Quando a temperatura começa a baixar, aparece uma sudorese intensa. Este acesso pode durar vários minutos ou horas e se repete a intervalos diferentes dependendo da espécie de *Plasmodium* envolvida, no caso do *P. ovale* se repete a cada 48h, o *P. malariae* a cada 72h e o *P. falciparum* a intervalos de 36 a 48h, às vezes com febre ininterrupta. Também aparece anemia, hepatoesplenomegalia, fraqueza e distúrbios gastro-intestinais. A malária mais grave é provocada pelo *P. falciparum*, e se não for diagnosticada e tratada precocemente, pode provocar a morte do paciente. A anemia pode ser muito intensa, a função renal pode ser comprometida e falir totalmente, a função respiratória pode apresentar sérias deficiências, bem como quadros neurológicos como confusão mental e coma. A morte pode ocorrer em 1 a 2% dos casos detectados. Na malária cerebral as hemácias infectadas obstruem os capilares sanguíneos cerebrais. Outros órgãos vitais podem ser afetados e levar à morte do paciente. (Stranak, 1999)

IV.2.4 Diagnóstico

O diagnóstico pode ser clínico a partir dos sinais e sintomas patognomônicos da doença, juntamente com a anemia e a hepatoesplenomegalia. Em laboratório existem várias técnicas como o exame parasitológico de sangue, conhecido como gota-espessa; métodos imunocromatográficos como o teste em fita; de biologia molecular conhecido como PCR, e os sorológicos como a imunofluorescência indireta, ELISA, etc.

IV.2.5. Tratamento e Resistência

O principal objetivo do tratamento é eliminar os plasmódios do sangue, que produzem o ataque clínico de todas as malárias; no caso de infecções provocadas por *P. vivax* ou *P. malariae*, é necessário a eliminação dos plasmódios que permanecem no fígado para

evitar as recaídas após a cura clínica, atualmente se utiliza a cloroquina para o controle dessas espécies. (MS/FUNASA, 2002)

Nos casos da malária por *P. falciparum*, utiliza-se a quinina junto com a tetraciclina durante 7 dias, em casos de resistência utiliza-se a mefloquina, sendo a artemisinina utilizada apenas em casos graves da doença com complicações. (OPAS/OMS, 2000).

IV.2.6. Medidas de Controle

O controle da malária adotou durante muitos anos o enfoque de tentar erradicar a doença, mas com o aumento da resistência dos parasitas aos antimaláricos e dos vetores aos inseticidas, a partir de 1970 começaram a intensificar as pesquisas no sentido de aprofundar o conhecimento do processo infeccioso, para melhor entender as etapas da transmissão e por outro lado, ao reconhecer-se o caráter focal da doença promoveu-se a revisão dos conceitos e conseqüentemente das estratégias a serem adotadas para o controle da malária.

Barata (1995) informa que de acordo com estudos entomológicos a infectividade dos esporozoítas não é constante durante a vida do vetor, caindo a partir da terceira semana, daí a importância dos portadores na fase inicial da infecção. Também esclarece que a imunidade natural se estabelece lentamente, após quatro ou cinco infecções para *P. vivax* e dez ou mais para *P. falciparum*, existindo a possibilidade de indivíduos com o tempo tornarem-se portadores assintomáticos. Cabe aclarar que esta imunidade não possui um caráter permanente, se os indivíduos saem da área endêmica voltam a ser suscetíveis com o tempo.

A manutenção da transmissão na Amazônia brasileira, após a campanha de erradicação, pode ter sido devida à baixa densidade e à dispersão populacional da região que dificultariam as ações de controle já que o tipo precário de habitação facilita o contato com o mosquito e atrapalharia a aplicação do DDT; o surgimento de cepas de *Plasmodium* resistentes impediu o esgotamento das fontes de infecção. (Barata, 1995)

De acordo com OPAS/OMS (2000), desde 1992 ficou decidido que para a região das Américas seria colocado em prática a Estratégia Global para o Controle da Malária

(EGCM), onde foi adotada uma mudança no enfoque tradicional para o controle da doença que era baseado no controle de vetores, para assumir quatro elementos fundamentais: a) diagnosticar de forma precoce e tratamento oportuno, retirando a preocupação com a eliminação das fontes de infecção para a redução da morbimortalidade por malária, a gestão da doença deve ser atribuída aos serviços de assistência primária e abandonar as buscas ativas de casos; b) planejar e aplicar medidas anti-vetoriais seletivas, incluindo medidas de proteção individual, quimioprofilaxia, imunização e controle domiciliar dos vetores; c) detectar, conter e prevenir epidemias; e d) fazer avaliação periódica da situação epidemiológica da região através dos serviços de saúde, incluindo os fatores ecológicos, sociais e econômicos que determinam a doença.

Como ainda não existe uma vacina eficaz contra a malária, as pessoas que viajam para áreas de transmissão devem fazer uso de medidas individuais como o uso de repelentes químicos, mosquiteiros sobre as camas ou redes de dormir, telas nas janelas e portas e evitar a permanência ao ar livre na aurora ou no crepúsculo. (OPAS/OMS, 2000)

Algumas limitantes encontradas para executar o plano de trabalho da OPAS/OMS (2000) devem-se a uma resistência institucional à mudança visto que existe uma visão do controle centrada no uso de inseticidas; uma segunda limitante seria a falta de recursos humanos treinados para garantir e implementar medidas efetivas de controle de vetores, e a terceira limitante encontrada é a redução dos orçamentos centrais e na efetiva aplicação dos recursos disponíveis. (OPAS/OMS, 2000)

De acordo com a OPAS/OMS (2000), além da transferência de recursos financeiros e materiais suficientes e de pessoal capacitado, um desafio para os administradores de saúde é dispor de informação regular e oportuna no nível local, para poder determinar prioridades na hora de disponibilizar recursos para áreas onde realmente ocorre a transmissão e não mais nas áreas onde o diagnóstico é realizado.

Em Roraima, como em toda a Região Amazônica, alguns problemas para o controle da malária são a baixa densidade populacional do Estado, tipo de habitação predominante na região que facilita o contato dos humanos com o mosquito e dificultam o rociamento dos inseticidas nas paredes das residências; também existe um abandono grande do tratamento quando os pacientes começam a melhorar o que levou ao surgimento de

cepas de *Plasmodium* resistentes aos antimicrobianos usados no controle da doença. (Barata, 1995)

No Brasil foi implementado o Programa Nacional de Prevenção e Controle da Malária (PNCM), baseado nas indicações da OPAS/OMS para a região das Américas, com intensificação da vigilância epidemiológica inclusive nas áreas de baixo risco e sem transmissão para o controle oportuno de focos da doença. (MS/FUNASA, 2002)

IV.3. Clima e Malária

Bustamante (1957) afirmou que a U.R. média mensal inferior a 60% reduz a longevidade dos vetores da malária. Também considera que as chuvas se constituem o principal fator determinante da periodicidade estacional da malária, por afetarem a distribuição e densidade dos vetores. Considera que as chuvas muito pesadas são desfavoráveis aos anofelinos e aquelas frequentes, fracas ou moderadas, são mais favoráveis à proliferação dos mesmos. Para as espécies que utilizam os rios para reproduzir-se, o período de maior proliferação vetorial ocorre nos períodos de estiagem, entretanto, para as espécies vetoras que têm como criadouros às águas paradas, se as chuvas estão bem distribuídas pelo ano, a transmissão pode ocorrer em todos os meses e se concentradas em certo período, a transmissão também se limita.

Esse mesmo autor considera que se outros fatores estão favoráveis, os limites de temperatura para a transmissão da malária são entre 16°C e 34°C, sendo que essa temperatura mínima atua sobre a atividade do inseto, a duração do seu ciclo evolutivo e o ciclo do *Plasmodium* no organismo do mosquito, a temperatura máxima interfere com a longevidade do mosquito. Informa também que um fator que limita a dispersão em locais onde as condições climáticas se assemelham, é a necessidade que o mosquito possui de apenas procriar em águas com reação neutra ou apenas ligeiramente ácida, águas com pH menor que cinco, ou salobras com teor de cloreto de sódio elevado limitam a reprodução.

Riccardi & Sanches (1976) propõem o uso de climatogramas para se delimitar as possíveis áreas de ocorrência da malária no Brasil. Basearam-se nas faixas de variação

da temperatura e U.R. médias que são adequadas à proliferação de diferentes espécies de *Anopheles*.

Onori & Grab (1980), classificam os fatores em tipo indireto e direto como sendo capazes de precipitar a ocorrência de surtos epidêmicos. Entre os diretos estão os fatores entomológicos (densidade do vetor em relação ao homem, taxa de sobrevivência diária do vetor, frequência de picadas no homem, duração do ciclo esporogônico e a proporção de anofelinos com esporozoítas que são infectantes); os fatores parasitológicos (taxa parasitária e a proporção de parasitas inoculados com gametócitos) e os fatores imunológicos do homem. Entre os fatores indiretos estão incluídos os fatores meteorológicos (precipitação, a temperatura e a U.R. que são capazes de atuar sobre os "fatores entomológicos diretos", quer seja pela formação de criadouros, ou pelo aumento da sobrevivência e encurtamento do ciclo dos mosquitos adultos, bem como sobre os fatores parasitológicos), os fatores ambientais (aumento do anofelismo devido a atividades humanas como construção de estradas; mudanças nos hábitos de alimentação do mosquito de zoofílicos para antropofílicos quando se vêem privados de sua fonte natural de alimentação; migração de pessoas não imunes como acontece em Roraima com o fluxo migratório de garimpeiros, dos projetos de colonização agrícola e construções de estradas).

Dentre os fatores climáticos a precipitação parece possuir um papel preponderante, principalmente em regiões onde a temperatura média não costuma flutuar muito, como é o caso de Roraima. Baseado no anterior vários autores nos últimos anos tem encontrado associação entre a presença de anomalias climáticas como o El Niño e a transmissão da malária.

Russac (1986), afirma que a epidemia de malária em 1983, no Equador, esteve associada com o fenômeno El Niño devido às enchentes que aumentaram o número de criadouros para os mosquitos, e, dessa forma, aumentaram a densidade vetorial.

Rozendaal (1992) relatou a existência de níveis críticos de precipitação e de níveis da água de rios para explicar as flutuações mensais na incidência da malária por *P. falciparum* em Suriname. Observou que um mínimo de intensidade de precipitação de 250mm/mês, no período dezembro–janeiro, era necessário para a formação de criadouros de *An. darlingi*.

Mouchet et al. (1996), observaram drásticas reduções na incidência de malária no Sahel, África, em função da redução da precipitação pluviométrica nesta região, com o desaparecimento dos criadouros dos vetores.

Bouma & Van der Kaay (1996), explicam que na região árida do Punjab (Índia) e na região úmida do Sri Lanka a chuva ou ausência da precipitação, respectivamente, associada ao El Niño, facilitam a proliferação e o aumento da longevidade dos anofelinos, devido à formação de criadouros temporários para os mosquitos.

Bouma et al. (1996), relataram que na região nordeste do Paquistão o número de lâminas e de casos positivos por *P. falciparum* estavam correlacionadas com a quantidade de chuva, temperatura e umidade relativa em certas épocas do ano.

Van der Hoeck et al. (1997), observaram que aproximadamente dois meses depois do aumento das chuvas na área seca do Sri Lanka, existe um aumento no número de casos de malária, devido à formação de criadouros aumentando assim a densidade vetorial.

Bouma & Dye (1997), verificaram que na Venezuela a malária aumentava em 36,5% no ano seguinte ao evento de El Niño, provavelmente devido à normalização da precipitação na região.

Bouma et al. (1997), concluem que há uma estreita correlação entre a ocorrência do fenômeno El Niño e a variação interanual dos casos de malária na Colômbia. Os casos de malária aumentaram 17,3% durante os anos de El Niño e cerca de 35% nos anos imediatamente posteriores. Afirmam que a forte correlação entre a malária e o El Niño, na Colômbia, pode ser usado para prever anos de alto e baixo risco para a infecção, com antecedência suficiente para a mobilização de recursos visando a redução dos impactos das epidemias.

Nájera, et al. (1998) consideram que, o impacto das epidemias na atualidade dependem tanto do aumento da morbidade específica, como também da saúde geral da população afetada. Dentre os fatores que dão origem a epidemias da doença, estão as condições climáticas ou meteorológicas incomuns que levam a um rápido aumento na proliferação e longevidade dos vetores; interrupção das medidas antimaláricas que tenham

funcionado durante um período de tempo e que sejam interrompidas, gerando, assim, aumento do número de suscetíveis. De acordo com esses autores existem dois tipos epidêmicos maiores: 1) verdadeiros, que são ocasionados por distúrbios no equilíbrio epidemiológico natural ou feito pelo homem e 2) o ressurgimento, por falhas nas campanhas de controle.

Poveda et al. (1999) concluem que existe uma forte associação entre condições climáticas (anos do El Niño) e o risco de malária na Colômbia, devido ao aumento da temperatura que eleva a taxa de reprodução do vetor e diminui o período de incubação extrínseco (EPI) e a diminuição da precipitação que provoca o aparecimento de poças estagnadas aumentando com isso os lugares de reprodução do vetor.

Kilian et al. (1999), em Uganda, encontraram a existência de uma associação entre a precipitação pluviométrica prolongada em meses de El Niño com o aumento no número de casos de malária com um período de defasagem de 2-3 meses.

Chaves & Rodrigues (2000), concluem para o Estado de Roraima considerando o período de 1991 a 1993, que é uma zona que pode ser classificada como de fronteira epidemiológica devido a variação da frequência da malária entre os municípios, de ano a ano e de estação para estação, com predomínio do *P. vivax*. Devido à alta mobilidade populacional é uma área de risco para epidemia de malária.

Costa-Dias et al. (2003), encontraram correlações heterogêneas entre a variação na ocorrência mensal de malária e o total mensal de chuvas, por município, para o Estado de Roraima, entre 1984 e 1996. Essa heterogeneidade provavelmente se deva a ocorrência de outros fatores locais envolvidos na dinâmica da transmissão da doença, tais como fenômenos demográficos, formas de uso da terra e intervenções específicas para controle da infecção.

IV.4. Sistemas de Informações Geográficas (SIG)

A geotecnologia, também conhecida como geoprocessamento, é um termo amplo que engloba diversas tecnologias de tratamento e manipulação de dados geográficos, através de programas computacionais. Dentre essas tecnologias destacam-se: o sensoriamento remoto, a automação de tarefas cartográficas, a utilização de Sistemas de Posicionamento Global (GPS) e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

SIG é uma tecnologia baseada em computadores que permite capturar, armazenar, manipular, analisar e apresentar informações geográficas, bem como analisar múltiplas bases de dados usando coordenadas geográficas que podem ser utilizadas para uma escala específica como, por exemplo, umidade, infra-estrutura dos serviços de saúde, entre outros. No presente trabalho foi utilizada para precipitação pluviométrica, tipo de solo e vegetação. As imagens feitas por satélite são capazes de identificar mudanças na cobertura vegetal, ambientes propícios a proliferação de vetores e de doenças correlacionadas, etc. E também podem ser usadas para definir e prever áreas e períodos de alta transmissão. (Mott et al, 1995; Connor et al, 1996; Cross et al., 1996; Molyneux, 1997; RIPSAs, 1997)

O surgimento de novas tecnologias de representação geográfica e análise espacial de bases de dados oferece uma nova aproximação para o planejamento e execução de medidas de controle de doenças tropicais. A natureza focal da transmissão aumenta a compreensão da influência dos fatores ambientais na sua distribuição. Os SIG, abrem a perspectiva de uma colaboração interdisciplinar para adaptar o uso de novas tecnologias na promoção do controle de diversas doenças. (Mott et al, 1995; Connor et al, 1996; Cross et al., 1996; Molyneux, 1997)

As informações vindas de diferentes origens podem ser armazenadas e integradas em um SIG através de um banco de dados relacional, o que permite ao usuário analisar e estabelecer inter-relacionamentos entre diversas variáveis, tanto no contexto espacial quanto temporal. Com os resultados alcançados é possível gerar e analisar hipóteses de investigação, monitorar e avaliar intervenções direcionadas, como também desenvolver modelos de predição para planejar e programar atividades de prevenção. Devido a essas características o SIG pode se tornar uma ferramenta ímpar para análise de dados e

gerenciamento de informação no auxílio de tomadas de decisão nos estudos de saúde. (Marinho, 2000; Gurgel, 2003)

O SIG é uma das maneiras de se conhecer mais detalhadamente as condições de saúde da população através de mapas que permitam observar a distribuição espacial de situações de risco e dos problemas de saúde. Alguns dos usos mais comuns em epidemiologia são: determinar a situação de saúde em uma área, gerar e analisar hipóteses de pesquisa, identificar grupos de alto risco, e, planejar, programar, monitorar e avaliar atividades e intervenções. Também podem ser utilizados para determinar padrões ou diferenças da situação de saúde diante de perspectivas de agregação particulares, que podem ir desde o nível continental até o nível residencial. (Carvalho et al., 2000)

O uso de SIG em saúde pública existe desde o século XIX, onde John Snow, em 1854, na cidade de Londres, fez a delimitação das residências onde ocorriam os casos de cólera e a presença de bombas de captação de água na cidade, e observou claramente que uma delas, situada em Broad Street, correspondia ao epicentro da epidemia. (Câmara, et al, 2002)

Alguns autores afirmam que o estudo de variações temporais e espaciais em escala nacional ou regional fornecem informações que seriam praticamente impossíveis de serem conseguidas sem o uso de técnicas modernas de medição ou de pesquisa, por ex., índices de vegetação, mudanças estacionais, temperatura da superfície da terra, temperatura das nuvens para estimativas de precipitação, etc. (Connor et al., 1997)

V. METODOLOGIA

Fez-se uma abordagem retrospectiva, utilizando-se um desenho epidemiológico de corte ecológico. O período de estudo compreendeu os anos de 1985 a 1996. Esses anos foram escolhidos porque o Estado de Roraima passou por duas reformas político - administrativas com divisões municipais que implicou na fragmentação de alguns municípios para dar origem a outros. Desse modo o período mais homogêneo e também o mais longo para poder estudar um perfil de transmissão por municípios é o compreendido entre 1984 e 1996.

O motivo pelo qual não foi considerado apenas o Estado como um todo sem separar em municípios é o fato de que como se sabe hoje em dia, a malária é uma doença de transmissão focal (Cuéllar, 1971; Barata, 1995; Chaves & Rodrigues, 2000; MS/FUNASA, 2002). Por isso quanto mais desagregados estejam os dados melhor para compreender a distribuição dos casos, visto que os mesmos não se distribuem de maneira uniforme em uma região geográfica, já que a transmissão de enfermidades, especialmente as de transmissão vetorial, não obedecem a divisões político - administrativas.

Obteve-se os seguintes dados, para análise:

1. Série histórica dos casos de malária, para cada município do Estado, de 1985 a 1996.
2. Dados de precipitação pluviométrica para 45 estações meteorológicas do Estado.
3. Informações qualitativas sobre os tipos de solo e de vegetação por município para Roraima.

Coletou-se os dados sobre a morbidade por malária no Estado de Roraima através da Seção de Epidemiologia da Coordenação Regional de Roraima/Fundação Nacional de Saúde. Os dados sobre população em Roraima e dos seus municípios foram coletados através do IBGE. Utilizou-se o programa *Excel vs. 97* (Microsoft® Excel 97) para a realização da planilha de cálculo do IPA e do Índice Parasitário Mensal (IPM). Posteriormente, calculou-se os índices parasitários anuais e mensais para cada um dos municípios do Estado e ainda em *Excel 97* foram transformados para tipo texto (.txt),

tais dados foram importados pelo programa *ARCVIEW Gis*, vs 3.2. (Environmental System Research Institute, 2000) A parte gráfica foi cedida pelo IBGE, duas malhas foram trabalhadas, de 1993 e de 1997, devido a divisão municipal ocorrida.

Para a medição da malária normalmente se utiliza o Índice Parasitário Anual (IPA) que corresponde ao número de lâminas positivas para a malária, expressa por mil habitantes, em um local e período determinado e se expressa como

$$\text{IPA} = \frac{\text{Número de lâminas positivas em determinado local e período} \times 1000}{\text{População da área, no mesmo local e período}}$$

O IPA estima o risco de se adoecer por malária e classifica as áreas maláricas de acordo com o grau de risco em:

- a) Área sem risco – IPA indicando menos de 1 exame positivo por mil habitantes.
- b) Área de baixo risco – IPA de 1 a 9 exames positivos por mil habitantes.
- c) Área de médio risco – IPA de 10 a 49 exames positivos por mil habitantes.
- d) Área de alto risco – IPA com mais 49 exames positivos por mil habitantes. (Akhavan et al, 1999)

Esse indicador possui limitações principalmente a que se refere a lâminas examinadas, que pode ser um caso novo, uma recidiva ou várias lâminas de uma mesma pessoa; por isso se recomenda seu uso apenas em áreas endêmicas. (RIPSA, 1997)

O IPA também foi calculado por tipo de *Plasmodium* e posteriormente fez-se o mapeamento do percentual de *P. falciparum* entre as lâminas positivas para malária e da participação percentual de cada município no número de casos do Estado.

Nos gráficos, os valores de malária são por IPA já que seria incorreto comparar anos diferentes de um mesmo lugar ou entre lugares diferentes, sem o uso de uma taxa, para corrigir as possíveis discrepâncias determinadas por diferenças no tamanho das populações já que localmente ocorre oscilações acentuadas e frequentes devido a existência de garimpos, entre outros fatores predisponentes locais.

Apesar de Roraima encontrar-se no Hemisfério Norte, a divisão das estações foi feita de acordo com o Hemisfério Sul, principalmente considerando a nomenclatura dos próprios Roraimenses que chamam de inverno os meses de junho a agosto porque são os meses que concentram a precipitação e quando ocorrem as temperaturas mais baixas e de verão os meses de dezembro a fevereiro devido a altas temperaturas e baixa pluviosidade. Assim a categorização foi feita da seguinte forma: verão (de dezembro a fevereiro), outono (de março a maio), inverno (de junho a agosto) e primavera (de setembro a novembro).

Os dados hídricos de precipitação foram obtidos da base de dados do Setor de Recursos Hidráulicos da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) assim como da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Foram utilizados os dados das leituras diárias da precipitação de 45 estações pluviométricas, a distribuição dessas estações pode ser observada na figura 11. Como na base de dados original havia irregularidades nos valores, fez-se uma consulta à ANEEL que forneceu instruções para correção, orientando que fosse feita a divisão de todas as leituras diárias por 10.

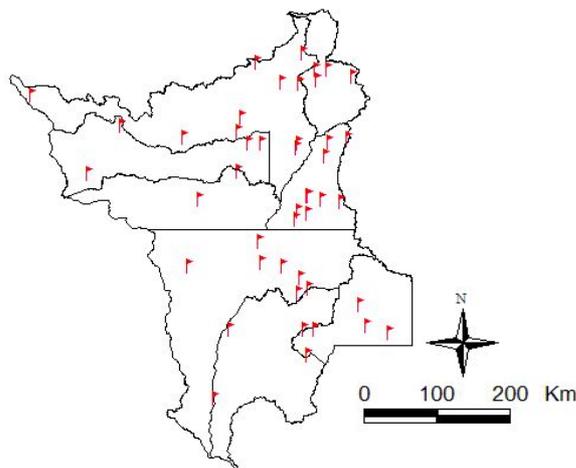


Figura 11. Mapa de distribuição das 45 estações pluviométricas em Roraima.

Fonte: ANEEL/HIDROWEB

Para eliminação das estações inconsistentes utilizou-se como critério o fato de terem mais de 40% de falhas no período estudado ou não abarcarem todos os anos do mesmo. Com base nesse critérios, não foram incluídos os dados das seguintes estações que só

abrangiam alguns anos: Fazenda Três Poderes, Boa Esperança, Fazenda Altamira, Terra Preta, Mutum, Fazenda São Lucas (período de leituras a partir de 1989), Maloca do Ericó (começou a série em 1992), São João do Cotingo (começou em 1984, mas terminou em 1994 além de possuir leituras incompletas), Missão Catrimani, Posto Funai (terminou a série em 1991), Mocidade (sem leitura nos anos de 1986, 1991 até 1996), Base Alalau (dados a partir de 1991), Boa Vista 82042 (não possuía leitura nos anos de 1990-1992 e 1996)

Dessa forma, das 45 estações originais foram eliminadas 25 estações, como se observa na figura 12 ficaram apenas as seguintes: Agropecuária Boa Vista, Bonfim, Boqueirão, Caracarái, Colônia do Taiano, Fazenda Bandeira Branca, Fazenda Castanhal, Fazenda Paraná, Fazenda Passarão, Fazenda São João, Fazenda São José, Fazenda Verdum, Fé e Esperança, Maloca do Contão, Marco BV-8, Missão Surucucu, Missão Auaris, Santa Maria do Boiaçu, Uaicas e Vila Surumu.

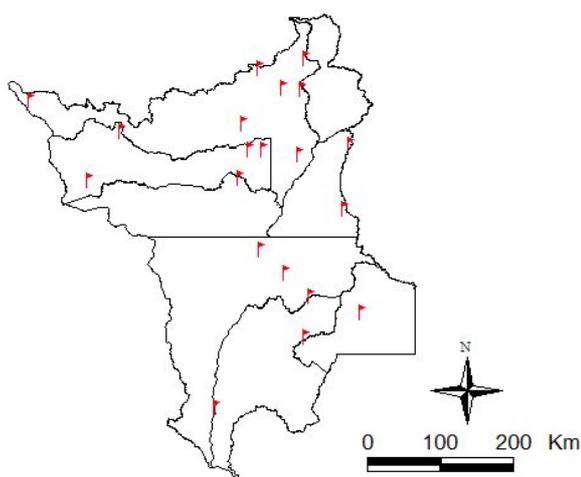


Figura 12. Mapa de distribuição das 20 estações pluviométricas em Roraima.

Fonte: ANEEL/HIDROWEB

Para a análise com precipitação primeiro fez-se uma planilha em *Excel* vs. 97 para organizar as estações pluviométricas com suas respectivas localizações geográficas em latitude e longitude, os valores eram diários e foram agrupados por estação do ano e por mês. Conforme explicado anteriormente, a variável precipitação foi agrupada em estações do ano como: outono (março a maio), inverno (junho a agosto), primavera (setembro a novembro) e verão (dezembro a fevereiro).

Na tentativa de mostrar que o problema da malária é focal, fez-se uma análise posterior levando em consideração a divisão municipal a partir de 1997. Sendo assim, os resultados são apresentados em dois tempos: a) considerando o período de 1985 a 1996 e b) a partir de 1997, depois da criação dos novos municípios em Roraima.

Como os dados de precipitação estavam por estação pluviométrica e não por município como os dados de malária, fez-se necessário uma transformação utilizando primeiro o pacote *Excel* para gerar as planilhas necessárias para uso no programa *Surfer* vs. 6.01 (Surface Mapping System, 1995) que é um programa que permite formar malhas (gridding methods), é um processo que usa observações pontuais reais em um arquivo XYZ para gerar pontos em uma grade espaçada regularmente. Esquemas de interpolação estimam o valor da localização na superfície onde não existiam dados originais, baseado nos valores conhecidos (observados). O *Surfer* usa o *grid* para gerar um mapa de contorno ou uma superfície de pontos. Neste estudo foi utilizado o método denominado *Kriging* que é um método geoestatístico que produz um contorno visualmente atrativo e uma superfície de pontos a partir de dados espaçados irregularmente. A técnica de *Kriging* foi usada com interpolação suavizada (*Smoothing interpolator*) que usa o mesmo peso para todo o *grid*.

V.1. Técnicas de Análise Espacial

De acordo com Fonseca (2003), o uso das técnicas de análise espacial de áreas permite identificar padrões específicos de distribuição dos valores associados à sua localização geográfica, para verificar que tanto os vizinhos se parecem.

O objetivo principal da análise espacial é medir propriedades e relacionamentos considerando a localização espacial do fenômeno em estudo. De acordo com Câmara et al (2002), os dados podem se apresentar sob três formas:

- a) Eventos ou padrões pontuais – os eventos são identificados como pontos no espaço e são chamados de processos pontuais, como por exemplo a ocorrência de doenças em uma determinada região.

- b) Superfícies contínuas – estimações feitas a partir de amostras de campo, cuja distribuição pode ser regular ou irregular, freqüentemente são encontrados em levantamentos de recursos naturais como os mapas geológicos, ecológicos, etc.
- c) Áreas com contagens e taxas agregadas – são dados obtidos através de levantamentos populacionais como os censos e estatísticas de saúde, onde os indivíduos originalmente estão localizados em pontos específicos no espaço. Os dados são agregados em unidades de análise delimitadas por polígonos fechados como os setores censitários, municípios, bairros, etc.

Essa divisão é importante para saber qual o tipo de dados que se dispõe antes de se proceder a análise espacial propriamente dita. Na análise com dados pontuais o interesse é a localização do evento a ser estudado no espaço, observando se possui tendência a formar aglomerados ou se por outro lado existe uma dispersão aleatória, pode-se também fazer uma relação entre o evento e características individuais, onde pode haver a possibilidade de existir fatores ambientais que influenciem na ocorrência do evento e não foram medidos.

No caso de análise de área parte-se do suposto de que existe uma uniformidade no polígono e que as diferenças se dariam no limite entre os mesmos. Essa suposição nem sempre se cumpre visto que as unidades de levantamento de dados como os municípios ou setores censitários, são feitos por critérios políticos ou operacionais, respectivamente.

Existem alguns conceitos considerados essenciais para a análise espacial dos dados, como o de dependência espacial, onde se supõe que exista uma relação entre as ocorrências que é dependente da distância. Outro conceito importante é o de autocorrelação espacial onde a medida de correlação é feita com a mesma variável aleatória, medida em diferentes lugares. Quando existe uma dependência espacial na informação gerada, o uso de análise estatística clássica perde poder explicativo devido a que não existe o suposto de independência das variáveis; isso se reflete em variâncias maiores para as estimativas, níveis menores de significância estatística e um ajuste deficiente para os modelos estimados, quando comparados com dados onde existe independência. (Câmara et al., 2002)

De acordo com Camargo, et al (2002), em alguns casos é necessário gerar superfícies para fazer uma aproximação realista do evento estudado e para isso deve-se modelar sua variabilidade espacial. Existem três abordagens para isso:

- a) Modelos determinísticos de efeitos locais, onde a superfície a ser estimada utiliza interpolação das amostras mais próximas. Supõe-se que existe um predomínio dos efeitos locais e nesse caso não é feita uma hipótese estatística sobre a variabilidade espacial.
- b) Modelos determinísticos de efeitos globais, nesse caso, a suposição é de que a variação predominante é de larga escala, e que a variabilidade local não é relevante, por ex., interpoladores por superfícies de tendência
- c) Modelos estatísticos de efeitos locais e globais (*krigagem*), cada ponto da superfície é estimada usando interpolação das amostras mais próximas, através de um estimador estatístico. Requer que a variabilidade seja modelada através de modelos apresentados como

$$Z(x) = \sum_{j=1}^p \beta_j f_j + \varepsilon(x)$$

“aonde $\mathbf{j} \beta$ é um conjunto de parâmetros desconhecidos e $\mathbf{j} f$ um conjunto de funções básicas, em geral, polinomiais. Esses estimadores apresentam propriedades de não ser tendenciosos e de procurar minimizar os erros inferenciais. Eles podem ser estimados através de procedimentos como a *krigagem* universal e as funções intrínsecas de ordem k .” (Camargo, et al 2002)

“A *krigagem* compreende um conjunto de técnicas de estimação e predição de superfícies baseada na modelagem da estrutura de correlação espacial. O procedimento de interpolação é chamado de *krigagem* em honra a Daniel Krige, que foi o pioneiro a introduzir o uso de médias móveis para evitar a superestimação sistemática de reservas de mineração. Inicialmente, o método de *krigagem* foi desenvolvido para solucionar problemas de mapeamentos geológicos, mas seu uso expandiu-se com sucesso no mapeamento de solos, mapeamento hidrológico, mapeamento atmosférico e outros campos correlatos. A diferença entre a *krigagem* e outros métodos de interpolação é a maneira como os pesos são atribuídos às diferentes

amostras. No caso de interpolação linear simples, por exemplo, os pesos são todos iguais a $1/N$ (N = número de amostras); na interpolação baseada no inverso do quadrado das distâncias, os pesos são definidos como o inverso do quadrado da distância que separa o valor interpolado dos valores observados. Na *krigagem*, o procedimento é semelhante ao de interpolação por média móvel ponderada, exceto que aqui os pesos são determinados a partir de uma análise espacial, baseada no semivariograma experimental. Além disso, a *krigagem* fornece, em média, *estimativas não tendenciosas e com variância mínima*. Estimativas não tendenciosas significam que, em média, a diferença entre valores estimados e observados para o mesmo ponto deve ser nula; e variância mínima significa que estes estimadores possuem a menor variância dentre todos os estimadores não tendenciosos.” (Câmara et al, 2000)

Camargo, et al (2002) informam que a *krigagem* se baseia no conceito de variável regionalizada, que é uma variável distribuída no espaço (ou tempo) cujos valores são considerados como realizações de uma função aleatória. Esta teoria permite incluir hipóteses estatísticas em processos espaciais locais. A variação espacial de uma variável regionalizada seria a soma de três componentes: a) um componente estrutural, associado a um valor médio constante ou a uma tendência constante; b) um componente aleatório, espacialmente correlacionado; e c) um ruído aleatório ou erro residual. Se o vetor \mathbf{x} representa uma posição em uma, duas ou três dimensões, então o valor da função aleatória Z , em \mathbf{x} , é dada por:

$$Z(\mathbf{x}) = \mu(\mathbf{x}) + \varepsilon'(\mathbf{x}) + \varepsilon''$$

onde:

- $\mu(\mathbf{x})$ é uma função determinística que descreve o componente estrutural de Z em \mathbf{x} ;
- $\varepsilon'(\mathbf{x})$ é um termo estocástico correlacionado, que varia localmente;
- ε'' é um ruído aleatório não correlacionado, com distribuição normal com média zero e variância σ^2 .

O estimador de *krigagem* ordinária é:

$$Z^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \text{ com, } \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$$

A correspondente variância minimizada do erro, denominada variância de krigagem ordinária (σ_{ko}^2), é dada pela expressão

$$\sigma_{ko}^2 = Var[Z(x) - Z^*(x_0)] = C(O) - \sum_{i=1}^n \lambda_i C(x_i x_0) - a$$

A *krigagem* ordinária é um interpolador exato no sentido de que, quando as equações acima forem usadas, os valores interpolados irão coincidir com os valores dos pontos amostrais. Além disso, a variância da krigagem ordinária, fornece informação importante sobre a confiabilidade dos valores interpolados. (Camargo, et al., 2002)

Após a formação do *grid* os dados .txt foram importados pelo programa *Arcview* vs. 3.2 para que os mesmos fossem georreferenciados no mapa de Roraima e assim pudesse ser conseguido o valor da precipitação não mais pela estação e sim pelo município.

Dentre as diversas técnicas de análise espacial existem os indicadores globais de autocorrelação espacial, que caracterizam a existência de dependência espacial, mostrando como os valores se correlacionam no espaço. Dentro desses indicadores está o índice global de Moran que é a expressão da autocorrelação considerando apenas o primeiro vizinho. Esse índice fornece uma medida de associação espacial com valores entre -1 e 1, interpretando-se como autocorrelação negativa ou positiva, respectivamente, e valores de zero que indicam aleatoriedade. Os valores positivos indicam autocorrelação espacial positiva indicando que um objeto tende a ser semelhante aos valores de seus vizinhos (Fonseca, 2003).

Segundo Bailey & Gatrell (1995), o índice de Moran é calculado de acordo com a seguinte fórmula:

$$IM = \frac{\frac{n}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}} \left[\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (a_i - \bar{a})(a_j - \bar{a})}{\sum_{i=1}^n (a_i - \bar{a})^2} \right]}{1}$$

onde

- n = número de áreas
- a_i a_j = Valores dos dados espaciais (atributos)
- W_{ij} = Matriz de proximidade espacial
- \bar{a} = Média dos valores dos dados espaciais

De acordo com Bailey & Gatrell, citados por Fonseca (2003), a matriz de proximidade espacial é utilizada para saber qual é a distância que existe em dados de área para as áreas A_i . Essa matriz é uma ferramenta usada para descrever o arranjo espacial dos objetos, sendo n, o número total de objetos. É representada por W, é uma matriz quadrada, de ordem n, onde cada elemento, W_{ij} , representa uma medida de proximidade espacial entre o polígono A_i e o polígono A_j .

$$w_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{Se o polígono } A_i \text{ faz fronteira com } A_j \\ 0 & \text{Caso contrário} \end{cases}$$

$$w_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{Se o centróide de } A_i \text{ é mais perto do centróide de } A_j \\ 0 & \text{Caso contrário} \end{cases}$$

$$w_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{Se o centróide de } A_i \text{ está a uma distância "d" do centróide de } A_j \\ 0 & \text{Caso contrário} \end{cases}$$

$$w_{ij} = \frac{l_{ij}}{l_i}$$

onde: l_{ij} é o tamanho da fronteira comum entre A_i e A_j e l_i é o perímetro de A_i .

Formalmente o índice de Moran equivale ao coeficiente de regressão linear. Com essa interpretação é possível construir um gráfico, conhecido como gráfico de espalhamento de Moran, que pode ser visto na figura 13, para visualizar a associação espacial entre o

valor normalizado do atributo em uma área com a média dos valores dos vizinhos. Este diagrama relata espacialmente o relacionamento entre os valores do vetor de desvios Z ($z_i - \bar{z}$), que são os dados normalizados, e os valores das médias locais WZ , que correspondem à média dos vizinhos, indicando diferentes regimes espaciais presentes nos dados e é dividido em quatro quadrantes.

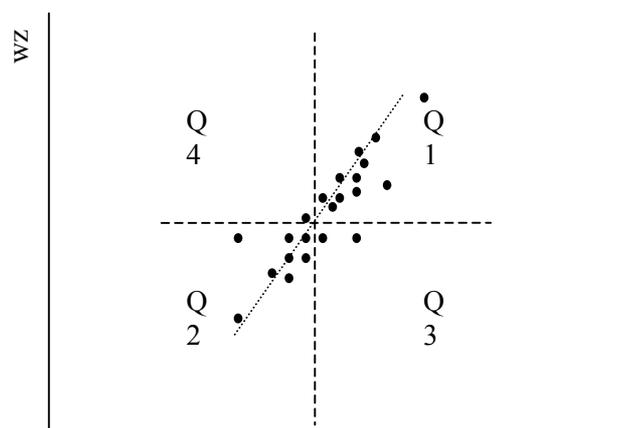


Figura 13. Gráfico de Espalhamento de Moran (Câmara, et al, 2002)

O primeiro quadrante com valores positivos e médias positivas e o segundo quadrante com valores negativos e médias negativas, esses quadrantes indicam que os vizinhos possuem valores semelhantes; quando os vizinhos possuem valores diferentes, aparece em evidência o terceiro quadrante que possui valores positivos com médias negativas ou o quarto quadrante com valores negativos e médias positivas. (Câmara et al, 2002, citados por Fonseca, 2003)

Em várias ocasiões é necessário examinar padrões numa escala maior. Para isso utiliza-se indicadores locais de associação espacial (LISA) que possam ser associados a diferentes localizações de uma variável distribuída espacialmente.

Esses indicadores locais permitem avaliar diferentes regimes espaciais existentes na área de estudo e medem a associação espacial entre uma observação i e sua vizinhança. Os LISA produzem um valor específico para cada objeto, com isso pode-se fazer a identificação de “clusters”, que são dados agregados com valores de atributos semelhantes; pode ser identificado a presença de “outliers” que são dados com valores anômalos; e se observa a presença de mais de um regime espacial.

Os principais objetivos do uso de LISA são permitir a identificação de padrões de associação espacial significativos e ser uma decomposição do índice global de associação espacial.

O indicador local de Moran é definido como:

$$I_i = \frac{(y_i - \bar{y}) \sum_{j=1}^n w_{ij} (y_j - \bar{y})}{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n}}$$

Onde:

- $I_i > 0$ “clusters” de valores similares (altos ou baixos).
- $I_i < 0$ “clusters” de valores distintos (Ex: uma localização com valores altos rodeada por uma vizinhança de valores baixos).

Ao normalizar as variáveis o indicador se reduz a:

$$I_i = z_i \sum_{j=1}^n w_{ij} z_j$$

Também deve ser feita a avaliação da significância do LISA de Moran através da utilização da hipótese de normalidade ou simulação de distribuição por permutação aleatória nos valores dos atributos.

Pode-se também gerar mapas relacionados com o índice onde visualmente se verifica mais facilmente quais são as áreas que apresentam correlações espaciais significativas, e nesse caso costuma-se usar indicadores locais de associação espacial; a utilização desses indicadores ajudam a melhor compreender os processos que dão origem a dependência espacial. Alguns exemplos são o Box map, o gráfico de espalhamento de Moran, o mapa de indicadores locais de associação espacial (LISA map).

O box map utiliza o gráfico de espalhamento de Moran para gerar um mapa onde cada quadrante recebe uma cor diferente. (Câmara et al, 2002, citados por Fonseca, 2003)

O LISA map avalia a significância dos valores dos índices locais obtidos para cada objeto, onde se calcula a média e o desvio padrão para o índice de Moran, posteriormente, são classificados em quatro grupos: sem significância, significantes a 95%, a 99% e 99,9% (Câmara et al, 2002, citados por Fonseca, 2003).

No gráfico de Moran, só são considerados os objetos com significância maior que 95%, porém a diferença com o LISA map é que nesse caso a classificação se faz com base na localização dos objetos no quadrante do gráfico de espalhamento, os demais objetos são então classificados como sem significância. (Câmara et al, 2002, citados por Fonseca, 2003)

Para a análise do Índice de Moran e elaboração do LISA map utilizou-se o programa Spring vs. 3.6.03 (INPE, 2002).

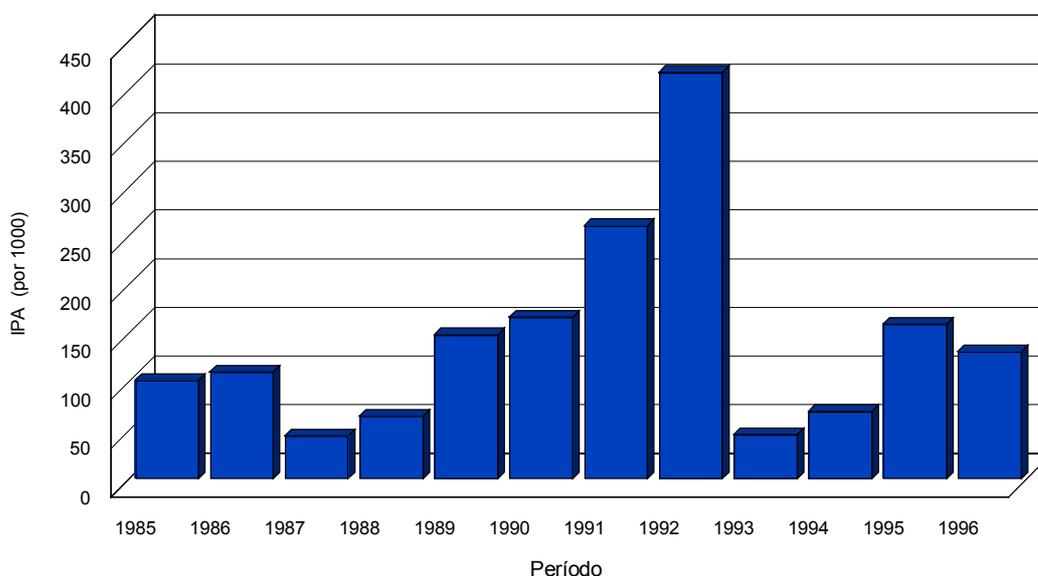
Para a análise estatística utilizou-se o programa *SAS* vs. 9.8, as análises foram feitas por *PROC GLM* e as médias foram obtidas por *LSMEANS*.

VI. RESULTADOS

VI.1. Malária

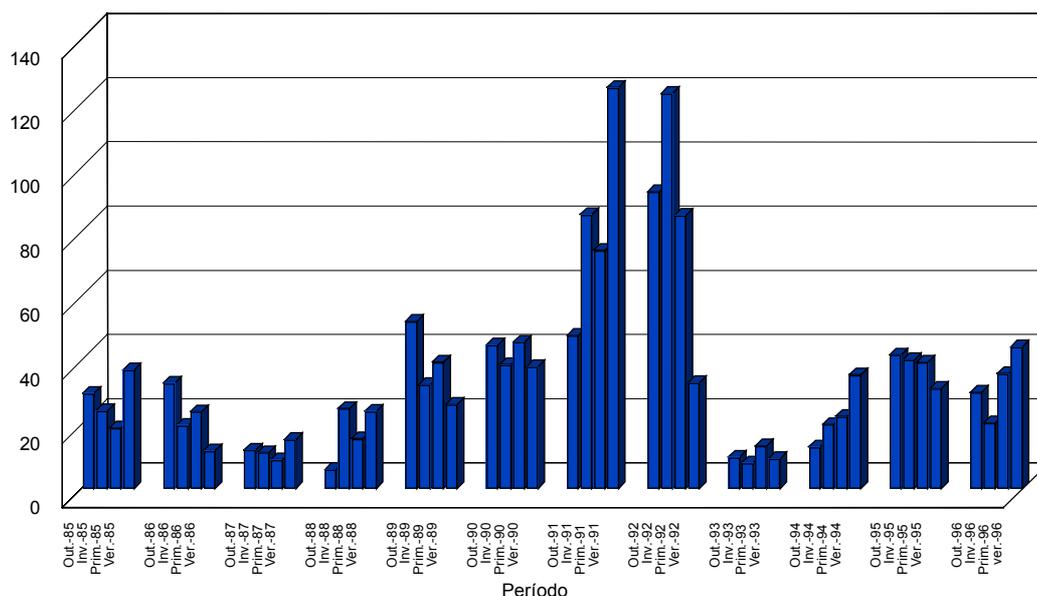
Em Alto Alegre, como pode ser observado no gráfico 1, o período com maior número de casos foi o ano de 1992 com 5.478 casos, que correspondeu a 26% do total de 20.978 casos durante todo o período de estudo, e o ano com o menor número de casos foi 1987 com 428 casos, notou-se que apenas os anos de 87 e 93 possuem categoria de IPA médio e todos os outros possuem valores altos.

Gráfico 1 - Distribuição do Índice Parasitário Anual no Município de Alto Alegre, 1985-1996



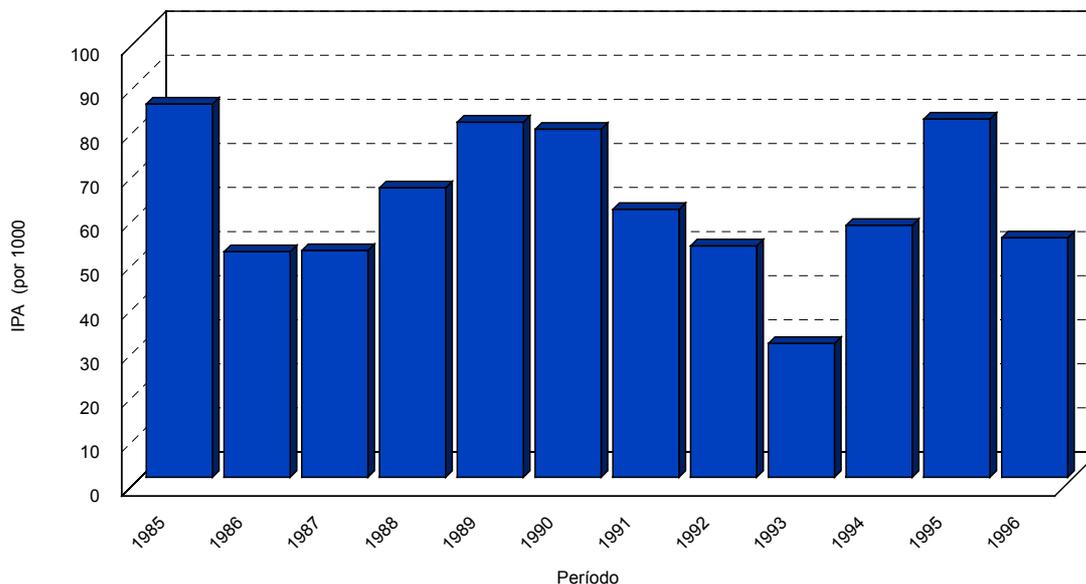
Demonstrou-se, no gráfico 2, que durante o período não houve predominância dos casos de malária em nenhuma estação específica, apesar de aparentemente haver um predomínio dos casos durante o verão, $p=0,977$.

Gráfico 2 - Distribuição do Índice Parasitário Anual no Município de Alto Alegre por Estações do Ano, 1985-1996

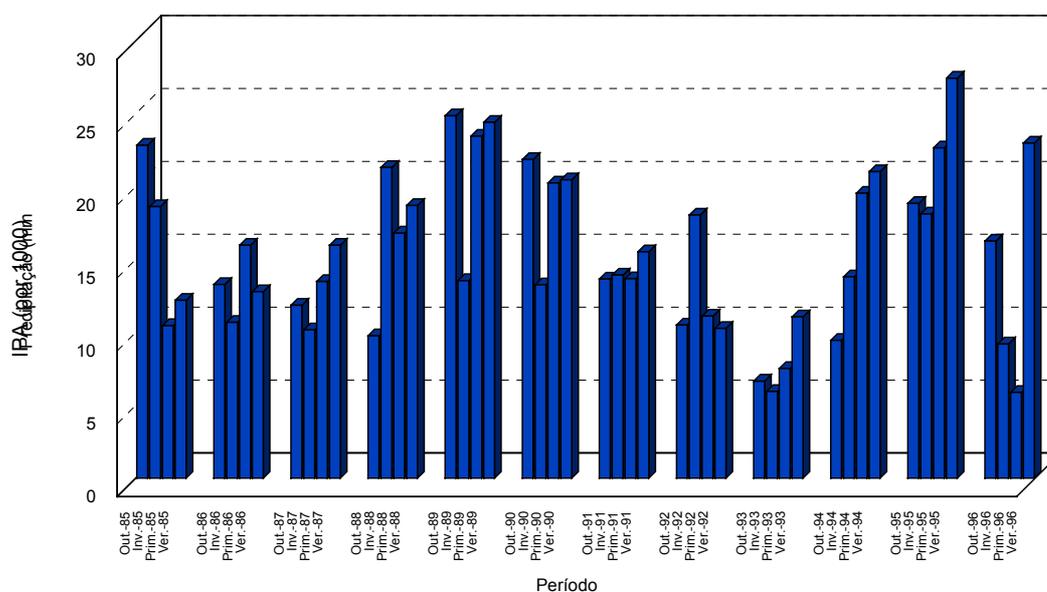


Em Boa Vista, o período com maior número de casos foi o ano de 1990 com 15.002 casos, que correspondeu a 12% do total de 121.129 casos durante todo o período de estudo, e o ano com o menor número de casos foi 1986 com 5.160 casos, mas, como pode-se observar no gráfico 3, quando se analisa por IPA notou-se que o ano com maior e menor IPA, foram 1985 e 1993, respectivamente, observou-se que apenas o ano de 1993 possuiu IPA médio. Apesar do grande número de casos os IPM's foram baixos em quase todo o período devido ao tamanho da população.

Gráfico 3 - Distribuição do IPA para o Município de Boa Vista, 1985-1996

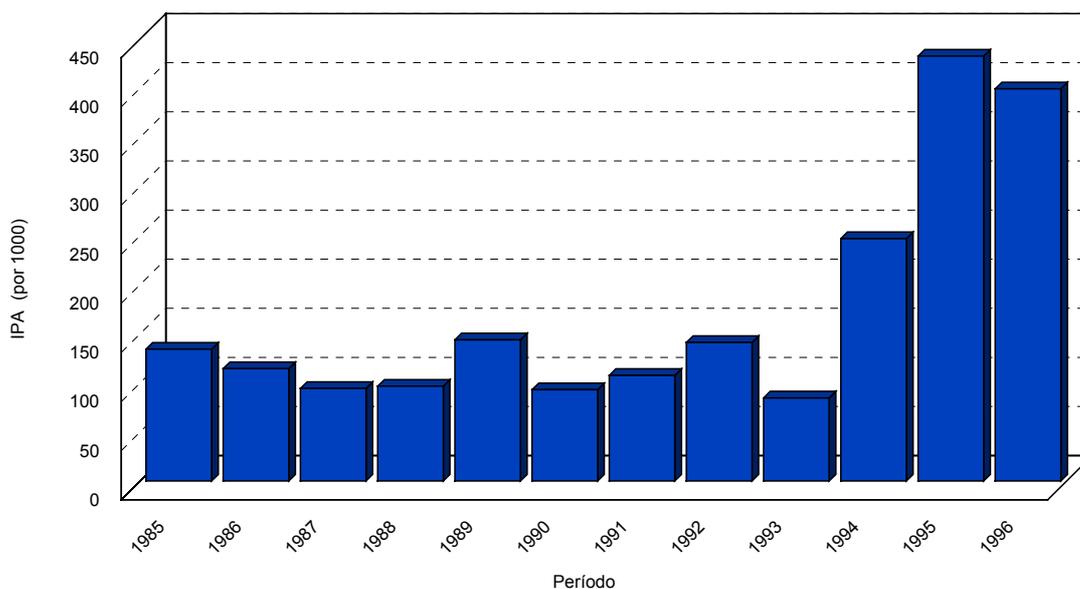


Baseado na categorização feita dividindo o ano em estações obteve-se a diferença de médias para cada uma das estações, e como está representado no gráfico 4, não houve diferença estatisticamente significativa $p=0,160$. Chamou a atenção o fato de que o mês com maior número de casos foi o mês de junho de 1995 (auge da estação chuvosa).



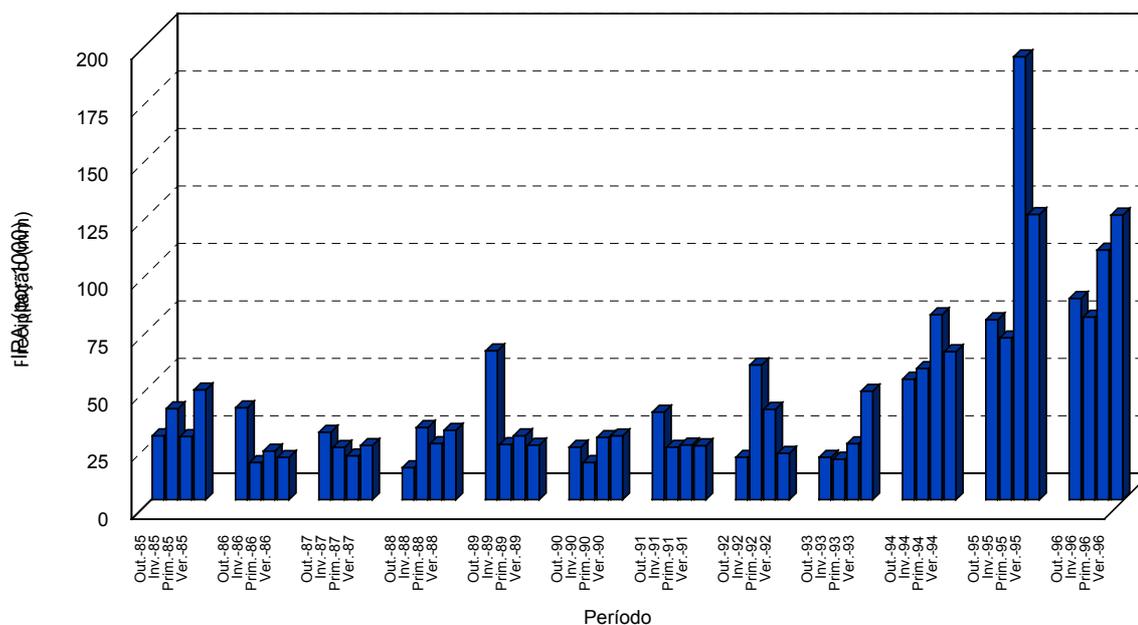
Para Bonfim o período com maior número de casos foi o ano de 1996 com 5.279 casos, que correspondeu a 19% do total de 27.956 casos durante todo o período de estudo que foi de 1985 a 1996, e o ano com o menor número de casos foi 1987 com 1.203 casos. Houve uma média de 2.330 casos por ano no período, conforme apresentado no gráfico 5, e os IPA's foram considerados altos.

Gráfico 5 - Distribuição do IPA no Município de Bonfim, 1985-1996



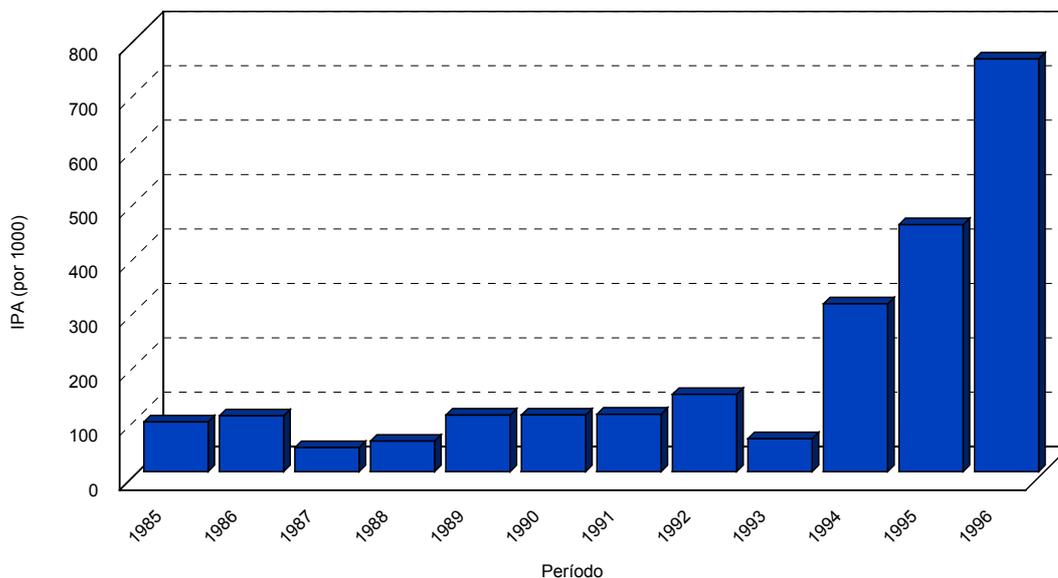
Não houve diferença estatisticamente significativa $\rho=0,560$ entre as estações para o município de Bonfim, apesar de aparentemente haver um maior numero de casos na estação seca, como pode ser observado no gráfico 6.

Gráfico 6 - Distribuição do IPA no Município de Bonfim por Estações do Ano, 1985-1996



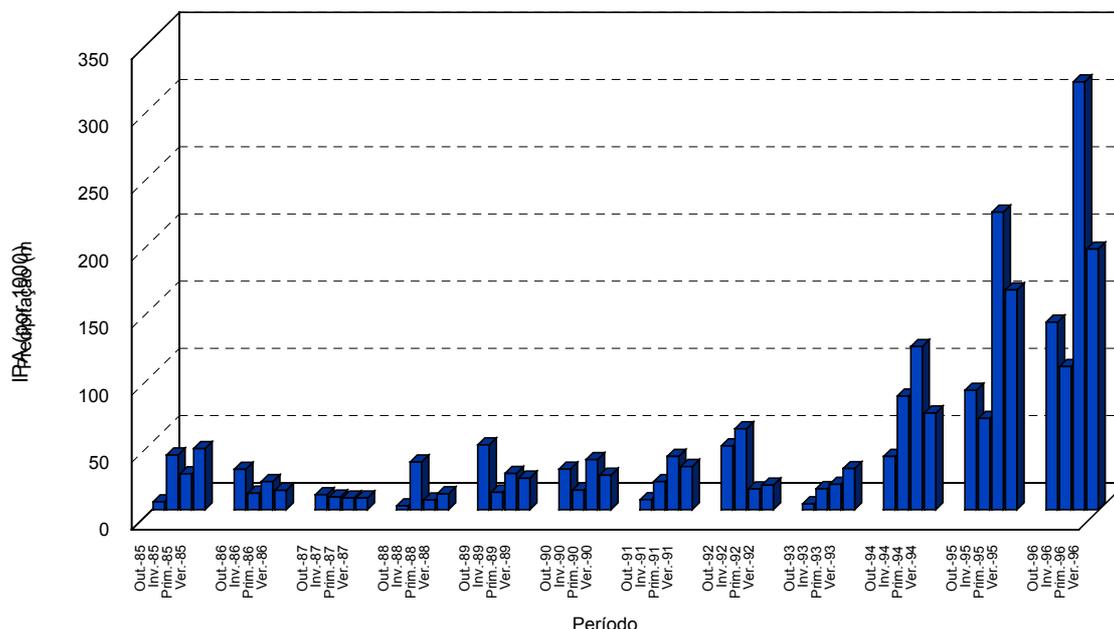
O gráfico 7 mostra o município de Caracará, onde o período com maior número de casos foi o ano de 1996 com 7.443 casos, que correspondeu a 31% do total de 23.958 casos durante todo o período de estudo, e o ano com o menor número de casos foi 1987 com 344 casos, com IPA's altos, apenas 1987 e 1993 com IPA's médios.

Gráfico 7 – Distribuição do IPA no Município de Caracará, 1985-1996



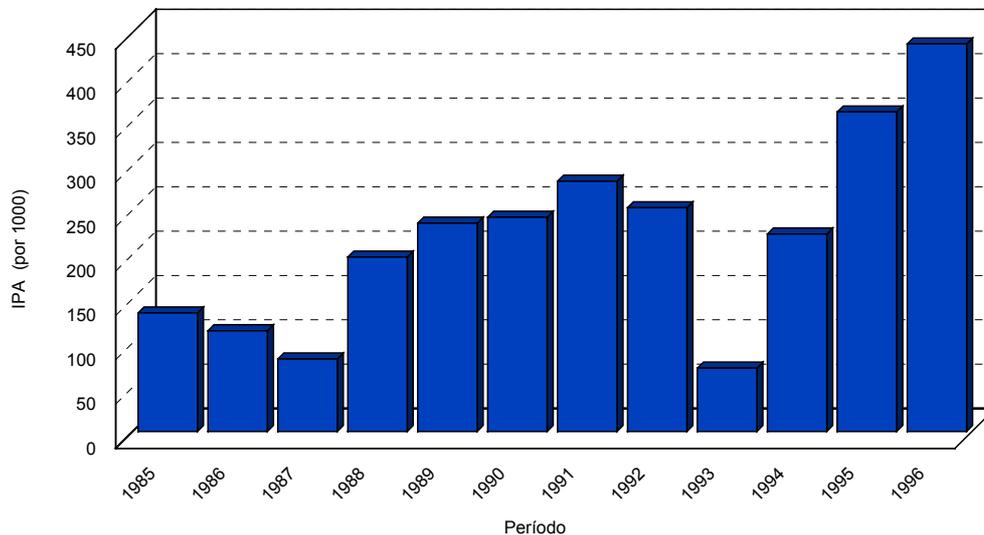
No município de Caracará, não houve predominância dos casos de malária em nenhuma estação específica, apesar de aparentemente ter havido um predomínio dos casos durante a primavera, como está representado no gráfico 8, $\rho=0,103$.

Gráfico 8 - Distribuição do IPA no Município de Caracará por Estações do Ano, 1985-1996



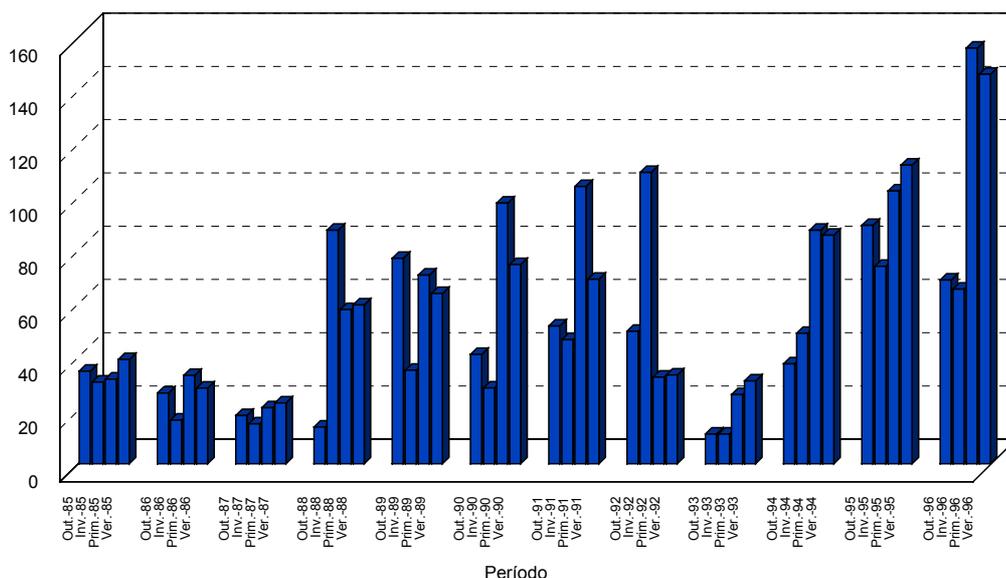
Para Mucajaí, o ano com maior número de casos foi o ano de 1996 com 5.972 casos, que correspondeu a 15% do total de 38.760 casos durante todo o período de estudo que foi de 1985 a 1996, e o ano com o menor número de casos foi 1987 com 753 casos. Entretanto se for considerado o IPA, este é menor no ano de 1993, como visto no gráfico 9, e podem ser catalogados como IPA altos. Chama a atenção tanto no ano de 1988 como no de 1992 que o pico de número de casos mais elevado é no mês de julho, período de muita chuva.

Gráfico 9 - Distribuição do IPA no Município de Mucajaí, 1985-1996



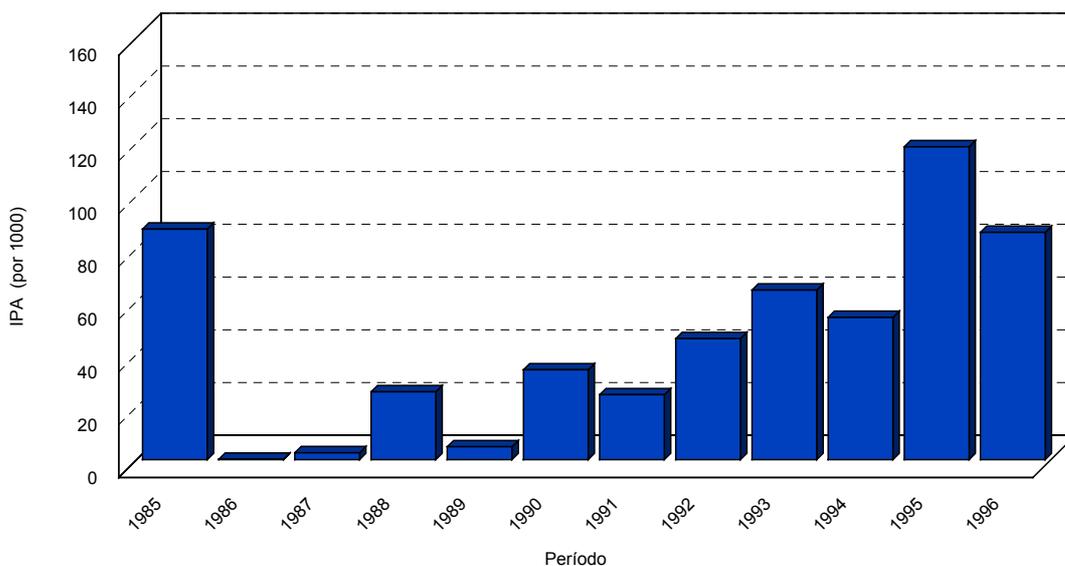
Durante o período estudado observou-se para esse município que não houve diferença estatística entre as estações do ano com $p=0,08$, conforme observado no gráfico 10.

Gráfico 10 - Distribuição do IPA no Município de Mucajai por Estações do Ano, 1985-1996



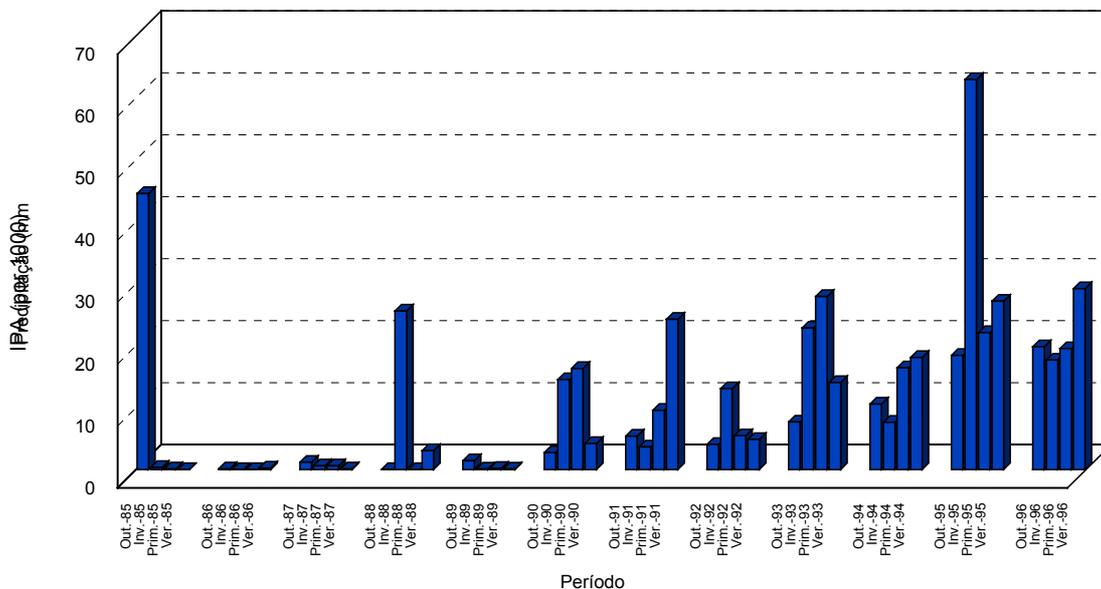
No gráfico 11 está representado a distribuição do IPA no município de Normandia. O período com maior número de casos foi o ano de 1995 com 1.519 casos, que correspondeu a 30% do total de 5.046 casos durante todo o período de estudo, para esse município não foi considerado o período com menor valor porque existiu uma inconsistência nos dados de malária nos anos de 1985 a 1990.

Gráfico 11 - Distribuição do IPA no Município de Normandia, 1985-1996



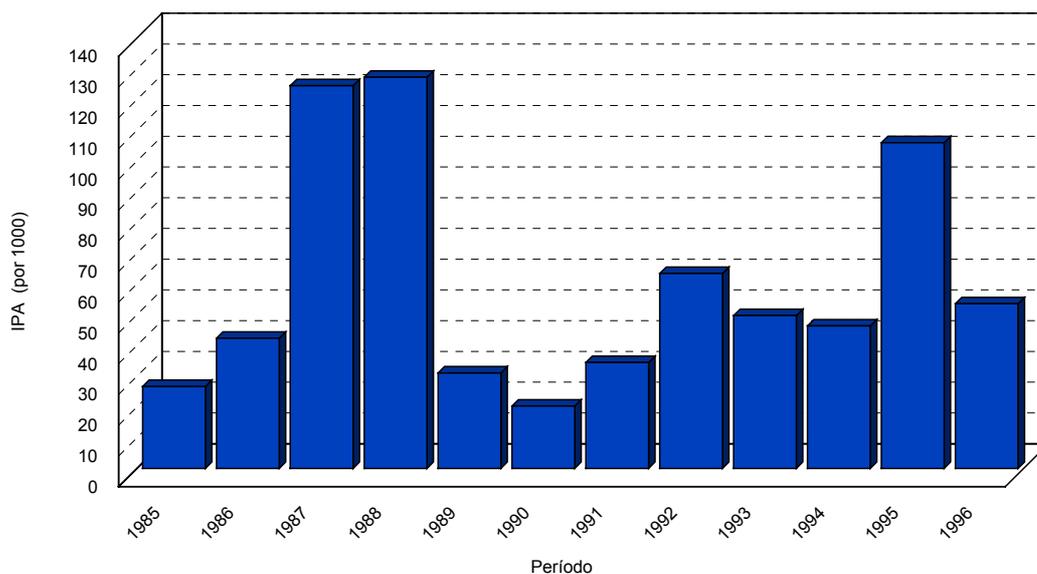
Também neste município, como visto no gráfico 12, durante o período não houve predominância dos casos de malária em nenhuma estação específica, apesar de, aparentemente, haver um predomínio dos casos durante o inverno, $\rho=0,503$.

Gráfico 12 - Distribuição do IPA no Município de Normandia por Estações do Ano, 1985-1996



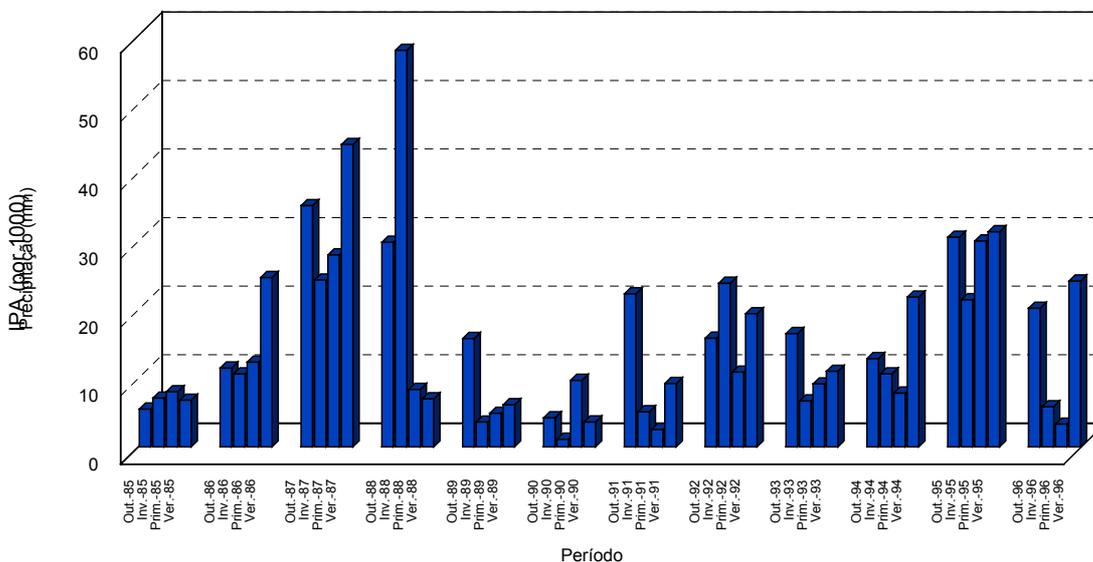
No gráfico 13 observou-se que, para o município de São João da Baliza, o período com maior número de casos foi o ano de 1988 com 1.808 casos, que correspondeu a 20% do total de 9.015 casos durante todo o período de estudo que foi de 1985 a 1996, e o ano com o menor número de casos foi 1990 com 274 casos. Os dados possuem IPA altos nos anos de 1987, 1988, 1992 e 1995.

Gráfico 13 - Distribuição do IPA no Município de São João da Baliza, 1985-1996



No gráfico 14, nota-se que durante o período não houve predominância dos casos de malária em nenhuma estação específica, apesar de aparentemente haver um predomínio dos casos durante a seca, $\rho=0,306$.

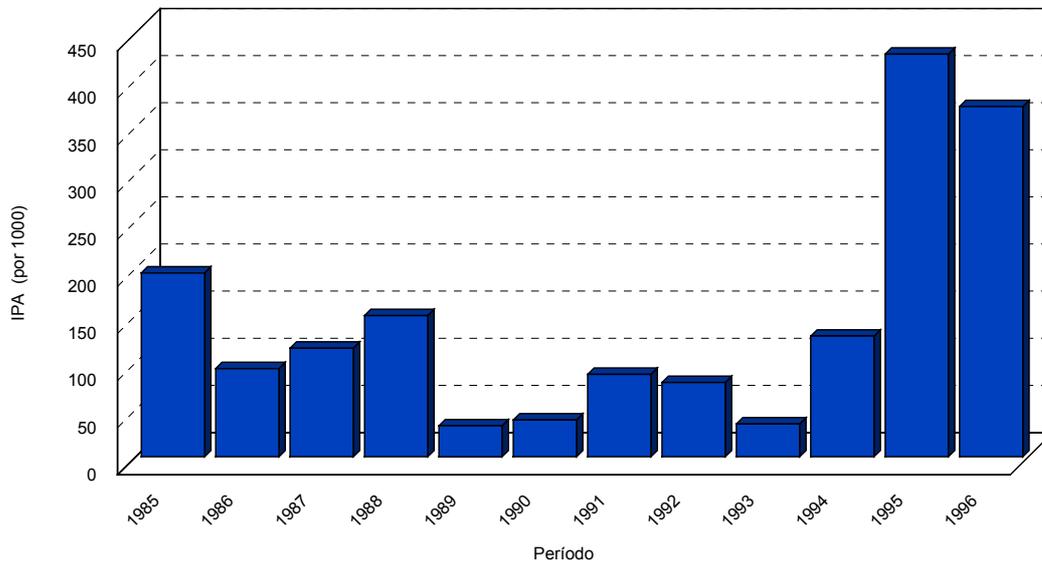
Gráfico 14 – Distribuição do IPA na Município de São João da Baliza por Estações do Ano, 1985-1996



Para São Luiz do Anauá, no gráfico 15, observa-se que o período com maior número de casos foi o ano de 1995 com 4.786 casos, que correspondeu a 33% do total de 14.722 casos durante todo o período de estudo que foi de 1985 a 1996, e o ano com o menor

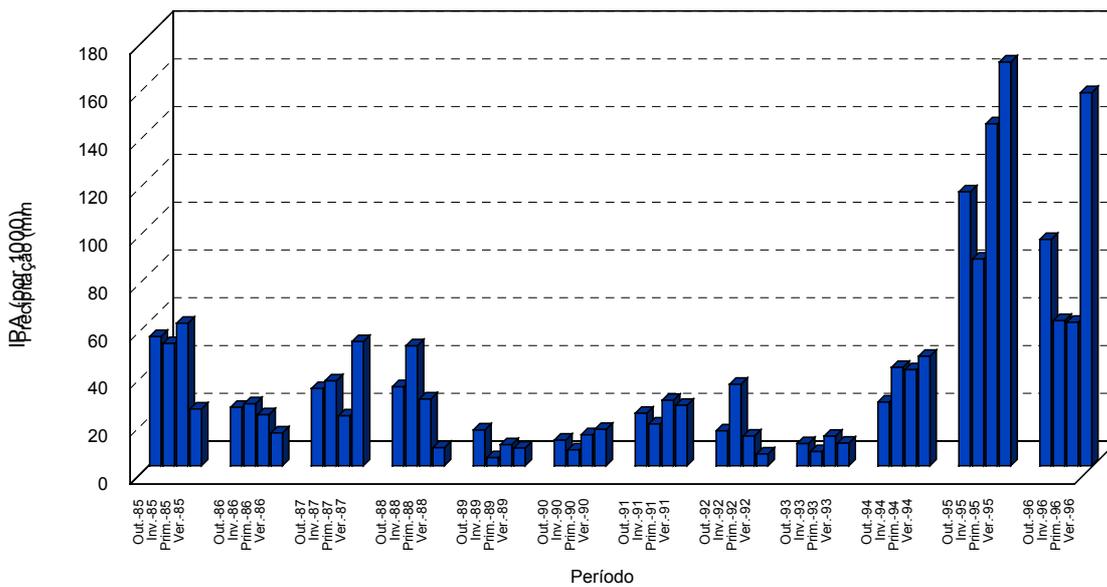
número de casos foi 1989 com 503 casos. Os IPA's são considerados como médios em 89, 90, e 93.

Gráfico 15 - Distribuição do IPA no Município de São Luiz do Anauá, 1985-1996



Durante o período não houve predominância dos casos de malária em alguma estação específica, como pode ser observado no gráfico 16, apesar de aparentemente haver um predomínio dos casos durante a seca, $p=0,704$.

Gráfico 16 - Distribuição do IPA no Município de São Luiz do Anauá por Estações do Ano, 1985-1996



A partir da divisão municipal ocorrida em 1997, o pico estadual foi em 1996 com 143,53 x 1000hab. e o valor mais baixo, em 1988, com 63,24. O valor indicativo de um risco médio ocorreu apenas no ano de 1993.

Ao realizar a análise municipal, nota-se que a distribuição do IPA não é homogênea. Verificou-se que em todos os municípios ocorreram flutuações no tempo, com alguns extremos como os municípios de Bonfim e Mucajaí que, apesar da flutuação, apresentaram IPA alto durante o período de 1985 a 1996; os valores mais baixos para esses municípios foram 76,25 e 81,72, respectivamente. Observou-se que Normandia apresentou o valor mais baixo de todo o período (em 1986, 0,12 x 1000hab.), enquanto que Caracarái teve o valor mais alto (em 1996, 758 x 1000hab.); o município de Boa Vista apresentou uma transmissão estável, sem grandes oscilações, com o valor mais baixo em 1993 (25,71 x 1000 hab.).

Em quase todos os municípios os valores finais foram altíssimos. Em 1996, esses valores foram de 758,41; 436,81; 399,29 e 371,79 x 1000 hab, para os municípios de Caracarái, Mucajaí, Bonfim e São Luiz do Anauá, respectivamente.

Todos apresentaram um decréscimo no número de casos entre os anos de 1986 a 1988 com exceção de S. João da Baliza, onde existe um aumento no número de casos nesses anos, provavelmente devido à imigração.

Depois da divisão municipal no ano de 1997, como observado na figura 2, verificou-se um decréscimo importante do IPA no município de Boa Vista que passa a ser de baixo risco (5,50 x 1000hab.). Entretanto, Amajari, que foi criado a partir de Boa Vista, alcança o valor mais alto de todos os municípios do Estado (632,35 x 1000hab.).

No final do período de 1983-1996 todos os municípios possuem valores que os classificam como de alto risco.

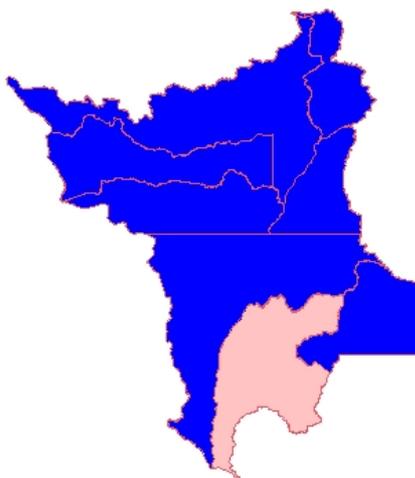
Ao observar-se a porcentagem de *P. falciparum* (indicador da gravidade da doença), existe uma variação de 29,81% (1983) a 51,04% (1996) no Estado. Com a análise municipal pode-se notar que a forma mais grave da doença também não está distribuída homogênea e que se concentra em algumas regiões, especialmente se forem observados os anos de 1984 e 1998. Em 1985, os municípios onde mais de 50% dos

casos foram por *P. falciparum* foram: Boa Vista (50,27%), Bonfim (56,19%), Mucajaí (50,92%) e São João da Baliza (53,23%). Em 1990 e 1994 apenas em Normandia existe mais de 50% de *P. falciparum*.

Em 1996, os municípios de Normandia e S. João da Baliza continuaram com 63,58% e 52,63% dos casos na forma mais grave, respectivamente. Nos outros municípios houve uma diminuição da presença desse parasita; apenas Amajari, Pacaraíma, Alto Alegre e Bonfim apresentaram uma porcentagem maior, 41,83%, 31,08%, 31,20% e 27,52%, respectivamente.

VI.2. Análise Espacial Para Malária

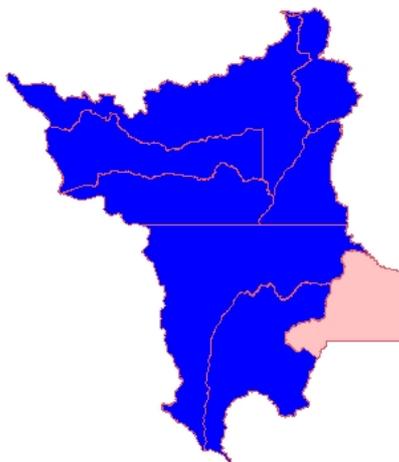
Fez-se uma análise espacial utilizando o índice de *Moran* para verificar se havia uma dependência espacial da malária nos municípios. Em todos os anos a correlação espacial não ultrapassou o valor de 0,5, sendo que o ano com uma melhor correlação espacial foi o ano de 1985, como pode ser observado no mapa 1, onde se observou que para o outono o índice foi de $-0,39$, com um LISA significativo a 95% para o município de São Luiz do Anauá onde aparece com valores maiores que o vizinho.



Mapa 1. Resultado do LISA map ressaltando o município de São Luiz do Anauá durante o outono de 1985.

No mapa 2, nota-se que no inverno desse mesmo ano o município de São João da Baliza se destaca por possuir valores menores que o vizinho com um índice de $-0,21$. Para o

ano de 1995, durante o verão, o município de São João da Baliza volta a destacar-se por possuir valores mais baixos que o vizinho, com um índice de *Moran* de 0,02.



Mapa 2. Resultado do LISA map ressaltando o município de São João da Baliza durante o inverno de 1985.

VI.2.1. Análise espacial utilizando a *Krigagem*

Ao utilizar-se o método de Kriging gerou-se uma malha (*grid*) uniforme para todo o Estado de Roraima, como pode ser observado na figura 14, a partir dos dados pontuais de precipitação de cada estação pluviométrica. Fez-se necessário a utilização desta técnica para que se pudesse obter os dados de precipitação para todo o polígono representado pelos municípios.

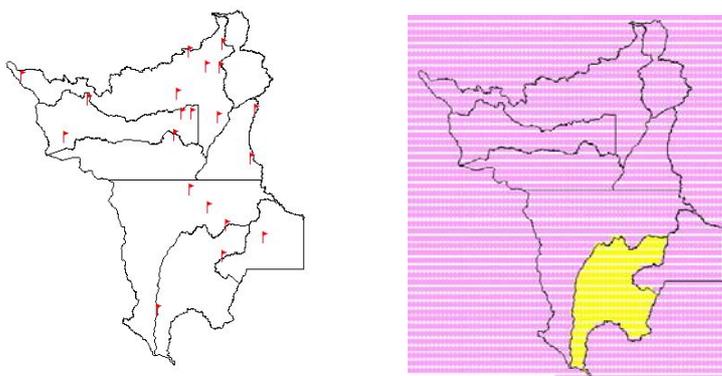
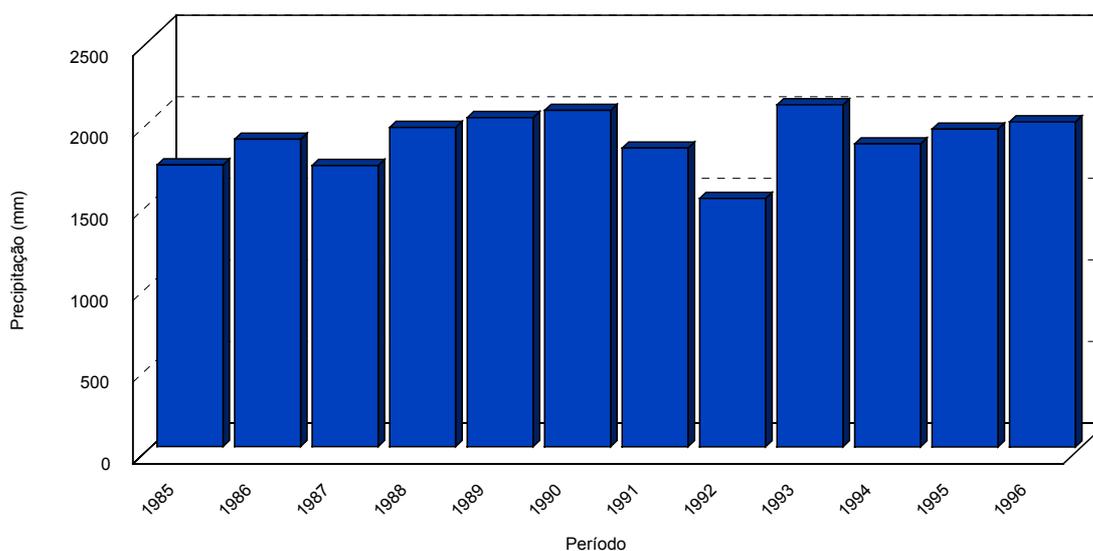


Figura 14. *Grid* gerado a partir dos dados pontuais das estações pluviométricas.

VI.3. Resultados Sobre Precipitação

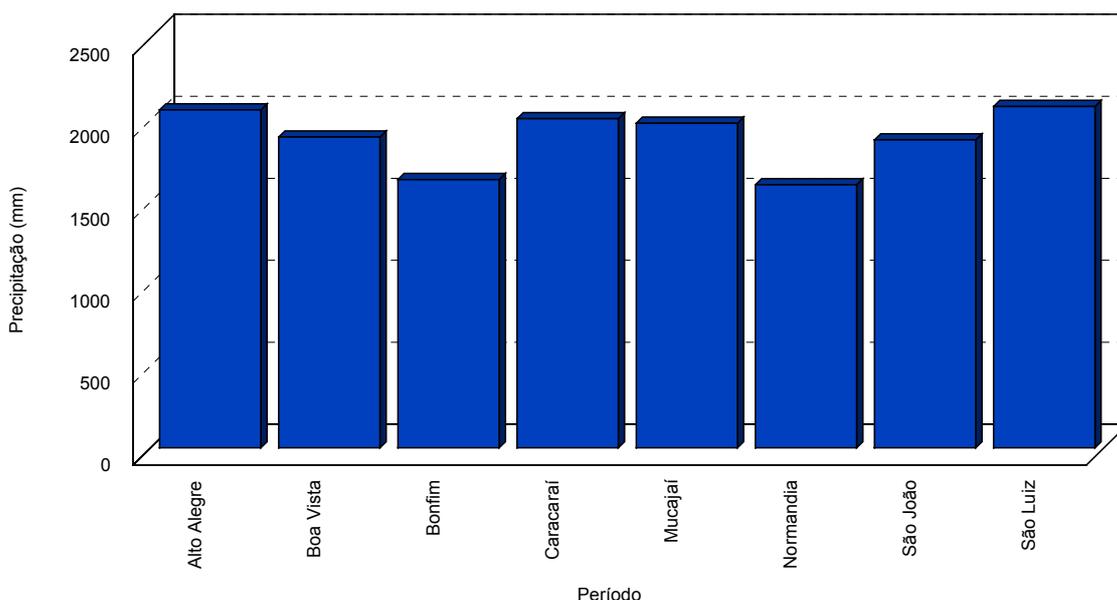
No gráfico 17 pode-se observar que o ano que mais choveu foi 1993 e o que menos choveu foi 1992. Quando se observam os dados por município durante os anos e estações pode-se notar que o município, com média mais chuvosa foi São Luiz do Anauá com 2.081,8mm seguido de Caracaraí com 2.007,8mm.

Gráfico 17 - Precipitação Anual Total no Estado de Roraima, 1985-1996



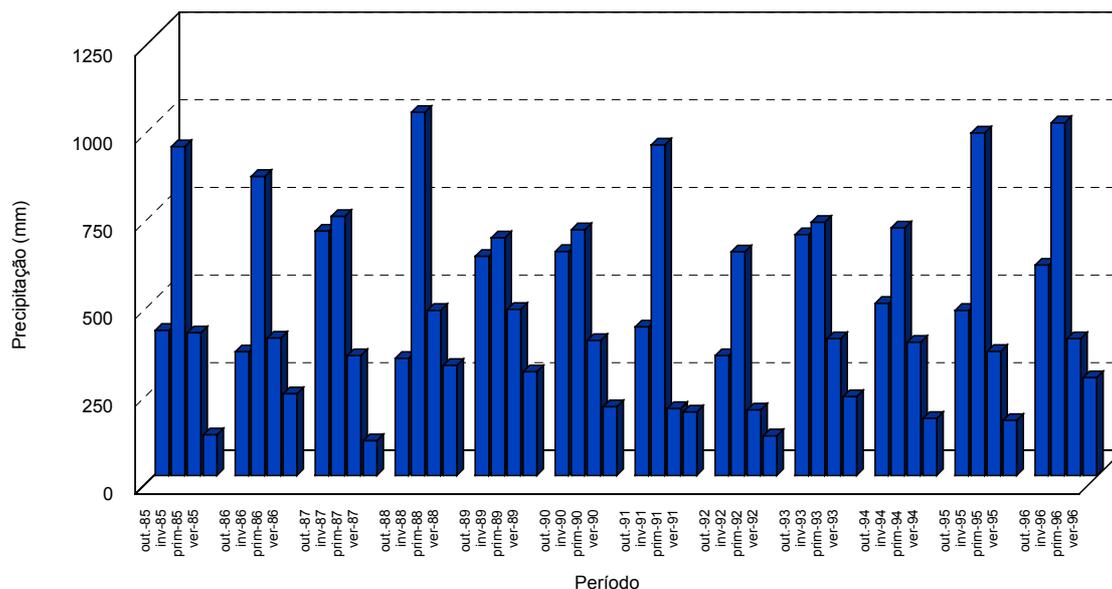
Nota-se, no gráfico 18, que o município menos chuvoso foi Normandia com 1.604,4mm seguido de Bonfim com 1.636mm.

Gráfico 18 - Distribuição da Precipitação no Estado de Roraima por Município, 1985-1996



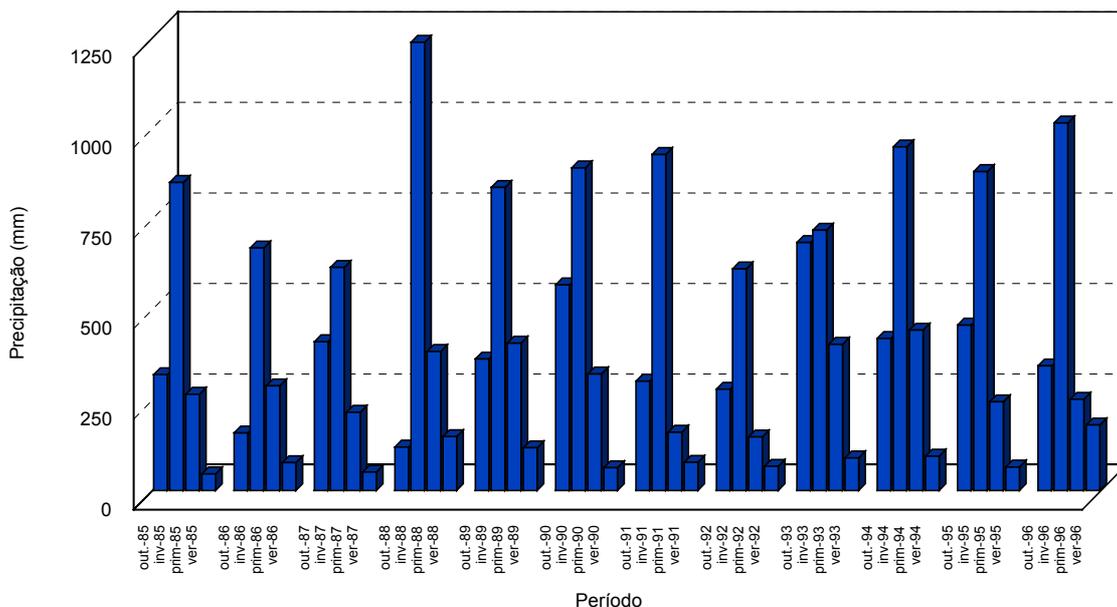
Em Boa Vista, verifica-se no gráfico 19 que, em todos os anos o período onde ocorreu uma precipitação maior foi no inverno; o ano mais chuvoso foi 1996 e o menos chuvoso foi 1992.

Gráfico 19 - Distribuição da Precipitação no Município de Boa Vista por Estações do Ano, 1985-1996



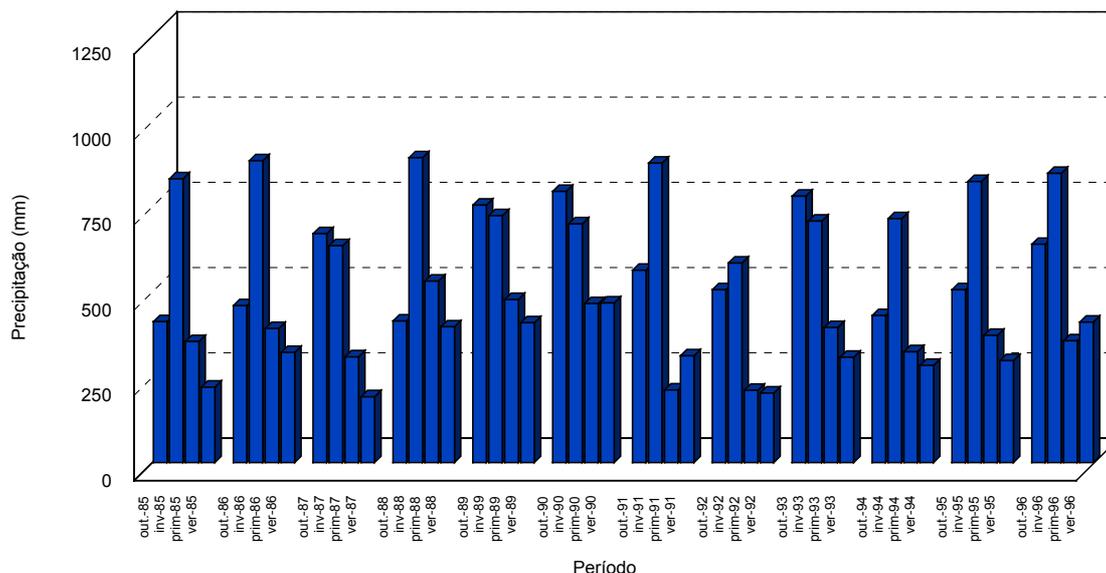
Em Normandia o ano mais chuvoso foi 1994 e o menos chuvoso foi 1992, como pode ser visto no gráfico 20. Também nesse município é no inverno o período de maior precipitação.

Gráfico 20 - Distribuição da Precipitação no Município de Normandia por Estações do Ano, 1985-1996



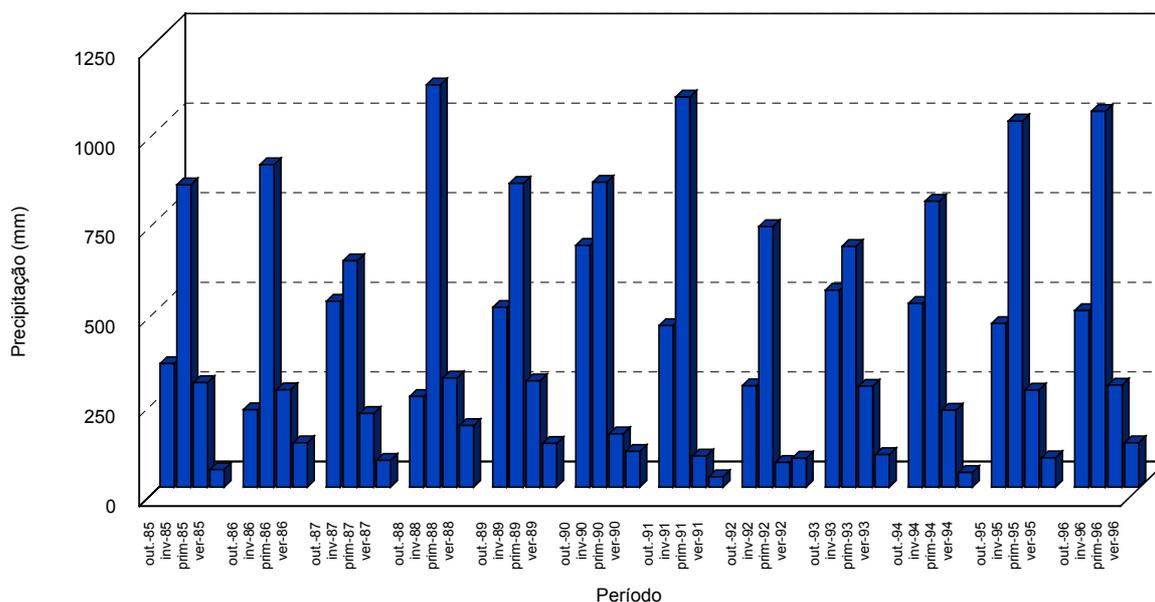
Em Alto Alegre o ano mais chuvoso foi 1990 e o menos chuvoso 1994, como pode ser visto no gráfico 21, em oito anos no inverno choveu mais e nos restantes o outono foi o período com mais chuva. Em 90, 91, e 93 choveu mais no verão do que na primavera.

Gráfico 21 - Distribuição da Precipitação no Município de Alto Alegre por Estações do Ano, 1985-1996



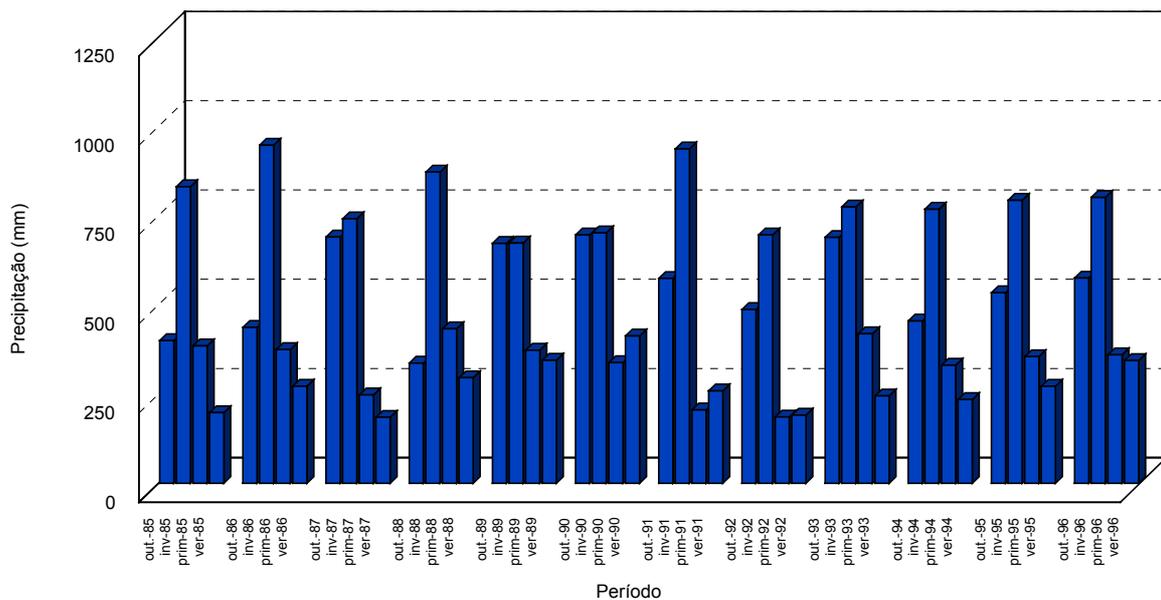
Como pode ser visto no gráfico 22, em Bonfim o ano mais chuvoso foi 1996 e o menos chuvoso foi 1987; durante todo o período o inverno foi a estação que mais choveu, em 1992 choveu mais no verão do que na primavera. Em 1993 esse município teve os valores mais baixos de todo o Estado nas estações de inverno, outono e primavera.

Gráfico 22 - Distribuição da Precipitação no Município de Bonfim por Estações do Ano, 1985-1996



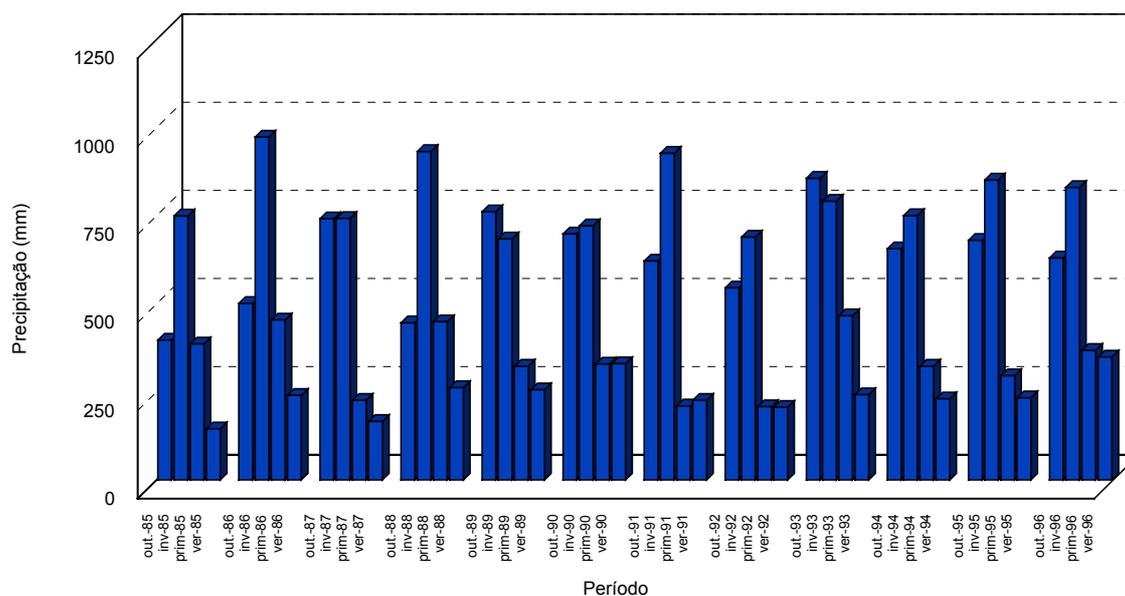
De acordo com o gráfico 23, em Mucajaí o ano mais chuvoso foi 1991 e o menos chuvoso foi 1992, com exceção dos anos de 89 e 93 que choveu mais no outono, nos demais choveu mais no inverno, nos anos de 90 e 91 choveu mais no verão do que na primavera.

Gráfico 23 - Distribuição da Precipitação no Município de Mucajaí por Estações do Ano, 1985-1996



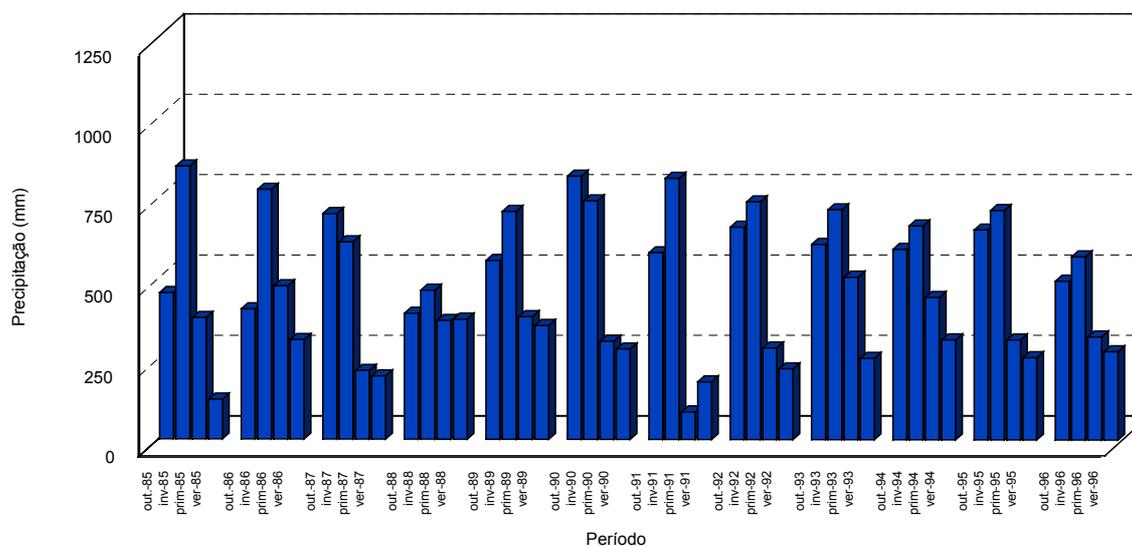
Em Caracaraí o ano que mais choveu foi 93 e o menos chuvoso foi 92, como pode ser verificado no gráfico 24. Com exceção de 89 e 93 o período que mais choveu foi no inverno e nesses dois anos foi no outono. Em 90 e 91 choveu mais no verão do que na primavera.

Gráfico 24 - Distribuição da Precipitação no Município de Caracarái por Estações do Ano, 1985-1996



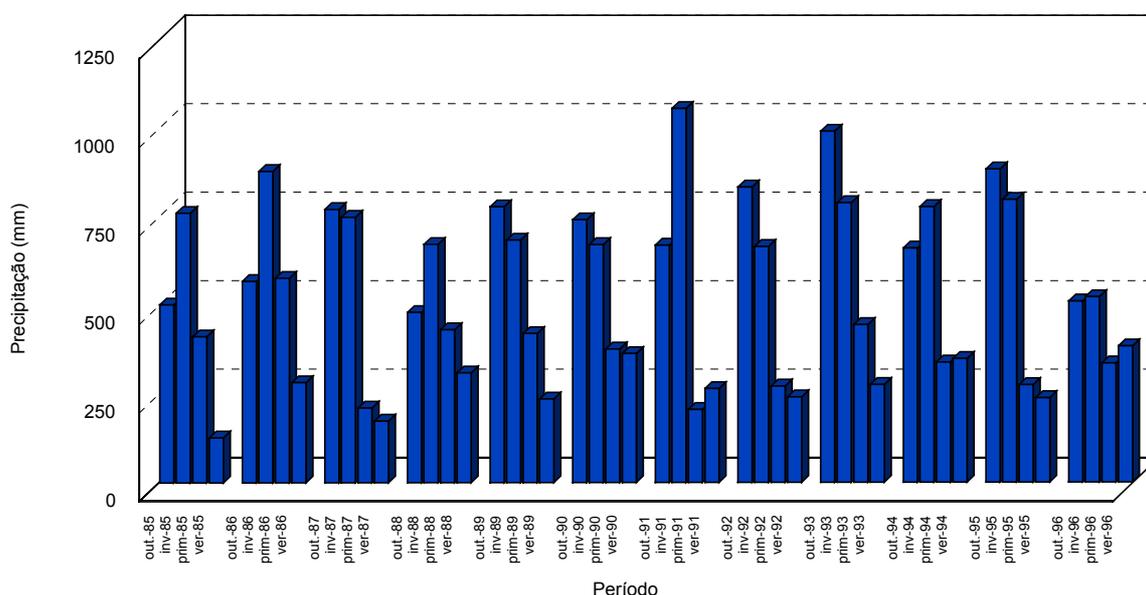
Pode-se observar no gráfico 25 que, em São João da Baliza, o período mais chuvoso foi 93 e o menos foi 88. Em 87 e 90 choveu mais no outono do que no inverno, em 88 e 91 o verão superou a primavera sendo que em 91 o valor da precipitação na primavera foi o mais baixo entre todos os municípios.

Gráfico 25 - Distribuição da Precipitação no Município de São João da Baliza por Estações do Ano, 1985-1996



Em São Luiz do Anauá o ano mais chuvoso foi 93 e esse município foi o mais chuvoso em 6 dos 11 anos do estudo (86-87, 92-95). O ano menos chuvoso foi 96, conforme visto no gráfico 26. Nesse município choveu mais no inverno e outono no mesmo número de anos, sendo o inverno de 90 o menos chuvoso de todos os municípios; em 91,94 e 96 o verão superou a primavera.

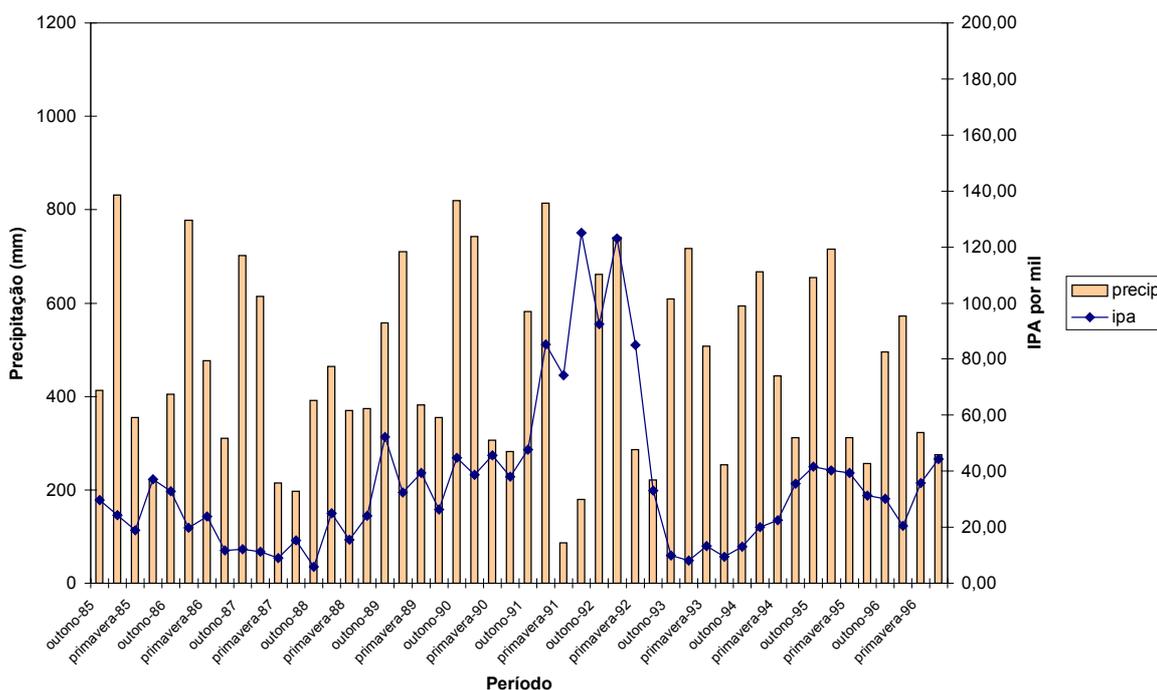
Gráfico 26 - Distribuição da Precipitação no Município de São Luiz do Anauá por Estações do Ano, 1985-1996



VI.4. Resultados Sobre Malária e Precipitação

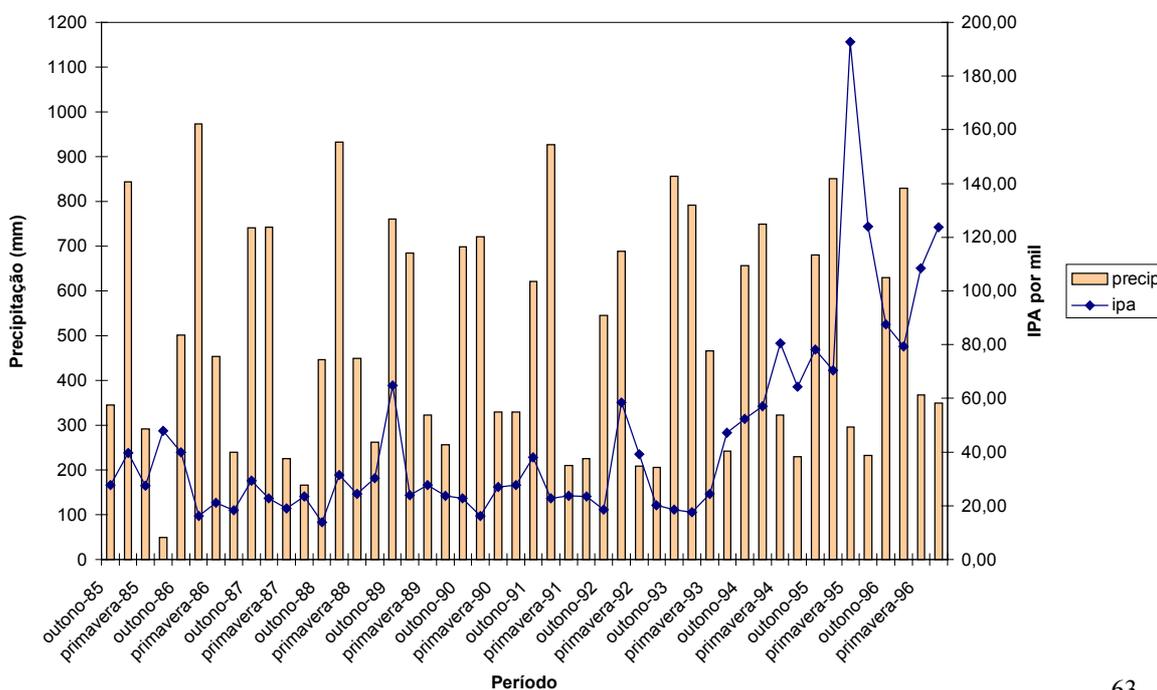
Em Alto Alegre se observa no gráfico 27 que os valores do IPA, por estação, ficaram abaixo de 20 por mil quando a precipitação se manteve acima dos 500mm na estação do ano correspondente, exceção feita para o inverno de 92 onde a precipitação foi de 741mm e obteve um IPA elevado de 123,15 por mil. No verão de 1991 onde ocorreu uma das menores precipitações de todo o período com valor de 180mm no trimestre, o IPA atingiu um dos maiores valores de todos os anos estudados.

Gráfico 27. Distribuição da malária e da precipitação no município de Alto Alegre por estações, 1985-1996.



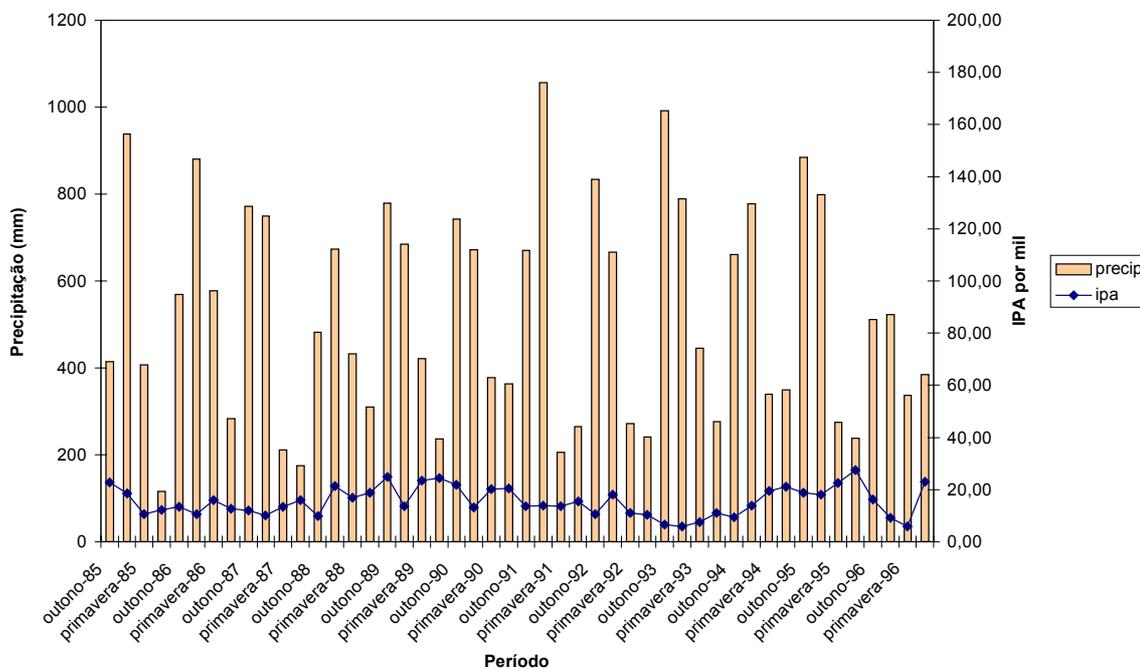
Em Bonfim a malária aumentou a partir de 1994 e teve o pico na primavera de 1995 onde se pode observar um aumento do IPA com valor de 192,67 por mil que coincide com períodos de baixa precipitação, e em 1993, 1986 e 1988 os valores ficam abaixo de 20 por mil com precipitações acima de 600mm conforme visto no gráfico 28.

Gráfico 28. Distribuição da malária e da precipitação pluviométrica no município de Bonfim por estação do ano, 1985 - 1996.



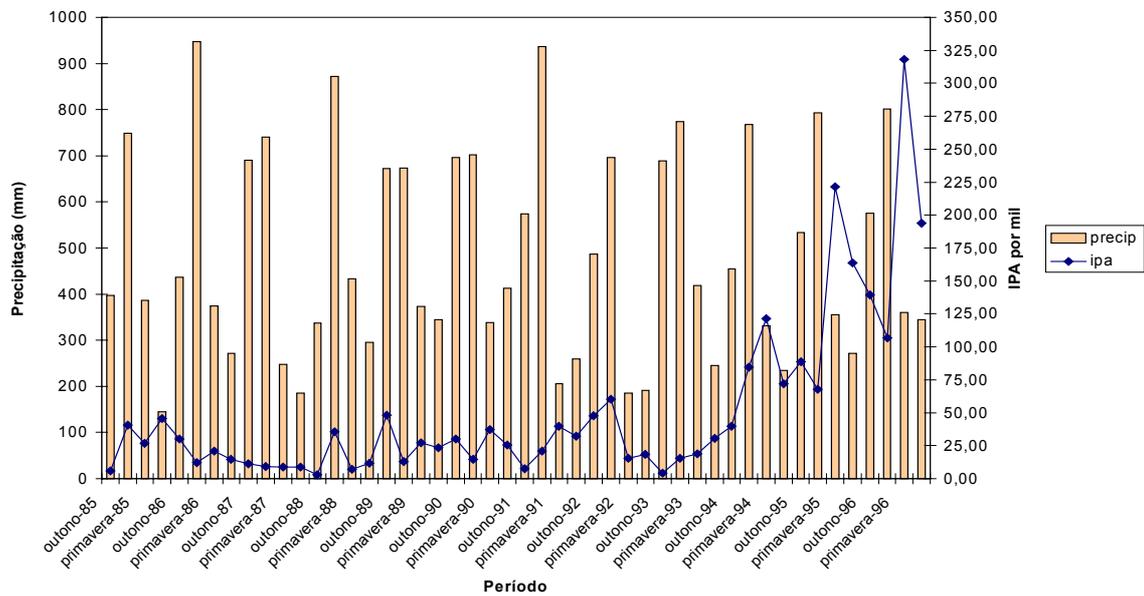
Em Boa Vista, a malária se mantém abaixo de 30 por mil em todo o período. Em 1993, de acordo com o gráfico 29, observa-se que, com precipitações acima de 700mm teve uma das incidências mais baixas de todo o período.

Gráfico 29. Distribuição da malária e da precipitação pluviométrica no município de Boa Vista por estações, 1985-1996.



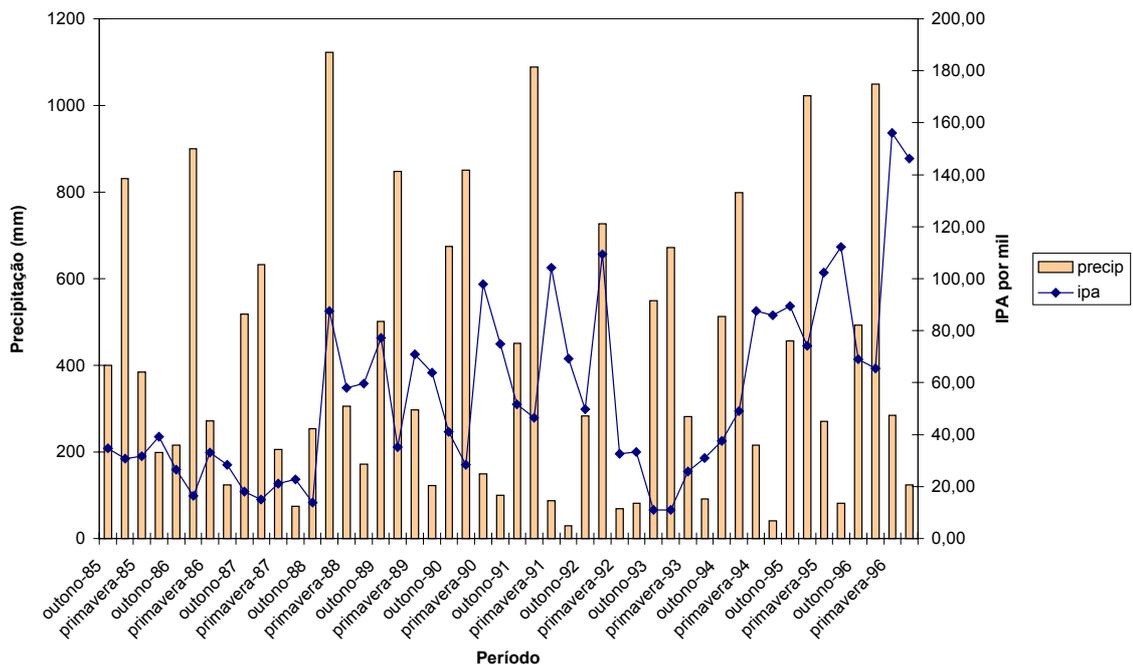
Em Caracarái, ocorreu um aumento dos casos a partir de 1994, como pode ser observado no gráfico 30, sendo que os maiores valores aconteceram nas primaveras de 1995 e 1996 com precipitação em torno de 360mm. Os menores valores ocorreram nos outonos de 1988 e 1993, após duas estações seguidas com valores inferiores a 250mm cada.

Gráfico 30. Distribuição da malária e da precipitação pluviométrica no município de Caracarái por estações do ano, 1985 - 1996.



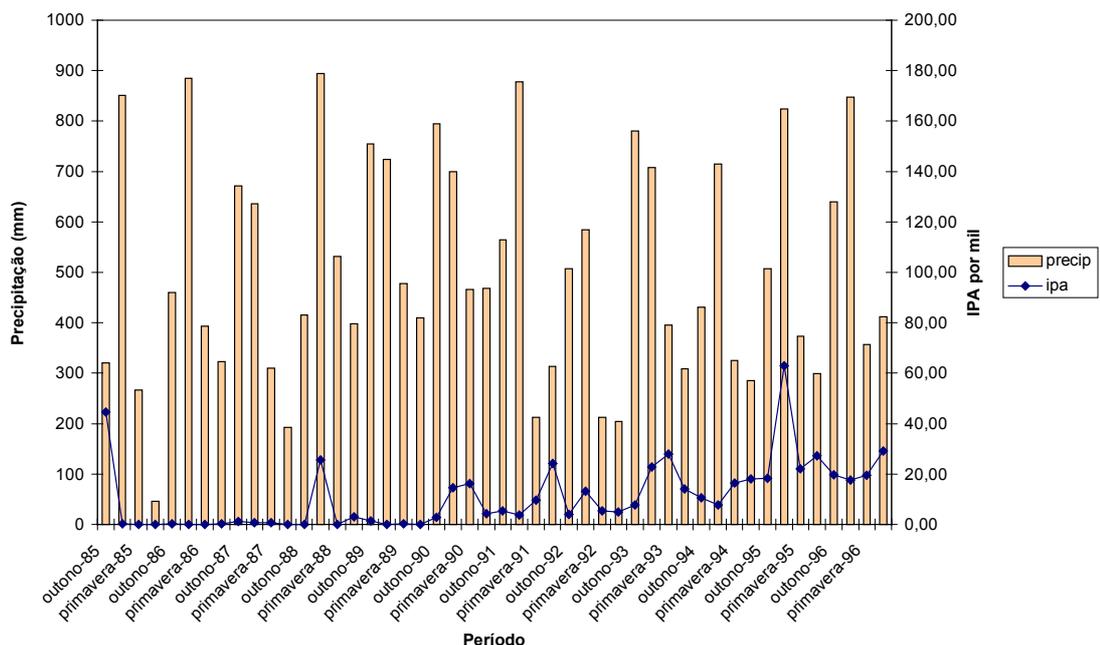
Em Mucajái não existe uma homogeneidade na transmissão durante o período. Observa-se no gráfico 31 um aumento dos casos a partir do inverno de 1988, no outono de 1988 o IPA foi de 13,77 por mil e passou na estação seguinte para 87,67 por mil. Nota-se que a partir daí tem-se uma ligeira diminuição nas estações chuvosas e um incremento no período seco (primavera e verão). Observam-se os valores mais baixos de IPA no outono e inverno de 1993, posteriores a primavera e verão com precipitação baixa em 1992. Os valores mais altos ocorreram no verão de 1995 e primavera de 1996.

Gráfico 31. Distribuição da malária e da precipitação pluviométrica no município de Mucajaí por estações do ano, 1985 - 1996.



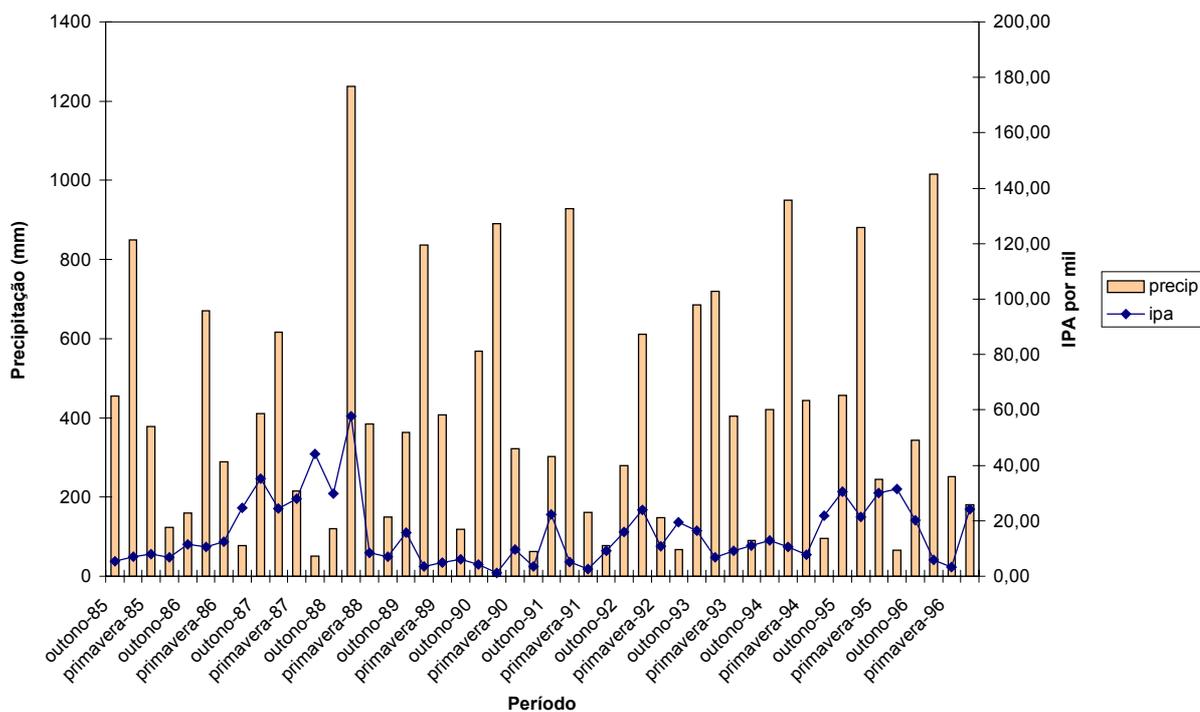
A precipitação nesse município se manteve mais ou menos constante e apenas o outono e o inverno de 1992 apresentaram precipitações abaixo de 213mm. Com relação à malária o valor mais alto ocorreu com uma precipitação acima de 800mm, conforme visto no gráfico 32.

Gráfico 32. Distribuição da malária e da precipitação pluviométrica no município de Normandia por estações do ano, 1985 - 1996.



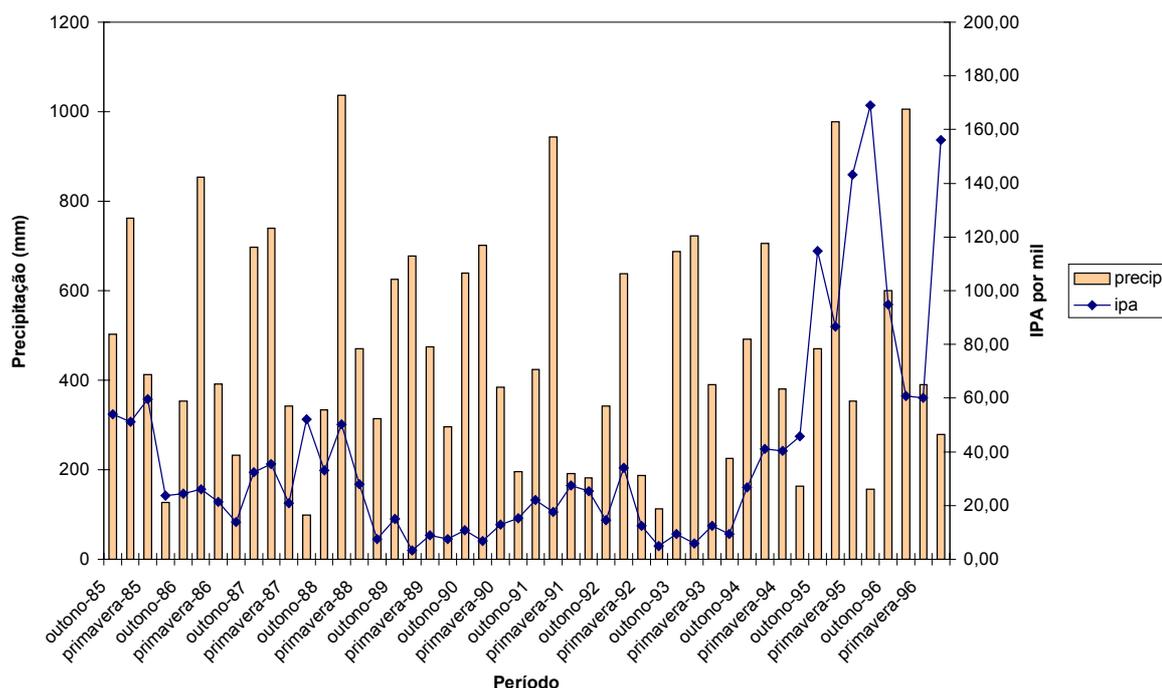
Nota-se no gráfico 33 que em São João da Baliza o ciclo de chuva foi praticamente constante sem sofrer grandes alterações. No caso da malária o único pico importante ocorreu no inverno de 1988 com 1.238 casos.

Gráfico 33. Distribuição da malária e da precipitação pluviométrica no município de São João da Baliza por estações do ano, 1985 - 1996.



Como pode ser verificado no gráfico 34, em São Luiz do Anauá observa-se uma maior concentração das chuvas no inverno de 1988 até a primavera de 1990, sendo que na malária o pico importante ocorreu no verão de 1995 com um IPA de 169 por mil.

Gráfico 34. Distribuição da malária e da precipitação pluviométrica no município de São Luiz do Anauá por estações do ano, 1985 - 1996.



Na figura 15, pode-se observar uma análise considerando os diferentes tipos de vegetação. Os dados sobre os diferentes tipos de vegetação de Roraima foram obtidos no CD-ROM do Diagnóstico Ambiental da Amazônia Legal (IBGE, 1998). Para efeitos desse trabalho todos os tipos de floresta foram considerados apenas como floresta bem como os diferentes tipos de savana foram considerados apenas como savana (tabela 3).

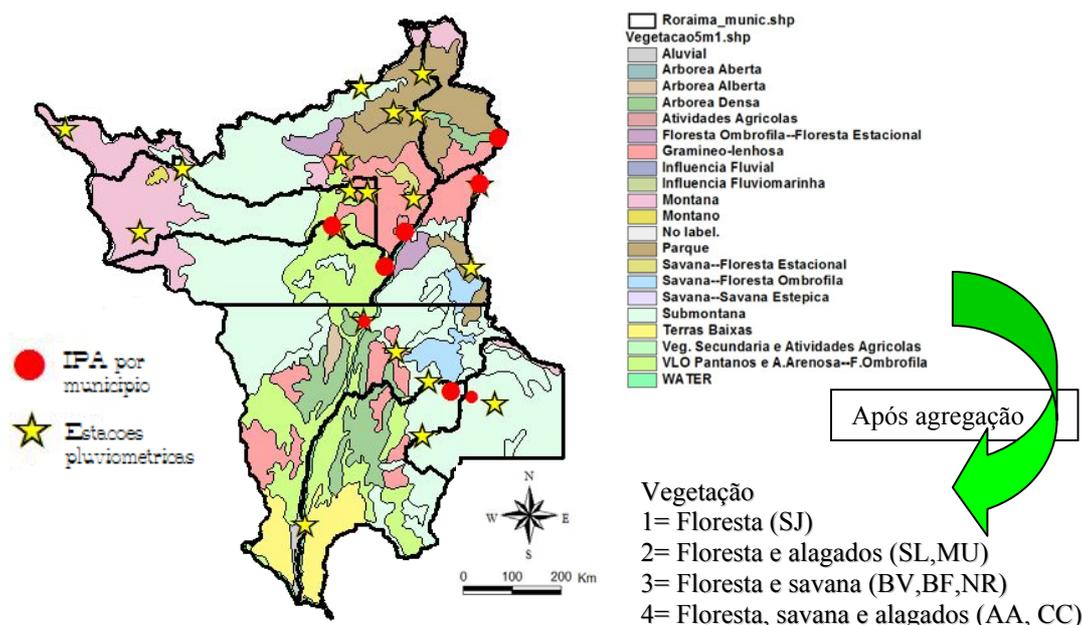


Figura 15. Distribuição das estações pluviométricas e dos valores de IPA de acordo com o mapa de vegetação. (Fonte: CD-ROM/IBGE. Diagnóstico da Amazônia Legal, 1998.; Vinhas, O. Comunicação pessoal.)

Na figura 16, estão representados os tipos de solo do Estado de Roraima, também obtidos a partir do CD-ROM do Diagnóstico Ambiental da Amazônia Legal. De acordo com comunicação pessoal fornecida pelo Engenheiro Agrônomo, Dr. Oldair V. Costa, os solos existentes em Roraima poderiam ser categorizados em solos com drenagem eficiente, solos com drenagem média e solos com drenagem insuficiente (tabela 3).

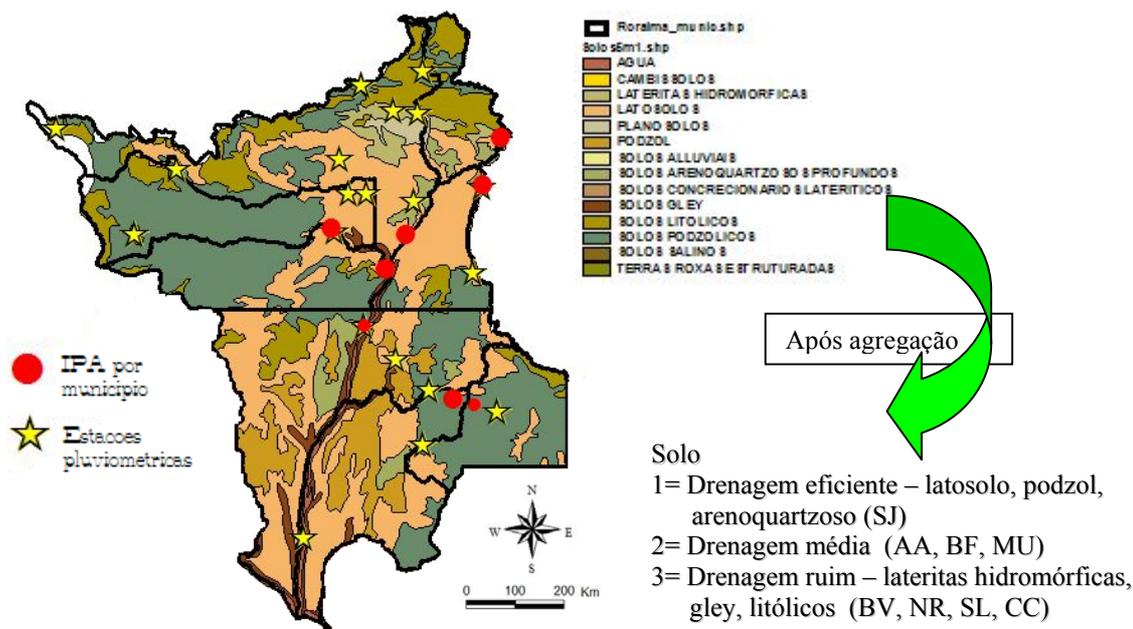


Figura 16. Distribuição das estações pluviométricas e dos valores de IPA de acordo com o mapa de solo. (Fonte: CD-ROM/IBGE. Diagnóstico da Amazônia Legal, 1998.; Vinhas, O. Comunicação pessoal)

Nas figuras 17 a 28 pode-se observar que a distribuição das chuvas não é uniforme em todo o Estado durante o ano. Verificou-se que existe uma coincidência perfeita entre os valores interpolados e os valores individuais obtidos para cada estação pluviométrica, o que sugere que a técnica de interpolação possa ser utilizada para gerar dados sobre precipitação para o município a partir da informação pontual das estações pluviométricas. Observa-se que o mês de maio possui uma precipitação semelhante aos meses do inverno e não do outono.

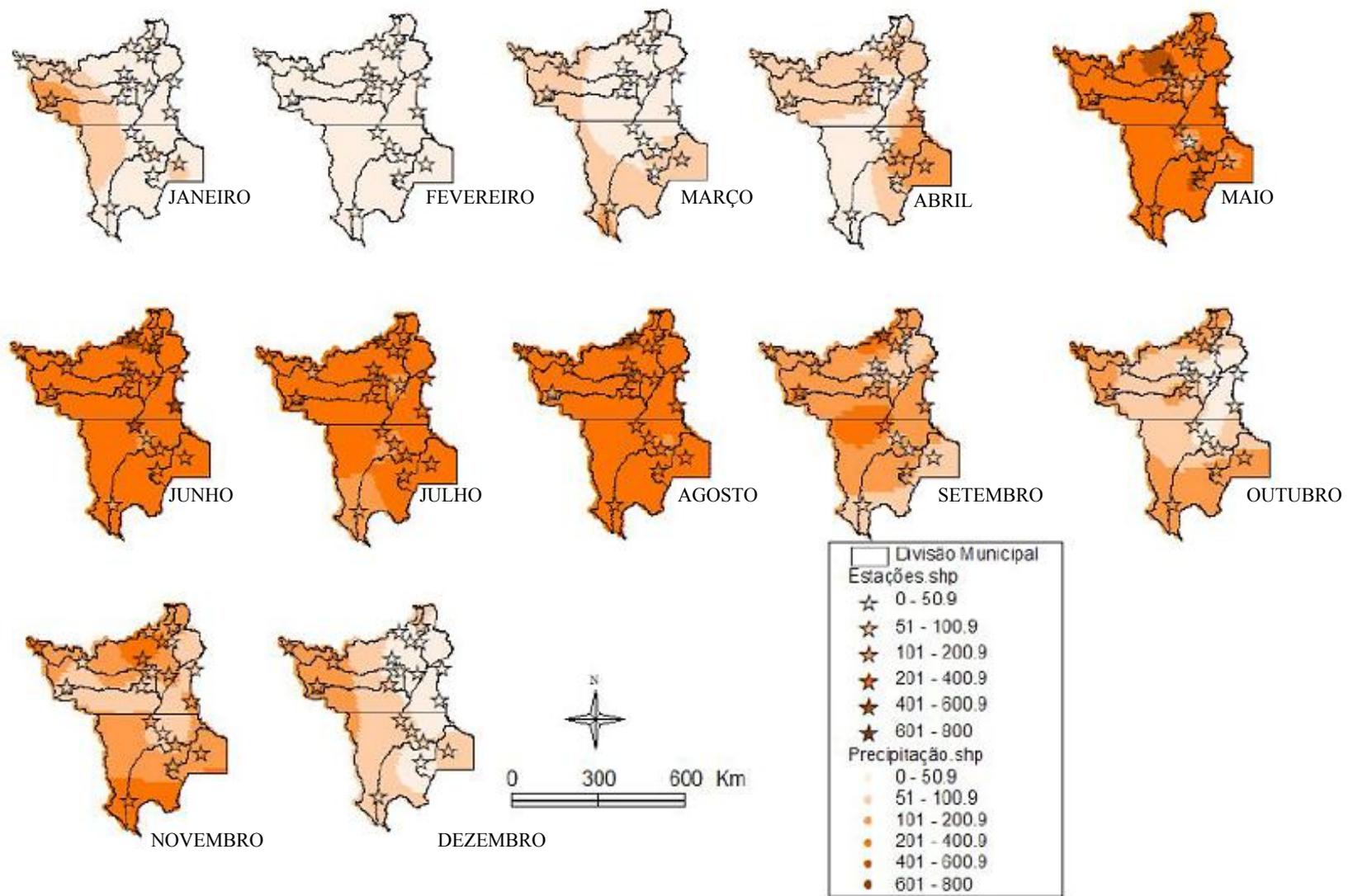


Figura 17. Distribuição da precipitação e das estações pluviométricas no Estado de Roraima, por mês, 1985

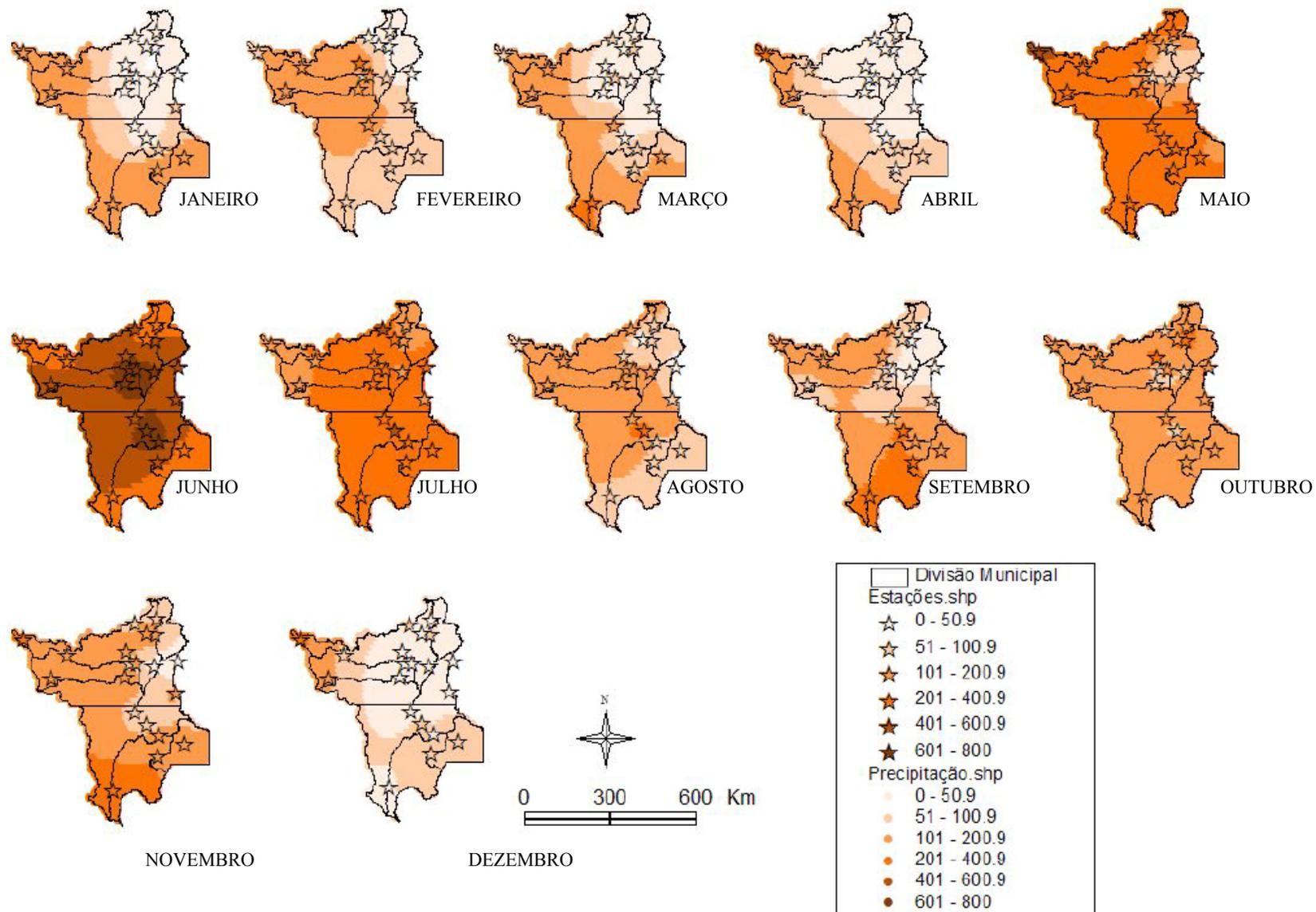


Figura 18. Distribuição da precipitação e das estações pluviométricas no Estado de Roraima, por mês, 1986

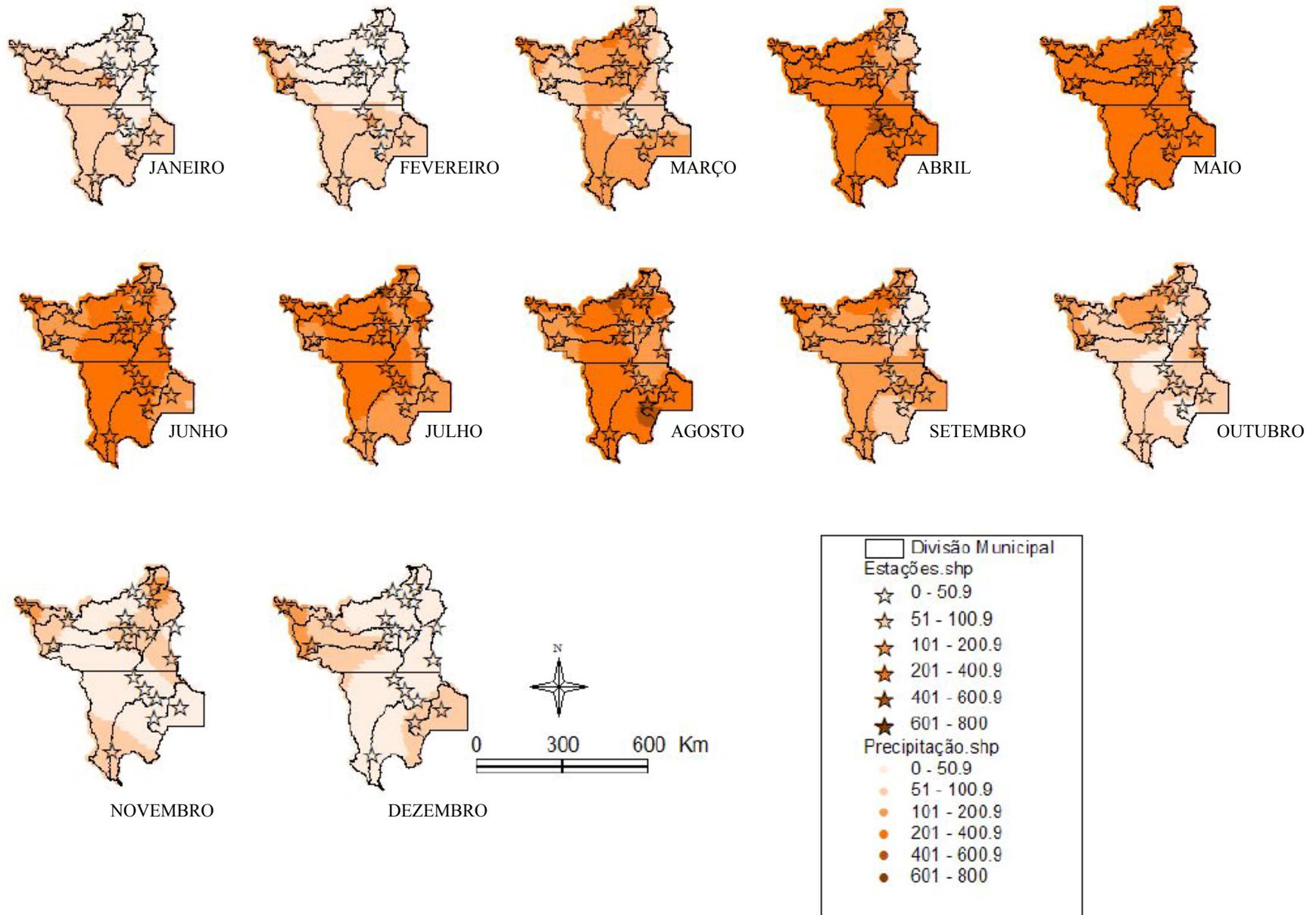


Figura 19. Distribuição da precipitação e das estações pluviométricas no Estado de Roraima, por mês, 1987

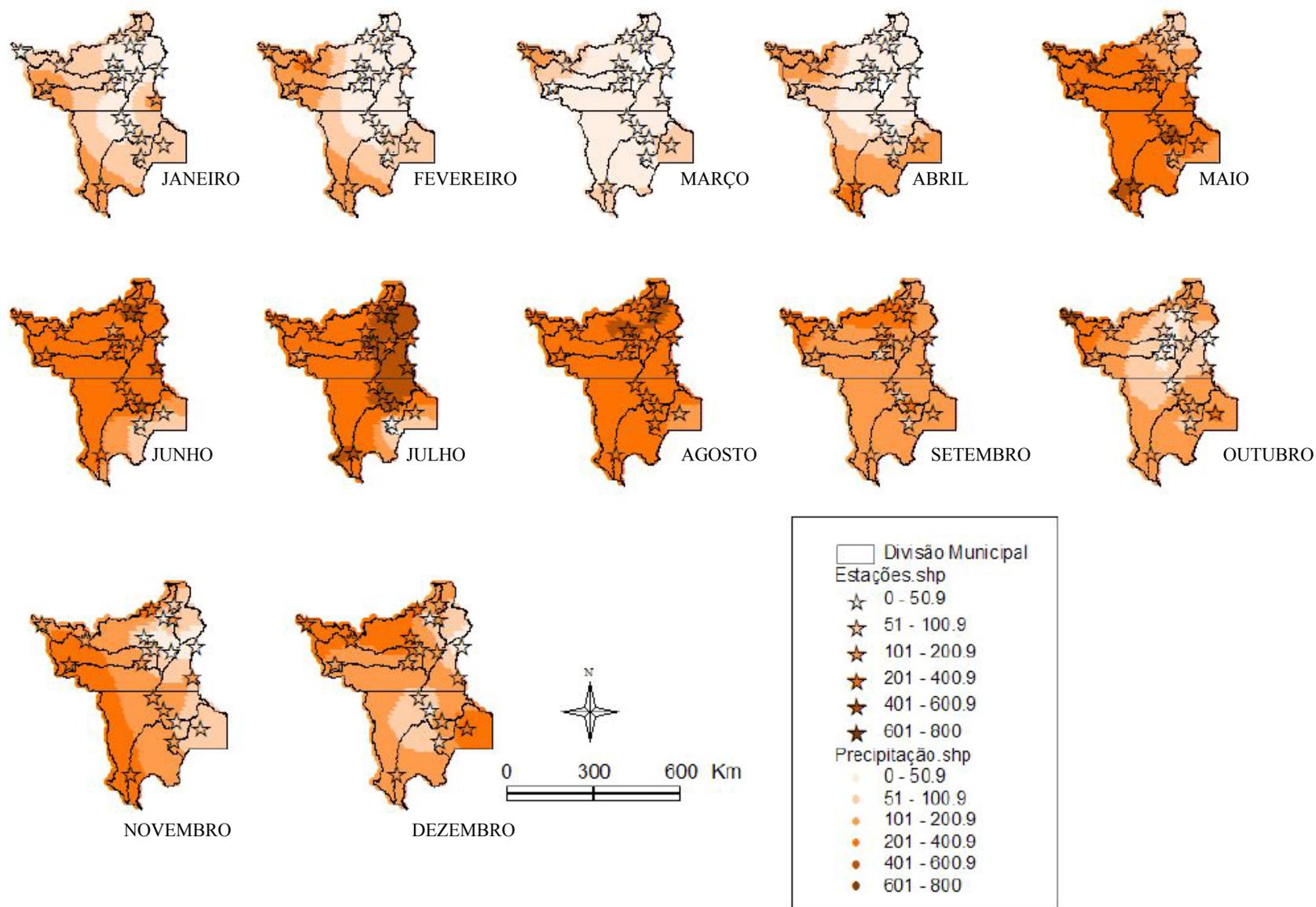


Figura 20. Distribuição da precipitação e das estações pluviométricas no Estado de Roraima, por mês, 1988

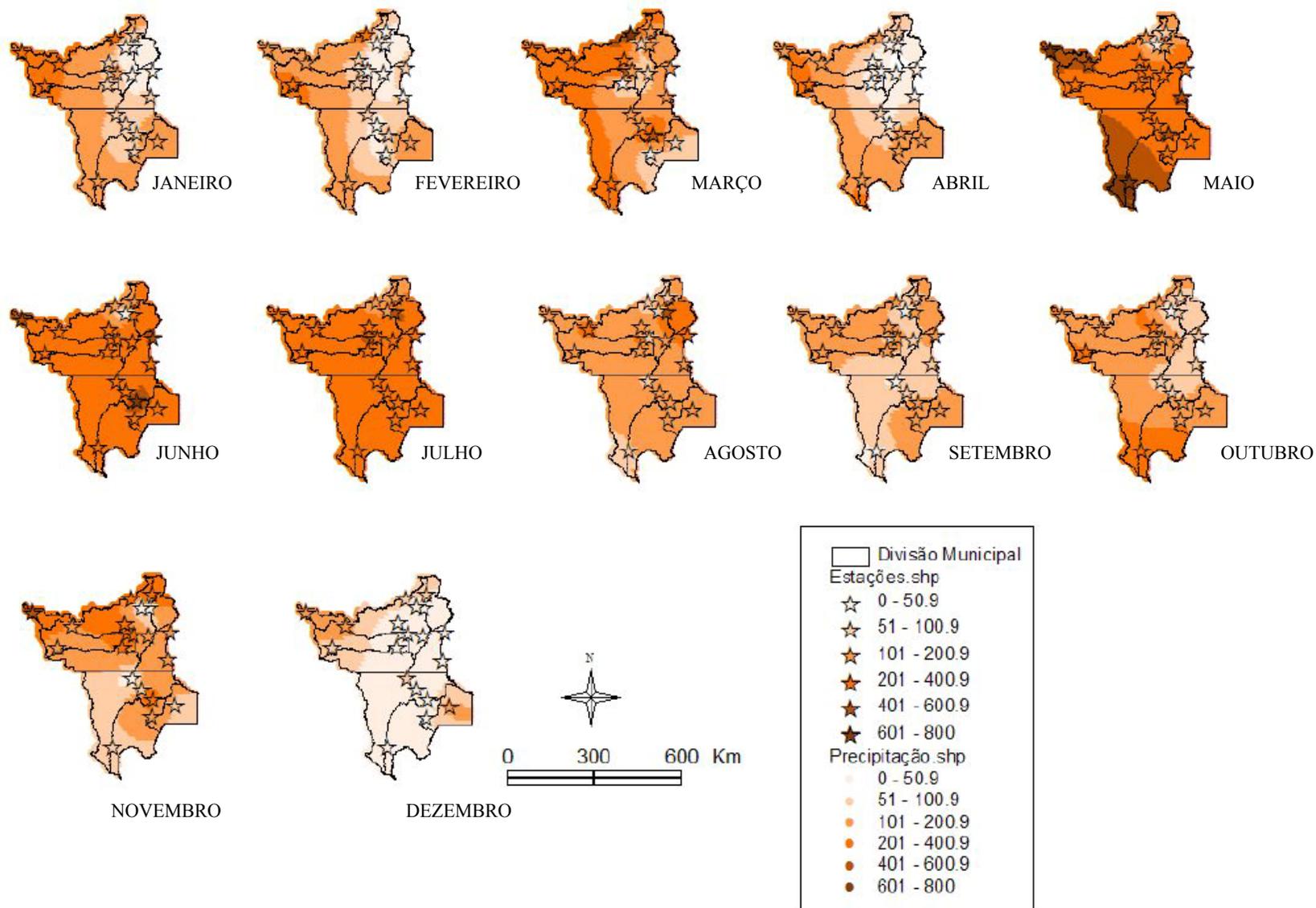


Figura 21. Distribuição da precipitação e das estações pluviométricas no Estado de Roraima, por mês, 1989

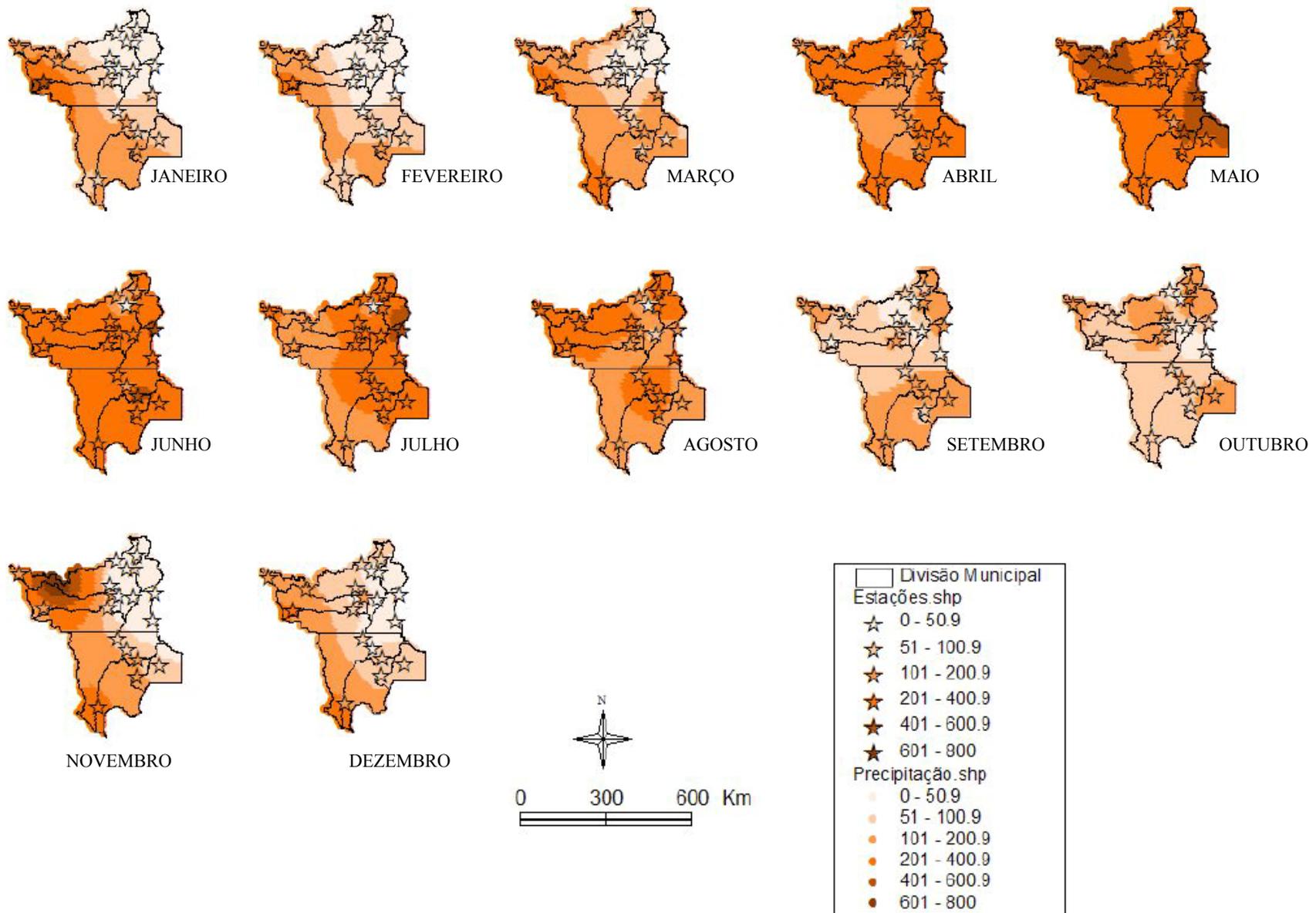


Figura 22. Distribuição da precipitação e das estações pluviométricas no Estado de Roraima, por mês, 1990

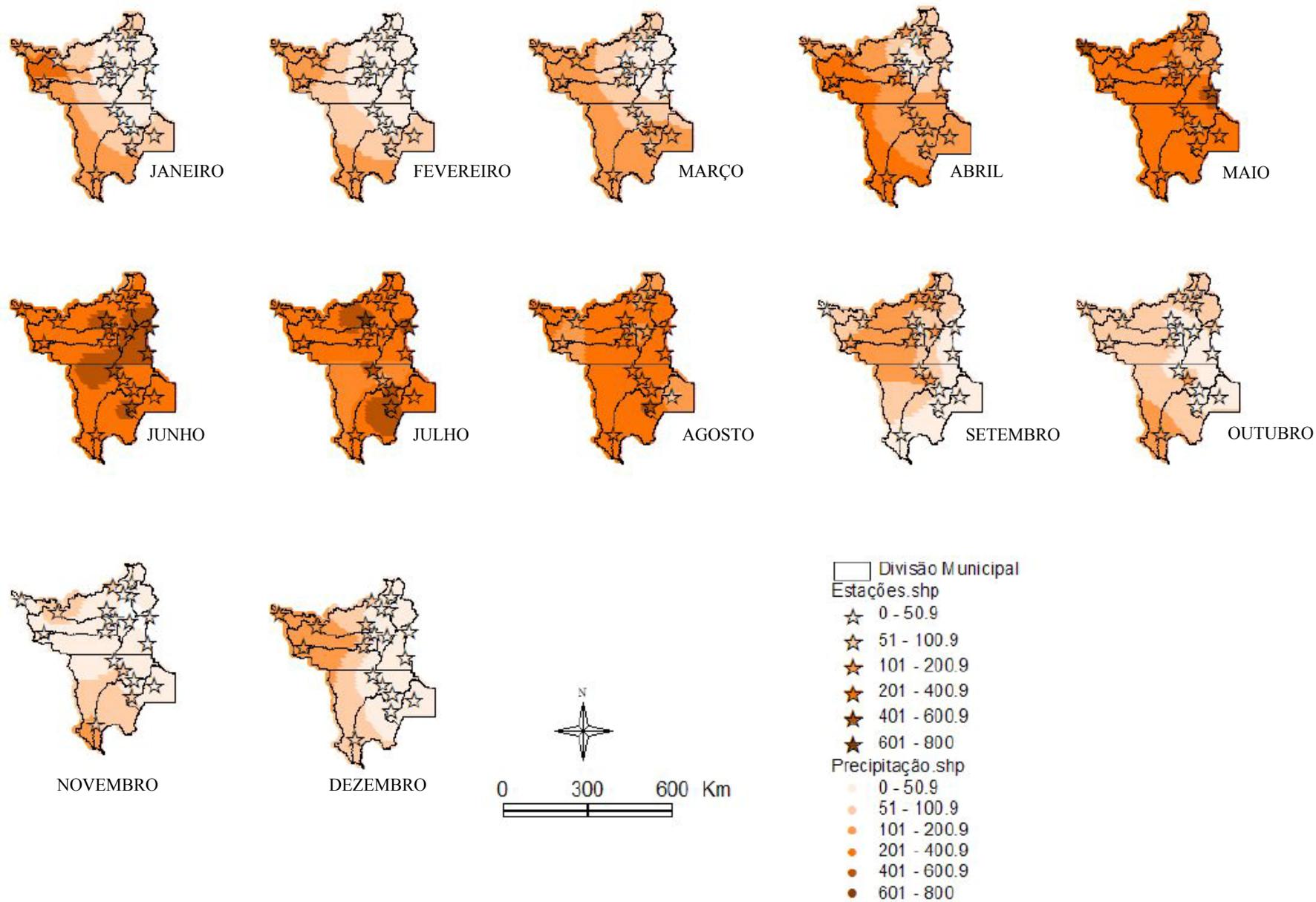


Figura 23. Distribuição da precipitação e das estações pluviométricas no Estado de Roraima, por mês, 1991

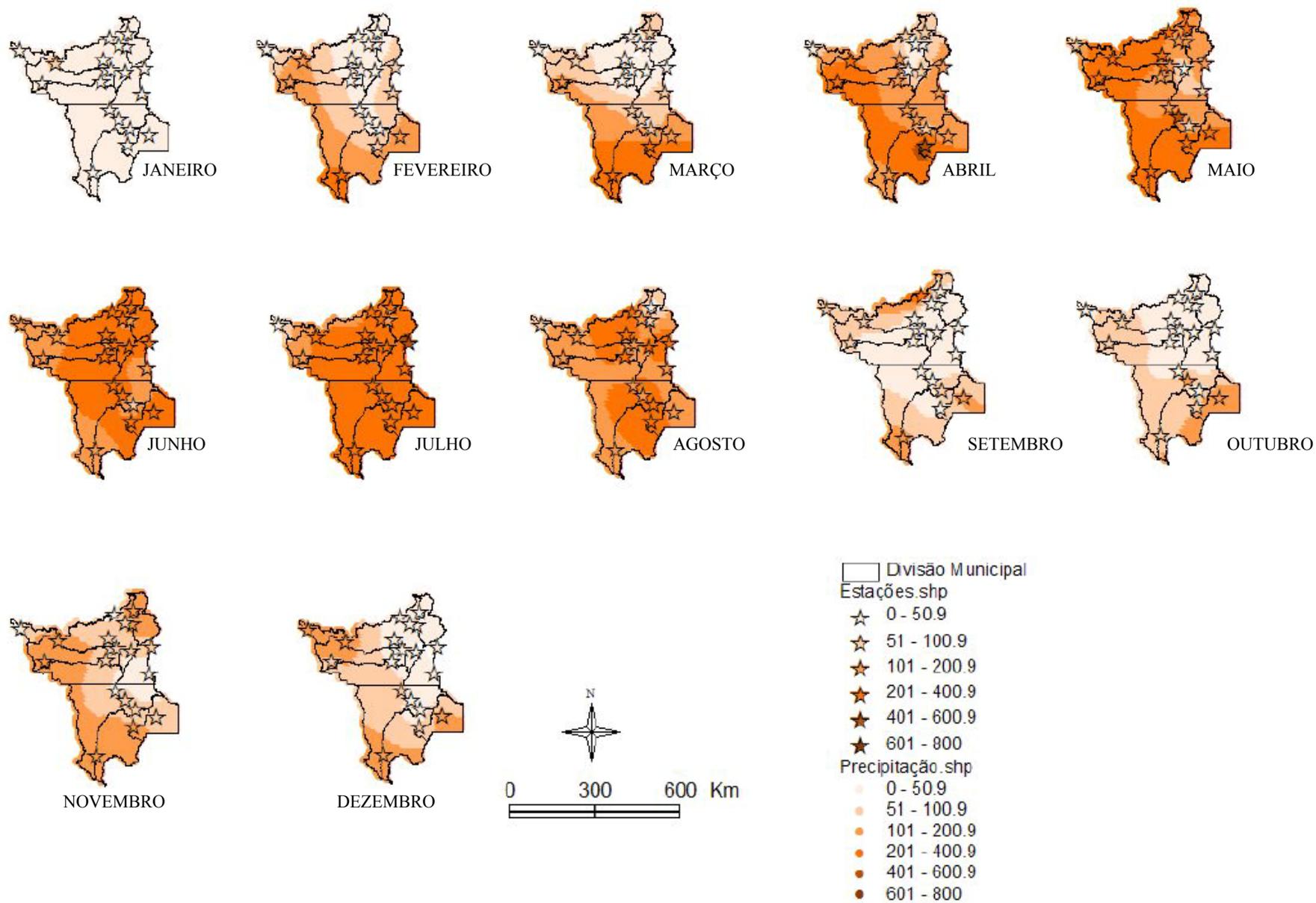


Figura 24. Distribuição da precipitação e das estações pluviométricas no Estado de Roraima, por mês, 1992

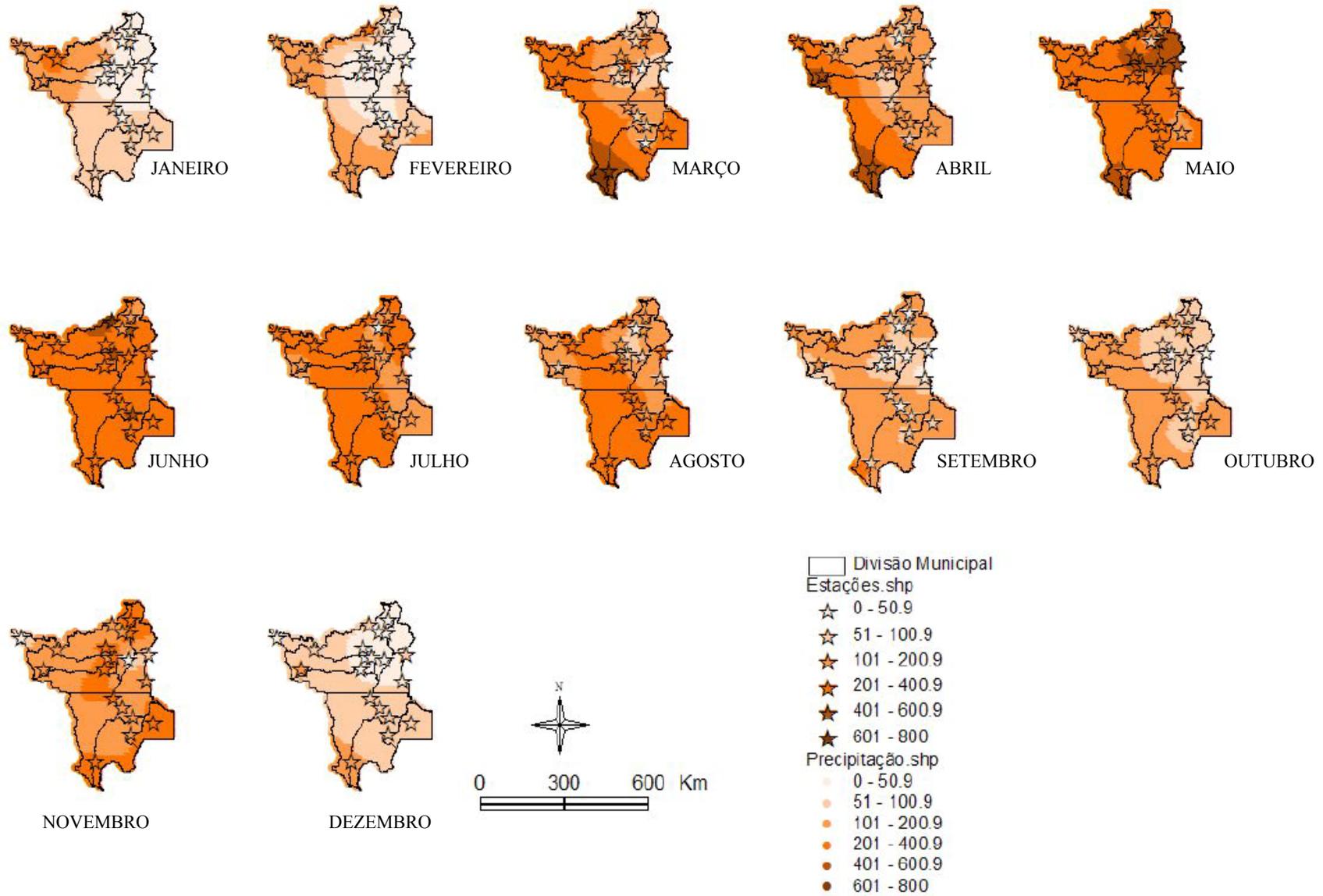


Figura 25. Distribuição da precipitação e das estações pluviométricas no Estado de Roraima, por mês, 1993

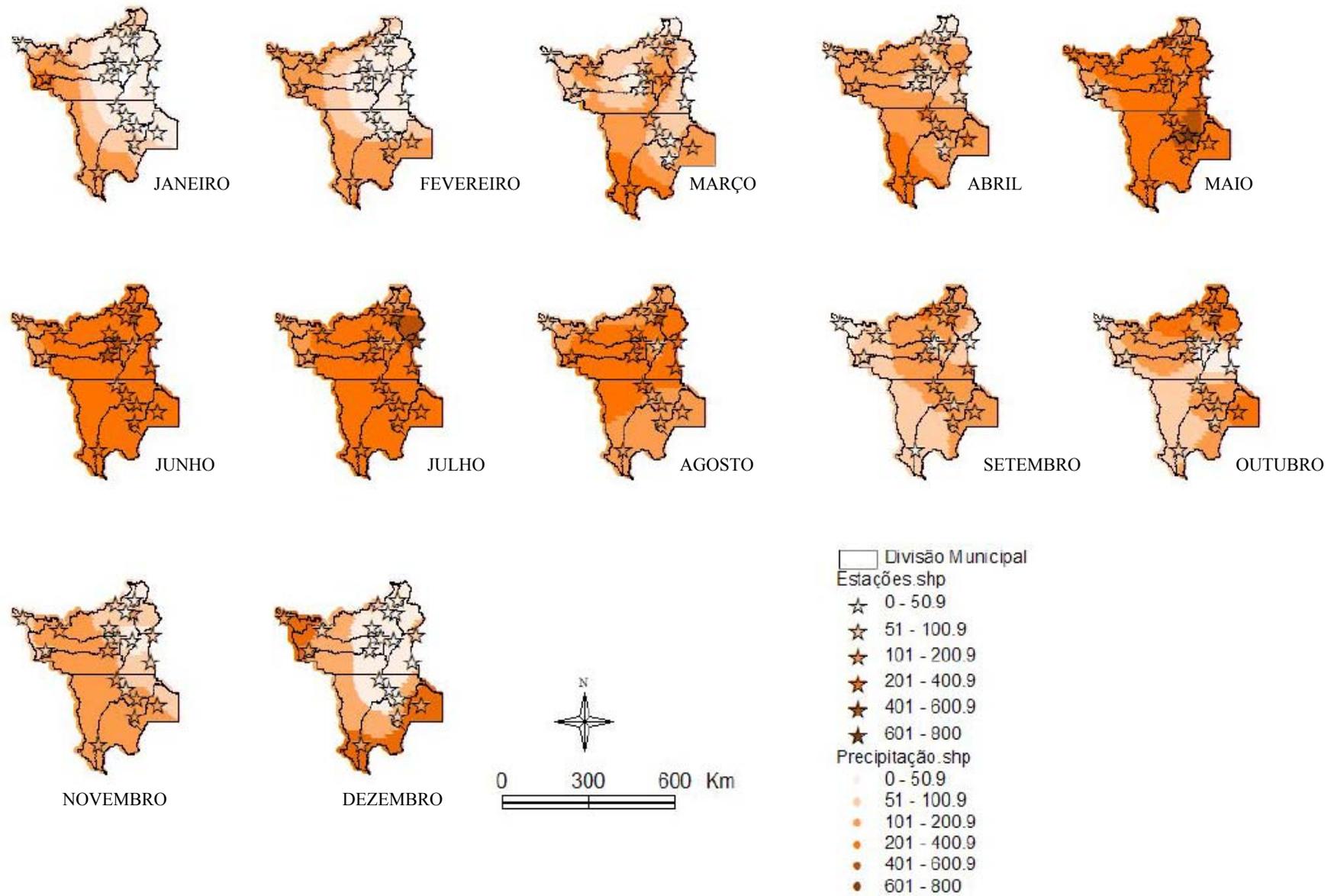


Figura 26. Distribuição da precipitação e das estações pluviométricas no Estado de Roraima, por mês, 1994

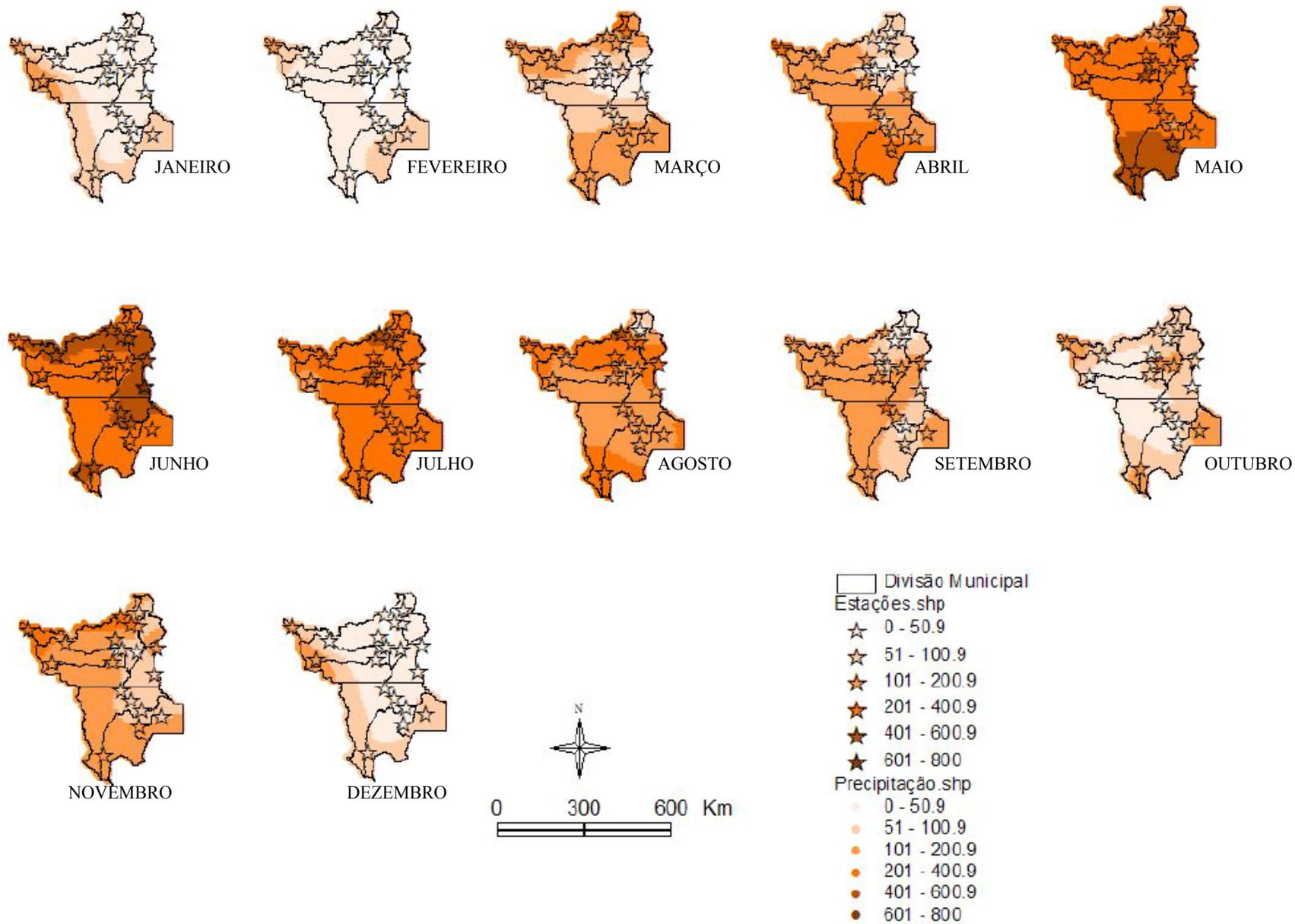


Figura 27. Distribuição da precipitação e das estações pluviométricas no Estado de Roraima, por mês, 1995

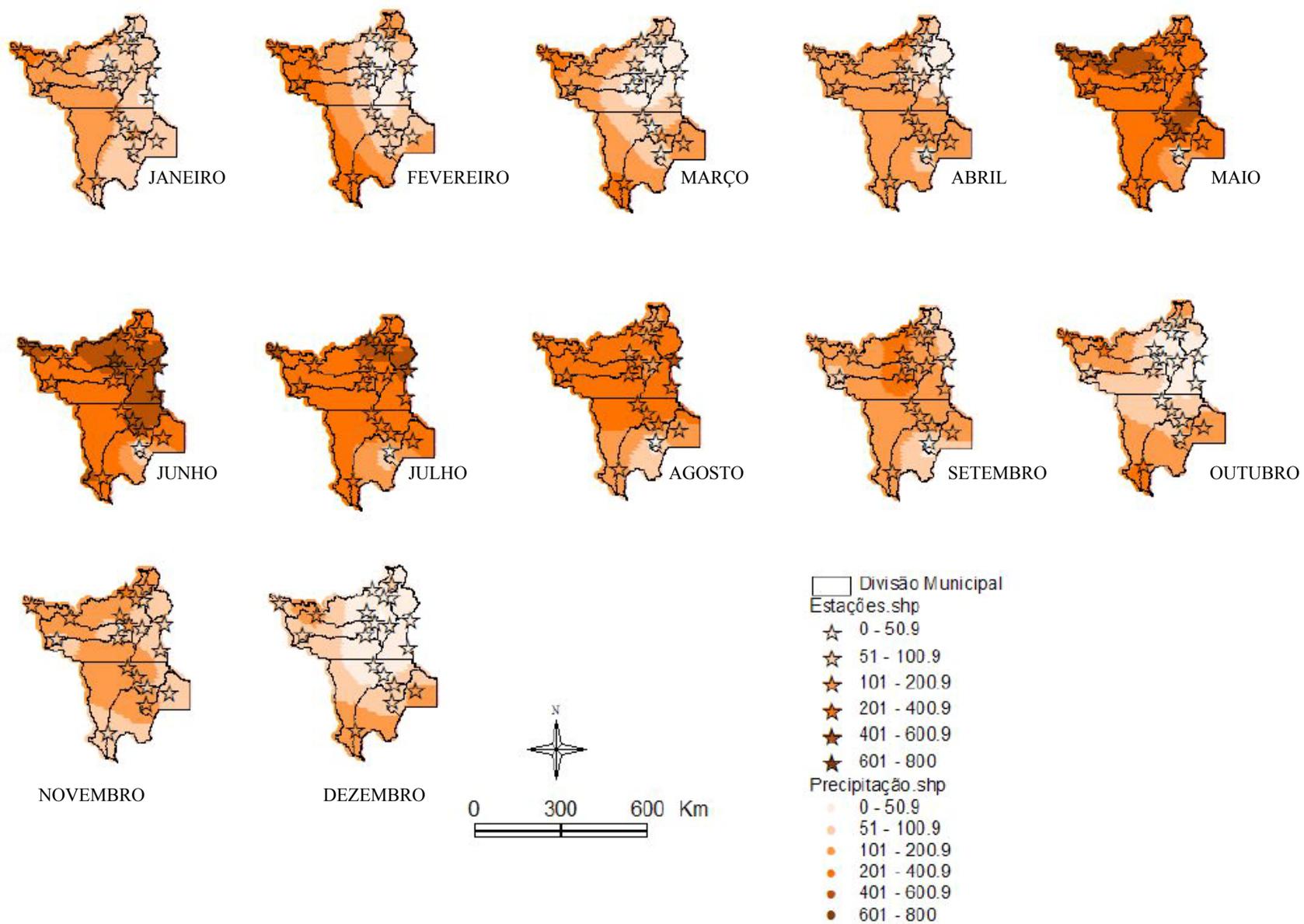


Figura 28. Distribuição da precipitação e das estações pluviométricas no Estado de Roraima, por mês, 1996

VI.5. Análise Estatística

Para a análise estatística nesse estudo, utilizou-se o programa *SAS* versão 9.8, as análises foram feitas por *PROC GLM* e as médias foram obtidas por *LSMEANS*.

Em primeiro lugar, foi verificado que a variável IPA tem distribuição de frequência diferente da normal pelo teste de Shapiro-Wilk ($p < 0,0001$). Buscando uma aproximação deste tipo de distribuição a variável foi transformada pela obtenção da raiz quadrada de cada um dos valores (IPA1) e, apesar de ainda distinta da normal ($p < 0,0001$), a distribuição da variável transformada perdeu grande parte do desequilíbrio e alongamento lateral observado para a original, como pode ser confirmado com as figuras 29 e 30, respectivamente.

Figura 29. Distribuição de frequências da variável IPA.

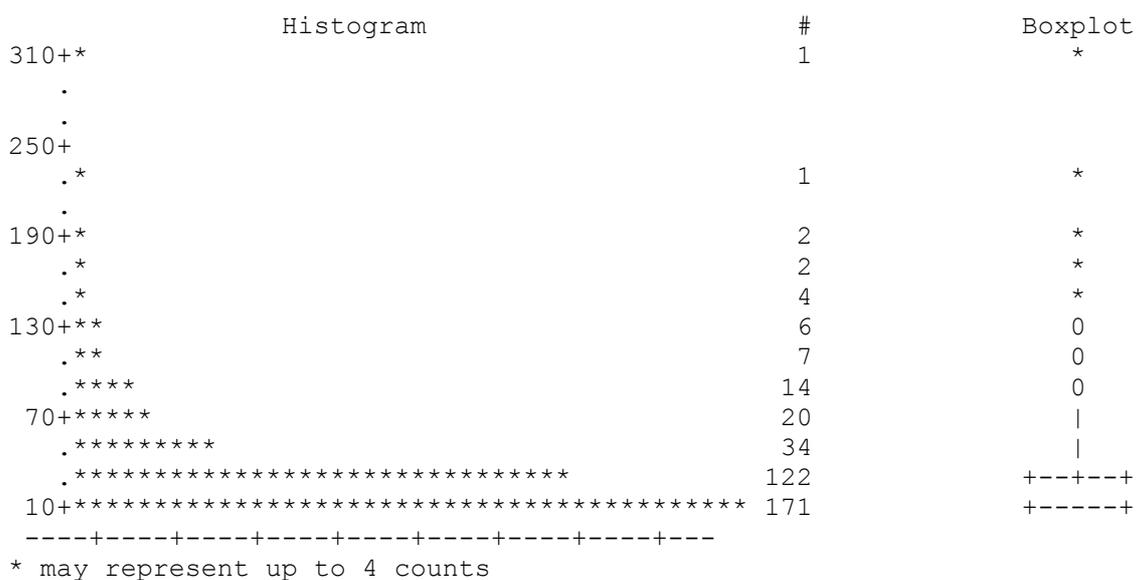
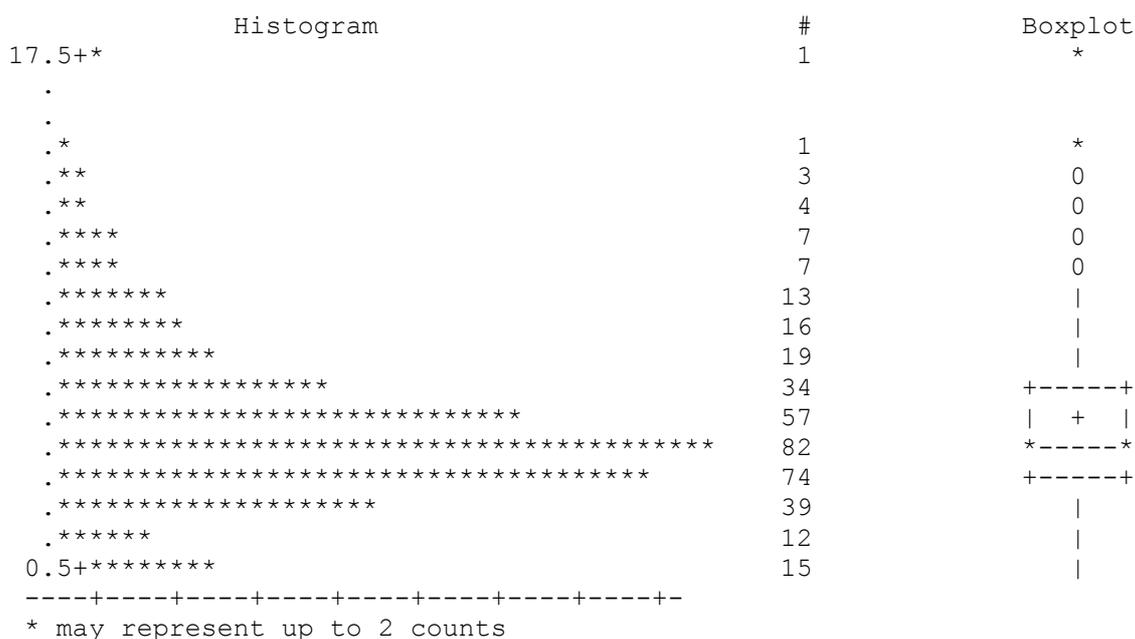


Figura 30. Distribuição de frequências da variável IPA transformada.



Para a análise de variância conforme o modelo com as fontes de variação: ano município, precipitação e interações ano x município e município x precipitação, com a variável precipitação categorizada em: 0= até 200mm, 2= até 400mm, 4- até 600mm, 6= até 800mm, 8= até 1000mm e 10> 1000mm, obteve-se uma significância de 9,76 para as diferenças de IPA entre categorias de precipitação, mesmo com a correção para efeito de cidade e efeitos significativos, a 0,01% para ano, município e interação ano com município, como visto na tabela 2. Pode-se, então, concluir que os municípios tem uma alta probabilidade de serem diferentes independente da chuva.

Tabela 2. Análise de variância com a variável precipitação categorizada para estações do ano.

Variáveis	Graus de liberdade	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Ano	11	613,85	55,80	32,49	<0,0001
Município	7	434,58	62,08	36,14	<0,0001
Precipitação	5	16,18	3,24	1,88	0,0976
Ano município *	77	691,23	8,98	5,23	<0,0001
Município precipitação *	31	43,23	1,39	0,81	0,7523

Esta análise foi repetida considerando a precipitação mês a mês com as categorias apresentadas na tabela 3.

Tabela 3. Operacionalização das variáveis analisadas.

Variáveis	Medição	Crítérios para a medição
Variável dependente		
IPA	Exame parasitológico de sangue (gota - espessa)	Lâminas positivas para malária
Variáveis independentes		
Precipitação	Valores médios de precipitação mensal obtidos a partir de interpolação feita considerando os dados das estações pluviométricas do estado de Roraima.	0= até 100mm 1= até 200mm 2= até 300mm 3= até 400mm 4= até 500mm 5= até 600mm.
Solos	Análise em mapas para determinação dos tipos de solos existentes em cada município.	1= Drenagem eficiente (presença de latosolo, podzol, podzólicos e arenoquartzosos profundos). - município de São João da Baliza.
		2= Drenagem média (quando havia no mesmo município áreas com tipos de solos indicativos de drenagem eficiente ou insuficiente) – Municípios de Alto Alegre, Bonfim e Mucajaí.
		3= Drenagem ruim (presença de lateritas hidromórficas, gley, litólicos) – Municípios de Boa Vista, S. Luiz do Anauá, Normandia e Caracarái.
Vegetação	Análise em mapas para determinação dos tipos de vegetação existentes em cada município.	1= Floresta (município de São João da Baliza) 2= Floresta e Pântano (municípios de S. Luiz do Anauá e Mucajaí) 3= Floresta e savana (municípios de Boa Vista, Bonfim e Normandia) 4= Floresta, savana e pântano (municípios de Alto Alegre e Caracarái)

E as fontes de variação estão na tabela 4: ano, município, precipitação e interações ano x município e município x precipitação. Neste caso as diferenças quanto à precipitação tiveram o nível de significância de 29,35 e efeitos significativos, a 0,01%, para as mesmas variáveis do modelo que considerou as estações do ano.

Tabela 4. Análise de variância com a variável precipitação analisada mês a mês.

Variáveis	Graus de liberdade	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Ano	11	589,23	53,57	62,20	<0,0001
Município	7	186,51	26,64	36,14	<0,0001
Precipitação	5	5,29	1,06	1,88	0,0976
Ano * município	77	728,35	9,46	5,23	<0,0001
Município * precipitação	29	29,03	1,00	0,81	0,7523

Quando feita a análise da precipitação com uma defasagem de um mês atinge-se resultado altamente significativo ($\rho=0,0005$) para o efeito de precipitação como visto na tabela 5.

Tabela 5. Análise de variância para a variável precipitação com defasagem de um mês.

Variáveis	Graus de liberdade	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Ano	11	600,29	54,57	64,67	0,0001
Município	7	164,92	23,56	27,92	0,0001
Precipitação	5	18,74	3,75	4,44	0,0005
Ano * município	77	708,06	9,20	10,90	0,0001
Município * precipitação	29	25,80	0,89	1,05	0,3885

Na presença de uma maior precipitação existe um IPA menor, apesar de haver pouca distinção entre os dois últimos níveis. Na tabela 6 observa-se as médias para a variável IPA transformada obtida com a redução do modelo pela desconsideração da interação ano x município – redução necessária para tornar as médias estimáveis.

Tabela 6. Médias para a variável IPA transformada com 1 e 2 meses de defasagem.

Precipitação	Valores de IPA com 1 mês de defasagem	Valores de IPA com 2 meses de defasagem
Até 100,9 mm de chuva	2,96	3,00
Até 200,9 mm de chuva	2,88	2,80
Até 300,9 mm de chuva	2,52	2,51
Até 400,9 mm de chuva	2,54	2,66
Até 500,9 mm de chuva	2,36	2,26

Para a defasagem de dois meses, observou-se uma distinção ainda mais significativa ficando em 0,01% (tabela 7) e foi clarificada a tendência de menores níveis da doença quando de precipitações mais altas (tabela 6). O ideal provavelmente seria fazer uma análise com o tempo mais reduzido para semana ou mesmo por dias para conseguir encontrar o tempo de defasagem mais correto. No caso desse estudo conclui-se que pode-se utilizar entre 1 e 2 meses de defasagem. Quando se faz a análise com uma defasagem de 3 meses os efeitos de precipitação deixam de ser significativos (44,03%).

Tabela 7. Análise de variância para a variável precipitação com defasagem de 2 meses.

Variáveis	Graus de liberdade	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Ano	11	603,17	54,83	64,70	0,0001
Município	7	209,30	29,90	35,28	0,0001
Precipitação	5	23,03	4,61	5,44	0,0001
Ano * município	77	708,17	9,20	10,85	0,0001
Município * precipitação	29	16,78	0,58	0,68	0,8969

Esses resultados possuem plausibilidade biológica no sentido de que a soma dos valores extremos dos períodos do ciclo do vetor (30 dias), do ciclo do protozoário dentro do vetor (15 dias), que estaria incluído dentro do ciclo de 30 dias do vetor e o período de incubação no hospedeiro (15 dias), tem-se o total de aproximadamente 45 dias, que coincide com o valor de defasagem entre 1 e 2 meses a ser considerado de acordo com a análise estatística.

Quando se analisou a precipitação com a incorporação da variável solo tanto para a análise com um período de defasagem de um mês como com dois meses, os resultados foram estatisticamente significativos ($\rho=0,0426$ e $\rho<0,0071$, respectivamente) (tabela 8 e 9)

Tabela 8. Análise de variância para a variável precipitação com defasagem de 1 mês em presença de tipos de solo.

Variáveis	Graus de liberdade	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Ano	11	286,90	26,08	16,17	0,0001
Solo	2	121,40	60,70	37,62	0,0001
Precipitação	5	18,60	3,72	2,31	0,0426
Ano * solo	22	216,70	9,85	6,11	0,0001
Solo precipitação *	8	22,36	2,80	1,73	0,0868

Tabela 9. Análise de variância para a variável precipitação com defasagem de 2 meses em presença de tipos de solo.

Variáveis	Graus de liberdade	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Ano	11	282,14	25,65	15,79	0,0001
Solo	2	148,42	74,21	45,69	0,0001
Precipitação	5	25,99	5,20	3,20	0,0071
Ano * solo	22	213,51	9,70	5,98	0,0001
Solo precipitação *	8	16,97	2,12	1,31	0,2365

Não se observou uma tendência clara nos dados de solo. Se esperava que em presença de solos com uma drenagem deficiente tivessem os maiores valores de IPA e o que se encontrou foi que o solo com drenagem média possuía o IPA mais alto (tabela 10). Entretanto, de acordo com o esperado, solos com drenagem eficiente tiveram os menores valores de IPA.

Tabela 10. Valores médios de IPA a partir do tipo de solo.

Tipos de drenagem de acordo com tipo de solo	Valores de IPA
Drenagem Eficiente	1,78
Drenagem Média	3,37
Drenagem Ruim	2,32

A vegetação teve efeito significativo (a 0,01%) tanto na defasagem para um mês como com dois meses. Como pode ser observado na tabela 11, com a presença de áreas alagadas os valores do IPA foram maiores.

Tabela 11. Valores médios de IPA a partir do tipo de vegetação.

Tipos de vegetação	Valores de IPA
Floresta	1,88
Floresta e área alagada	3,38
Floresta e savana	2,25
Floresta, savana e área alagada	3,06

VII. DISCUSSÃO

Os resultados apresentados para qualquer município como um todo podem não revelar adequadamente a real situação de risco em suas diferentes localidades, principalmente devido ao tamanho dos municípios em Roraima; a existência de diferentes ecossistemas dentro do mesmo município pode determinar uma maior ou menor transmissão de maneira irregular.

Em Roraima, a malária pode ser encontrada tanto nos ecossistemas da floresta como da savana. Análises preliminares das séries de tempo da malária em Roraima tem mostrado um padrão bimodal na variação estacional da incidência, com um pequeno pico no início da estação chuvosa (maio) e um segundo aumento, de maior intensidade e duração, associado com o início da estação seca (setembro/outubro) (Confalonieri & Dias, 2000). Isso concorda com a hipótese de que o padrão da chuva pode influenciar nas variações das densidades das populações de mosquitos e o melhor período para a proliferação desses insetos são o início e o fim da estação chuvosa quando se forma um grande número de poças estagnadas e temporárias. No pico tanto da estação chuvosa como da seca os níveis de umidade ambiental não são ideais para a proliferação do vetor. Além dos fatores climáticos também se sabe que mudanças no uso e cobertura da terra podem afetar tanto a composição das espécies de vetores numa área como a exposição humana à picadura dos insetos. (Rubio-Palis & Zimmerman, 1997).

Pode-se observar nos gráficos de 1 a 26 onde se encontram a distribuição do IPA e das precipitações, que não existe uma tendência única, de aumento ou diminuição de números de casos para todos os municípios.

Para o município de Normandia, o ano de 1988 pode ser considerado atípico porque no verão choveu mais que no outono. Esse é um município de difícil análise visto que, existe uma forte inconsistência nos dados nos primeiros anos do período de estudo onde os resultados de 1985 a 1990 não devem ser considerados. Provavelmente isso deveu-se a uma falha no sistema de notificação da doença.

Os dados de malária no Estado refletem a característica focal da doença dado que existe uma concentração dos índices parasitários em alguns municípios. Esse dado ficou mais

claro depois da criação de vários municípios a partir de 1997 onde pode-se observar que o município de Boa Vista (onde está a capital) concentrava um grande número de casos. Durante todo o período, Boa Vista se manteve com valores altos, com exceção de 92 e 93, onde os valores foram de risco médio. Em 1998, depois da desagregação municipal, quando foram criados dois municípios novos, Amajari e Pacaraíma, o IPA do município de Boa Vista caiu para 5,50 e Amajari apresentou 632,35 e Pacaraíma 161,98 x 1000hab. Com isso fica claro que o número de casos estava fora da área da capital e seguindo essa mesma linha de raciocínio conclui-se que, em apenas algumas localidades desses municípios novos, em particular, existe o alto risco de transmissão da malária. Sugere-se que os Centros de Saúde forneçam a região de origem dos indivíduos atendidos, dessa forma, as estratégias de controle poderiam ser direcionadas a esses setores devido ao aumento recente no número de casos e as mesmas deveriam ser modificadas ou repensadas para melhorar a sua eficácia. Existe também o fato de que as condições ambientais na área da capital Boa Vista, provavelmente são adversas para a proliferação vetorial, como o tipo de água, visto que os anofelinos continuam sendo mosquitos eminentemente rurais com uma exigência maior com relação a ausência de partículas orgânicas e boa oxigenação da água.

Depois da divisão municipal, o município de Boa Vista já não concentra os casos; em 1985 ele sozinho contribuiu com 53,23% de todos os casos de malária, provavelmente devido a uma deficiência no diagnóstico feito no interior do município o que pode ter levado a uma assistência concentrada na capital. Com o passar dos anos os municípios de: Boa Vista, Bonfim, Caracará e Mucajaí somaram juntos mais de 70% de todos os casos; em 1998, o município de Boa Vista contribuiu com 4% e Mucajaí, Caracará e Amajari somaram 42% de todos os casos.

Com o surgimento dos novos municípios observa-se que antes da divisão, o município de Boa Vista também tinha uma das porcentagens mais altas de *P. falciparum* (32,6%) e depois passou a ser de 13,6%. Entretanto, Amajari e Pacaraíma, que foram criados a partir de Boa Vista, apresentaram 41,8% e 31,1%, respectivamente, demonstrando, assim, que a forma mais grave da doença também não está distribuída homoganeamente e que se concentra em algumas áreas. Provavelmente essas diferenças existam devido a maior presença de áreas propícias para a manutenção de criadouros permanentes do vetor que não se distribuem uniformemente em uma mesma área geográfica.

Isso sugere que a malária possui transmissão focal e que os dados sobre essa doença devem ser obtidos, de preferência, por localidade. Dessa forma os planejamentos de controle não se dispersariam em uma grande área e sim sobre as áreas que realmente tem relevância e assim diminuir a incidência e a prevalência da doença.

Na análise espacial pode-se observar que a falta de significância estatística encontrada pode ter sido devida ao reduzido número de municípios. Não se pode usar outros métodos de análise espacial, como análise de pontos, devido ao pouco número de valores pontuais já que os dados sobre o IPA correspondem à sede municipal que são de oito municípios.

Apesar dessa limitação, observou-se que a técnica de *krigagem* pode ser utilizada para os dados da presente tese, visto que ao comparar-se os valores observados com os valores interpolados pela *krigagem*, estes valores coincidem. Cabe esclarecer que para que a técnica seja completamente confiável e sirva para gerar um modelo explicativo mais adequado, deve-se considerar algumas variáveis como por exemplo, a correção de alguns dados do terreno, como o relevo.

Entre 1980 e 1985 houve um grande incentivo econômico por parte do Banco do Brasil para atividades agrícolas em Roraima, esse incentivo diminuiu depois de 1985 e como consequência diminuiu o fluxo migratório para essa região (Furley & Mougeot, 1994). Entre 88 e 93, houve muita evasão e abandono da fronteira especialmente no sudeste do Estado de Roraima o que poderia explicar a diminuição do IPA em alguns municípios provavelmente devido à saída da população suscetível. O arrefecimento das migrações para Roraima nos primeiros anos da década de 90, não se deve apenas ao declínio do garimpo, mas também ao desencanto e dificuldades associadas com a colonização de terras. Somente a partir de 1994/5 é que recomeçam sinais de certa retomada da colonização, com a melhoria de infra-estrutura nas áreas já sob colonização, a abertura de estradas e áreas pioneiras novas e esforços no sentido da reorganização e dinamização da política de assentamento de colonos (Barros, 1996). A imigração errática na região poderia explicar os aumentos no número de casos, devido a chegada de susceptíveis, em períodos onde não haveria uma explicação ambiental plausível para essas alterações nos dados.

Alguns autores afirmam que em regiões tropicais onde a pouca oscilação na temperatura favorece a transmissão ininterrupta da malária, as chuvas regulariam a curva de incidência durante todo o ano. Nessas áreas, a maior incidência ocorre durante e, principalmente, logo após a estação chuvosa, devido ao aumento da densidade vetorial (Alecrim, citado por Gonçalves, 1999). Entretanto, quando se compara a malária com a precipitação deve-se interpretar com cuidado visto que a precipitação não é o único fator que determina a transmissão da malária e uma série de outros fatores fazem parte do mecanismo multicausal dessa doença como temperatura, umidade, características de solo (drenagem insuficiente), elevação do terreno que permita o empoçamento ou escoamento das águas, a direção e força dos ventos (pode levar ao aparecimento de casos distantes dos sítios de reprodução do vetor), vegetação predominante, imigração de susceptíveis, deficiência nas medidas de controle.

Provavelmente, a não significância estatística encontrada, nesse trabalho, quando a análise foi feita considerando os dados de precipitação agregados por estação do ano, deveu-se a que, o uso de uma convenção, como as estações do ano, não refletem necessariamente a realidade. Nesse sentido, ao fazer-se a análise espacial por mês, observou-se que o mês de maio, por exemplo, possui uma precipitação similar ao dos meses considerados como de inverno, quando de acordo com a convenção citada acima, estaria no período do outono.

A verificação de que o uso de uma defasagem de um a dois meses é a ideal para observar os possíveis períodos de transmissão da malária associados com a precipitação, sugere que as medidas de controle deveriam ser incrementadas nesse período para evitar o aumento do número de casos durante o período de chuva e de seca.

O resultado encontrado com a variável vegetação, está de acordo com o conhecimento existente sobre o vetor da doença, porque em áreas inundadas a água tem a tendência a permanecer parada por um período suficientemente longo para formar criadouros permanentes do mosquito.

A análise sobre tipos de solos ajudou a compreender melhor os mecanismos envolvidos na transmissão da malária, devendo-se levar em consideração essa variável, já que um

solo com drenagem deficiente permite o aparecimento de criadouros temporários para reprodução do vetor, devido à facilidade com que forma poças no período de chuvas.

Atualmente existe uma visão de risco com relação à malária valorizando mais as intervenções individuais e menos as ambientais. Esse enfoque está baseado em três conjuntos de atividades: **gestão da doença**, onde estão incluídas as atividades relativas ao diagnóstico e tratamento dos casos, com o objetivo de reduzir a morbidade e a mortalidade por malária; **prevenção da doença**, onde se incluem as medidas de proteção individual, quimioprofilaxia e controle domiciliar de vetores; **prevenção e controle de epidemias**, onde está a vigilância epidemiológica sendo enfatizado o caráter coletivo da infecção. (Barata, 1995)

Devido ao fato de que poucos municípios contribuem com mais da metade dos casos de malária em Roraima, o controle deveria ser feito também no nível ambiental, já que o nível individual pressupõe um período curto de exposição; para as pessoas que vivem numa área endêmica o custo seria muito alto, principalmente se for levado em consideração o fato de que essas comunidades não possuem bons indicadores socioeconômicos. Conseqüentemente, ao gerar dados mais desagregados, em unidades de análises menores, pode-se favorecer o melhor diferenciamento de fatores de risco por regiões, como cidades, bairros, lugar de trabalho, etc., nesse sentido, deve-se fazer o esforço de que as bases de dados passem a contemplar essa desagregação.

Para exercer um bom controle da malária, deve-se concentrar os esforços na localização das regiões de alto e médio risco onde a transmissão da doença é mais intensa, criando condições para evitar a migração dos indivíduos infectados dessas áreas para as de baixo risco, evitando a ocorrência de surtos.

Sabe-se que a imunidade ativa natural se estabelece lentamente, após quatro ou cinco infecções para *P. vivax* e dez para *P. falciparum*; essa imunidade suprime os sintomas e sinais clínicos, mas não impede a formação de gametas e com isso se mantêm as fontes de infecção na comunidade, com a ocorrência de casos novos (Barata, 1995), especialmente em situações de imigração e emigração, em termos epidemiológicos mantêm-se a endemia com focos epidêmicos esporádicos. A delimitação mais exata de onde ocorrem esses casos poderia favorecer o controle mais eficiente da doença.

Os problemas para controlar a malária nos países em desenvolvimento são agravados com a presença de estruturas de saúde inadequadas e más condições sócio-econômicas. As diferentes formas de ocupação do solo e exploração econômica dos recursos naturais ajudam a determinar os padrões de transmissão da doença. (WHO, 1988) No caso de Roraima existem novas zonas de colonização aumentando o número de suscetíveis, assentamentos espontâneos devido ao garimpo ou a projetos agrícolas e também existem as aldeias indígenas.

A colonização da Amazônia, que substituiu a floresta por plantações, pastagens ou garimpos, afastou os anofelinos de seus hábitos mais silvestres, proporcionando o aumento da densidade do vetor, devido entre outros fatores a criações artificiais de criadouros, à adaptação dos vetores ao homem, à chegada de suscetíveis na região. (Consoli & Oliveira, 1998)

Cabe assinalar a existência de criadouros feitos pelo garimpo. O garimpo é um fator importante na manutenção da doença especialmente nas áreas indígenas, atuando como disseminadores da doença para outras áreas. Alguns fatores são citados para explicar essa situação particular: os garimpeiros trabalham sem proteção individual, além de só pararem de trabalhar quando a parasitemia está muito elevada; tendem a realizar tratamento inadequado e incompleto o que leva a formação de cepas resistentes aos tratamentos utilizados. (Azevedo, 1996)

O conhecimento sobre os movimentos dos indivíduos é vital para a compreensão da interação das unidades focais e espaciais de transmissão da malária. Esse fenômeno, que faz parte da atividade normal do homem numa determinada área geográfica, torna-se de importância crítica tanto para os programas de controle oportuno como de erradicação da malária, especialmente se essas unidades espaciais possuem diferentes intensidade de transmissão e estão conectadas, seja por vizinhança física ou por uma alta taxa de migração interna (Cuéllar, 1971). O rápido crescimento de populações vulneráveis assentadas em áreas despreparadas resultam numa grande pressão sobre o ecossistema, a estrutura social e os serviços de saúde e sanitários. (Castillo-Salgado, 1992; Nájera et al., 1998)

A situação tem piorado nos últimos anos devido a uma série de fatores como o aumento da resistência às drogas normalmente usadas no combate ao parasita que provoca a

doença. Sabe-se que essas drogas possuem efeitos colaterais que determinam a desistência do tratamento por parte dos pacientes assim que sentem alguma melhora no seu estado físico, além disso, tem um custo alto para uma população cuja maioria possui um baixo poder aquisitivo.

Antes de 1991, o controle da malária era de responsabilidade da Superintendência para Campanhas de Saúde Pública (SUCAM). Em 1991, a SUCAM foi extinta e suas funções transferidas para a Fundação Nacional de Saúde, esse fato somado à rápida descentralização ocorrida no Brasil onde foi repassada para os Estados e municípios a responsabilidade pelo controle da malária, que não possuíam a mesma experiência da SUCAM, ajudou a determinar o aumento no número de casos a partir de 1993. (Akhavan et al., 1999)

As medidas de controle e prevenção devem ser selecionadas de acordo com a estratificação do risco epidemiológico onde as áreas são analisadas de acordo com as características comuns de risco e assim as medidas de intervenção poderão ser implementadas diferentemente, de acordo com as necessidades específicas de cada estrato. (Castillo-Salgado, 1992)

A própria OPAS/OMS, (2000) conclui em seu informe que além da disponibilidade suficiente dos recursos humanos capacitados, recursos financeiros e materiais, o grande desafio para os administradores de saúde é ter uma informação descentralizada, a nível local, e de maneira regular, para melhor priorizar as medidas a serem tomadas e agilizar a alocação de recursos a áreas onde realmente surta impacto efetivo no controle da malária.

VIII. CONCLUSÕES

Os resultados baseados no IPA para o município como um todo podem indicar falsamente que o risco se distribui de maneira uniforme por todo o município quando a transmissão pode ocorrer somente em algumas localidades. Esse é um dos motivos pelo qual se recomenda que os dados não só de malária como de qualquer enfermidade sejam disponibilizados pelo local de residência e/ou trabalho do paciente. Nos casos alóctones deve-se tentar obter informações sobre lugares de risco que o paciente tenha estado durante o provável período de incubação da doença.

O uso do IPA permite que se faça uma análise comparada da doença para diferentes lugares e períodos; também é o indicador aceito internacionalmente que permite obter subsídios para as ações dirigidas para o planejamento, gestão e avaliação das políticas e ações de saúde voltadas para o controle da malária.

As principais limitações são que como o indicador refere-se ao número de lâminas, que pode ser um caso novo, uma recidiva ou várias lâminas de uma mesma pessoa, poderia ocasionar uma sobrestimação da incidência da doença. Por esse motivo, recomenda-se que o IPA seja utilizado apenas em áreas endêmicas.

Sugere-se que seja usado no numerador o número de casos da doença e não de lâminas positivas.

Sugere-se que os dados ao nível de localidade possam ser obtidos facilmente para que realmente os esforços sejam concentrados nas áreas de alto e médio risco, com estratégias diferenciadas de acordo com a necessidade de cada Município. Para que esse trabalho possa ser realizado de uma forma mais precisa é necessário que os bancos de dados dos registros oficiais sobre morbidade e, sobre mortalidade por malária, sejam feitos com um maior nível de detalhamento, tanto geográfico como social sobre os indivíduos que contraem essa enfermidade. Só assim o uso de ferramentas como o SIG poderá servir com maior precisão para ajudar no controle da malária e na melhor distribuição dos recursos.

Com relação aos dados de precipitação, pode-se afirmar que o uso do interpolador para inferir dados de chuva das estações pluviométricas para todo o município é possível de ser efetuado, visto que os valores originais de cada estação coincidem com a sua localização no mapa interpolado. Cabe salientar que a existência de dados desagregados com relação a doença pode fornecer subsídios para uma análise espacial e estatística mais detalhada, podendo assim permitir uma exploração mais adequada das ferramentas de SIG que estão a disposição dos pesquisadores.

Também se conclui que em Roraima a precipitação não é o único fator determinante do adoecer por malária, já que tanto os dados de precipitação pluviométrica como os de malária não possuem um comportamento uniforme durante o período analisado. De acordo com isso, estudos futuros que visem a elaboração de modelos explicativos para o mecanismo de transmissão da malária em Roraima, devem levar em consideração os outros fatores de risco para a transmissão da doença e não unicamente a precipitação pluviométrica.

O uso de um período de defasagem de um a dois meses é ideal para observar os possíveis períodos de transmissão associados com a precipitação.

Medidas de controle devem levar em consideração a localização das áreas de alto e baixo risco para direcionar as atividades de controle de maneira mais eficiente, priorizando a alocação de recursos

É possível fazer análises e gerar informação relevante que subsidiem os órgãos competentes, como as Secretarias de Saúde, a partir de dados considerados insuficientes e pobres.

É necessário um estudo feito no campo que procure comprovar os achados deste estudo, para confirmar a existência de bolsões de transmissão da doença em áreas específicas.

IX. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKHAVAN, D.; MUSGROVE, P.; ABRANTES, A. & GUSMÃO, R. D'A., 1999. Cost-effective malaria control in Brazil: cost-effectiveness of a malaria control program in the Amazon Basin of Brazil, 1988-1996. *Social Science & Medicine*, 49: 1385-1399.

AZEVEDO, M.B., 1996. *Características Epidemiológicas da Malária na Área Indígena Yanomami*. Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília, D.F.

BAILEY, T. & GATRELL, A.C., 1995. *Spatial data analysis by Example*. Londres: Longman Scientific & Technical.

BAILEY, T. & GATRELL, A.C., 1995. *Interactive spatial data analysis*. 1ª Ed. Nova Iorque: Longman Scientific & Technical.

BARATA, R.C.B., 1995. Malária no Brasil: Panorama epidemiológico na última década. *Cadernos de Saúde Pública*, 11 (1): 128-136.

BARBOSA, R. I.; FERREIRA, E. J. G. & CASTELLÓN, E. G., 1997. Homem, ambiente e ecologia no estado de Roraima. Manaus: INPA. 613 p. ilustr.

BARROS, N. C., 1996. Mobilidade populacional, fronteira e dinâmica das paisagens na Amazônia: o caso de Roraima. *Cadernos de Estudos Sociais*, Recife, 12(2): 237-284.

BOUMA, M. J. & VAN DER KAAJ, H. J., 1996. The El Niño Southern Oscillation and the historic malaria epidemics on the Indian sub-continent and Sri Lanka: an early warning system for future epidemics? *Tropical Medicine International Health*, 1(1): 86-96.

BOUMA, M. J.; DYE, C. & VAN DER KAAJ, H. J., 1996. *Falciparum* malaria and climate change in the northwest frontier province of Pakistan. *American Journal of Tropical Medicine & Hygiene*, 55 (2): 131-137.

BOUMA, M. J. & DYE, C., 1997. Cycles of malaria associated with El Niño in Venezuela. *JAMA*, 278: 1772-1774.

BOUMA, M. J.; POVEDA, G.; ROJAS, W.; CHAVASSE, D.; QUIÑONES, M.; COX, J. & PATZ, J., 1997. Predicting high-risk years for malaria in Colombia using parameters of El Niño Southern Oscillation. *Tropical Medicine International Health*, 2(12): 1122-1127.

BUSTAMANTE, F. M., 1957. Distribuição geográfica e periodicidade estacional da malária no Brasil e sua relação com os fatores climáticos: Situação atual do problema. *Revista Brasileira de Malariologia e Doenças Tropicais*, 15:181-189.

CÂMARA, G.; CAMARGO, E.; MONTEIRO, A.; NEVES, M.; RAMOS, F. Análise exploratória espacial de dados sócio-econômicos de São Paulo. São José dos Campos: Instituto de Pesquisa Espacial – INPE, 2000.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.M.V.; DRUCK, S. & CARVALHO, M.S., 2002. Análise espacial e geoprocessamento.

<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap1-intro.pdf>

CÂMARA, G.; CARVALHO, M.S.; CRUZ, O.G.; CORREA V., 2002. Análise espacial de áreas.

www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap5-areas.pdf

CAMARGO, E.C.; FUCKS, S.D. & CÂMARA, G., 2002. Análise espacial de superfícies.

www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap3-areas.pdf

CARVALHO, M.S., PINA, M.F. & SANTOS, S.M., 2000. Conceitos Básicos de Sistemas de Informação Geográfica e Cartografia Aplicados à Saúde. OPAS/MS/RIPSA. 124 p ilustr.

CASTILLO-SALGADO, C., 1992. Epidemiological Risk Stratification of Malaria in the Americas. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, 87 (Suppl III): 115-120.

CHAVES, S.S. & RODRIGUES, L.C., 2000. An Initial Examination of the Epidemiology of Malaria in the State of Roraima, in the Brazilian Amazon Basin. Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo, 42 (5): 269-275.

CONFALONIERI, U. E. C., et al. Amazon health report. Indigenous peoples of Brazil. Médicos pelo Ambiente, Rio de Janeiro, 1994. 189 pp.

CONFALONIERI, U. E. C. & DIAS, R. C., 2000. Climate variability, land use/land cover and malária in the Amazon: preliminary results from the State of Roraima, Brazil. In: Abstracts First LBA Scientific Conference, June 26-30, p. 17. Belém – Pará: CPTEC/INPE.

COSTA-DIAS, R., CONFALONIERI, U. E. C. & HARTMAN, J., 2003. Variabilidade climática e incidência de malária no Estado de Roraima, 1984-1997. In: Resumos do XXXIX Congresso da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, 16-21 de março, Belém – Pará.

CONNOR, S. J.; FLASSE, S. P.; PERRYMAN, A. H. & THOMSON, M. C., 1997. The contribution of satellite derived information to malária stratification, monitoring and early warning. *WHO/MAL/97.1079*.

CONNOR, S. J.; THOMSON, M. C.; FLASSE, S. & WILLIAMS, J. B., 1996. The use of low-cost remote sensing and GIS for identifying and monitoring the environmental factors associated with vector borne disease transmission.

<http://www.idrc.ca/books/focus/766/connor.html>

CONSOLI, R.A.G.B. & OLIVEIRA, R.L., 1998. Principais Mosquitos de Importância Sanitária no Brasil. Rio de Janeiro. Editora FIOCRUZ.

CROSS, E. R.; NEWCOMB, W. W. & TUCKER, C. J., 1996. Use of weather data and remote sensing to predict the geographic and seasonal distribution of *Phlebotomus papatasi* in Southwest Asia. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 54(5): 530-536.

CUÉLLAR, C.B., 1971. Focality and spatial units of transmission in human malaria. *Am. Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 74 (5): 120-122.

DUTRA, A.P., 2001. Malária – Informação para Profissionais da Saúde.

http://www.sucen.sp.gov.br/doencas/malaria/texto_malaria_pro.htm

FONSECA, OL.H., 2003. *Aplicação de Métodos de Análise Espacial e da Teoria dos Conjuntos Nebulosos em Estudos sobre Pobreza*. Dissertação de Mestrado, Rio de Janeiro: Engenharia de Computação, UERJ.

FURLEY, P. & MOUGEOT, L., 1994. *The Forest Frontier: Settlement and Change in Brazilian Roraima*. Londres e Nova York: Routledge.

GURGEL, H., 2003. *Análise Preliminar da Relação entre a Dinâmica Ambiental e a Dinâmica da Malária no Estado de Roraima, Brasil*. Memorial do D.E.A: Geografia e Prática do Desenvolvimento, Escola de Doutorado «Meios, Culturas e Sociedades do Presente e do Passado». Université Paris X – Ecole Normale Supérieure.

GONÇALVES, M.J.F., 1999. Estudo sobre a relação da malária com as alterações ambientais e urbanização em Manaus-AM (1986-1997). Tese de Mestrado, FVA, 159pp.

IBGE, 1998. CD Rom - Diagnóstico Ambiental da Amazônia Legal.

JUNIOR, T.A.S., 1993. Roraima – O Brasil do Hemisfério Norte: Diagnóstico Científico e Tecnológico para o Desenvolvimento. Fundação do Meio Ambiente e Tecnologia de Roraima (FMATR). Roraima, AMBTEC.

KILIAN, AH.D.; LANGI, P.; TALISUNA, A. & KABAGAMBE, G., 1999. Rainfall pattern, El Niño and malaria in Uganda (Short Report). *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 93: 336-343.

MARINHO, D.P., 2000. *Indicador de Vulnerabilidade à AIDS através de um SIG: Os Guarani-Mbyá do Estado do Rio de Janeiro*. Dissertação de Mestrado, Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia, Secretaria de Ciência e Tecnologia.

MEDICALNET, 2001. Medline plus health information: Malaria.

<http://www.medicalnet.pt/2dedos/malaria/malaria.htm>

MOLYNEUX, D. H., 1997. Patterns of change in vector-borne diseases. *Annals of Tropical Medicine & Parasitology*, 91(7): 827-839.

MOTT, K. E.; NUTTALL, I.; DESJEUX, P. & CATTAND, P., 1995. New geographical approaches to control of some parasitic zoonoses. *Bull WHO*, 73(2): 247-257.

MOUCHET, I. et al., 1996. Drought and malaria retreat in the Sahel, West Africa. *Lancet*, 348: 1735-1736.

MS/FUNASA (Ministério da Saúde/ Fundação Nacional de Saúde), 2002. Vigilância Epidemiológica: Programa Nacional de Prevenção e Controle da Malária (PNCM).

<http://www.funasa.gov.br/epi/malaria/pncm.htm>

NÁJERA, J. A.; KOUZNETZSOV, R. L. & DELACOLLETTE, C., 1998. Malaria epidemics – Detection and control, forecasting and prevention. WHO/MAL/98.1084. Genebra: WHO.

ONORI, E. & GRAB, B., 1980. Indicators for the forecasting of malaria epidemics. *Bulletin WHO*, 58(1): 91-98.

OPAS/OMS (Organização Pan-Americana da Saúde/Organização Mundial da Saúde), 2000. *Malária*. 126^a. Sessão do Comitê Executivo, tema 4.11 da Agenda Provisória. Washington, D. C.: OPAS/OMS.

POVEDA, G.; GRAHAM, N. E.; EPSTEIN, P. R.; ROJAS, W.; VÉLEZ, I. D.; QUIÑONES, M. L. & MARTENS, P., 1999. Climate and ENSO variability associated to malaria and dengue fever in Colombia. In: 10th Symposium on Global Change Studies, American Meteorological Society.

RICCARDI, I. & SANCHEZ, R. C. H., 1976. El climatograma como método epidemiológico. *Anais de Microbiologia*, 22:141-16.

RIPSA (Rede Interagencial de Informações para a Saúde), 1997. Qualificação de indicadores do IDB – Malária: Incidência Parasitária Anual (Índice de Positividade de Malária)

<<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/idb1997/morb/fqd0205.htm>>

ROZENDAAL, J. A., 1992. Relations between *Anopheles darlingi* breeding habitats, rainfall, river level and malaria transmission rates in the rain forest of Suriname. *Medical Veterinary Entomology*, 6:16–22.

RUBIO-PALIS, Y. & ZIMMERMAN, R. H., 1997. Ecoregional classification of malaria vectors in the neotropics. *Journal of Medical Entomology*, 34(5): 499-510.

RUSSAC, P. A., 1986. Epidemiological surveillance: malaria epidemic following the Niño phenomenon. *Disasters*, 112-117.

STRANAK, J., 1999. Guide to Malaria.

<http://www.uu.edu/class/malaria>

VAN DER HOEK, W. et al., 1997. Correlation between rainfall and malaria in the dry zone of Sri Lanka. *Annals of Tropical Medicine Parasitology*, 91(8): 945-949.

WHO (World Health Organization), 1988. Report on a Technical Consultation on Research in Support of Malaria Control in the Amazon Basin. TDR/FIELD MAL/SC/AMAZ 88.3. Geneva: WHO.