



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE FLORESTAS**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

**VARIABILIDADE INTRANUAL DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL MENSAL NO**  
**ESTADO DO RIO DE JANEIRO**

**CAMILA DUARTE DA COSTA**

*Sob a orientação do professor*

**GUSTAVO BASTOS LYRA**

Seropédica - RJ  
Janeiro – 2010



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE FLORESTAS**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

**VARIABILIDADE INTRANUAL DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL MENSAL NO  
ESTADO DO RIO DE JANEIRO**

**Camila Duarte da Costa**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

*Sob a orientação do professor*

**Gustavo Bastos Lyra**

Seropédica  
Janeiro - 2010



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE FLORESTAS**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

**VARIABILIDADE INTRANUAL DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL MENSAL NO**  
**ESTADO DO RIO DE JANEIRO**

Camila Duarte da Costa

Monografia aprovada em 14 de Janeiro de 2010

Banca Examinadora:

Prof. Gustavo Bastos Lyra – UFRRJ  
(Orientador)

Prof. Carlos Rodrigues Pereira – UFRRJ

José Francisco de Oliveira Júnior – CNEN

## DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos meus pais Aledio Lauro da Costa e Iaraci Duarte da Costa, a minha irmã Juliana Duarte da Costa, pelo carinho e toda a força que sempre me deram.

## AGRADECIMENTOS

Ao Pai Celestial por mais essa realização.

Ao meu pai Aledio Lauro da Costa, pessoa que amo incondicionalmente, por tudo que fez e que até hoje ainda faz por mim, pelo incentivo, e principalmente por acreditar sempre em mim.

À minha mãe que da sua forma sempre me ajudou e esteve ao meu lado em todos os momentos, me ajudando em tudo que eu precisasse e por ter paciência comigo nos momentos de estresse.

A minha irmã que esteve comigo nesses 5 anos me ajudando na formação.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro por proporcionar uma excelente formação.

Aos professores pela dedicação em ensinar.

Ao professor Gustavo Lyra por tudo que aprendi em 5 meses, pela paciência e principalmente dedicação em me orientar para a monografia.

As minhas amigas-irmãs Thayga e Nicolle que sempre me incentivaram em todos os momentos.

Aos meus amigos que fiz na Universidade Cintia Nunes, Camila Vital, Charles Silva, Lídia Figueiredo, Fernando Lima (tchutchu), Natalia Carolina, Neidiane Magalhães, Jacson Figueiredo, pelo companheirismo e ajuda nos momentos de sufoco.

As minhas amigas de alojamento Bruna Moraes, Fernanda Santos, Edilaine Nunes e Júlia Dionisio, pelo carinho e incentivo.

Ao meu padrinho Luiz Sérgio que sempre me ajudou financeiramente em vários momentos da minha vida.

Muito obrigada por tudo e lembrarei de vocês em todos os momentos da minha vida, contem comigo sempre.

## RESUMO

O estado do Rio de Janeiro apresenta elevada diversidade climática. Contudo, poucos são os estudos que visam caracterizar as prováveis tendências nas variações das séries temporais e espacial da precipitação pluvial. Conhecer essa distribuição auxilia em diversas áreas de atuação humana, como em projetos de manejo florestal, agrícola, piscicultura, turismo, construção civil, defesa civil, poluição atmosférica entre outras. O presente trabalho visa analisar a variação espacial e temporal da precipitação pluvial mensal no Estado do Rio de Janeiro. Foram utilizadas séries dos totais mensais e anuais de 51 estações pluviométricas localizadas nas seis mesorregiões do estado do Rio de Janeiro (Sul Fluminense, Metropolitana, Baixadas, Centro Fluminense, Noroeste Fluminense e Norte Fluminense), pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas (SERLA), Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e a LIGHT. Foram considerados apenas estações com séries superiores a 20 anos e início a partir de 1960, para uma satisfatória distribuição pelo Estado. As precipitações mensais e anuais dessas estações foram interpoladas para o estado do Rio de Janeiro, considerando o modelo do inverso do quadrado da distância. Os resultados mostraram que existem diferenças espacial e temporal entre as mesorregiões do estado do Rio de Janeiro. A região Norte Fluminense mostrou as menores precipitações entre as mesorregiões, enquanto a Sul Fluminense e Metropolitana tiveram as maiores. Os meses de dezembro e janeiro teve os maiores volumes de chuva e junho os menores.

**Palavras chaves:** SIG, interpolação, inverso da potencial da distância

## ABSTRACT

The Rio de Janeiro State, Southeast of Brazil, presents high climatic variability. However, few are the studies that they aim to characterize the probable behavior in the changes of times series and spatial distribution of rainfall. The Knowledge this distribution helps in diverse areas of activities human being, as in projects of forest, agricultural, fish creation, tourism, civil engineering, among others. The present work aims to analyze the spatial distribution and long series variation of monthly rainfall in Rio de Janeiro State. Long times series of 51 rainfall stations, located in the six mesoregion of Rio De Janeiro State had been used (South Fluminense, Metropolitan, Lowered, Center Fluminense, Northwest Fluminense and North Fluminense). These stations are parte of network of National Institute of Meteorology (INMET), the Foundation State Supervision of Rivers and Lakes (SERLA), Geologic Service of Brazil (CPRM) and the LIGHT. Only stations with series superior to 20 years and beginning from 1960 are considered, for a satisfactory station distribution for the State. The monthly and annual rains were interpolate from Rio de Janeiro State by inverse distance to a power model. The analyzed results had shown that spatial and temporal differences exist between the mesoregion of State. The mesoregions North Fluminense showed lesser precipitations between the mesoregions, while the South Fluminense and Metropolitan had the greater. The December and January had the biggest volumes of rain and June the minors.

**Kew words:** GIS, interpolation, inverse distance to a power

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	ix
LISTA DE TABELAS .....	xi
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	2
2.1 Precipitação Pluvial.....	2
2.2 Variabilidade Espacial e Sazonal do Clima .....	4
2.3 Sistemas Produtores de Tempo .....	5
2.3.1 Sistemas de grande escala .....	5
2.3.2 Sistemas de mesoescala .....	7
2.4 Sistema de Informação Geográficas Aplicado a Ciências Atmosféricas e Ambientais .....	9
2.5 Modelos Determinísticos para Interpolação da Precipitação Pluvial .....	12
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	17
4.1 Precipitação Pluvial Anual.....	17
4.2 Precipitação Pluvial Mensal.....	18
4.2.1 Verão .....	18
4.2.2 Outono.....	20
4.2.3 Inverno .....	22
4.2.4 Primavera .....	24
5. CONCLUSÕES .....	26
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	26

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Unidades climáticas do Brasil.....	4
<b>Figura 2</b> - Posicionamento dos anticiclones no período de verão (a), onde estão melhor caracterizados e posicionados, e (b) no período de inverno .....	7
<b>Figura 3</b> –. Representação das camadas (“ <i>layer</i> ”) e suas sobreposições (“ <i>overlayer</i> ”) para a representação de feições reais.....	9
<b>Figura 4</b> –. Diagrama dos componentes e da estrutura de um SIG. Fonte: (EASTMAN, 1998) .....	10
<b>Figura 5</b> – Divisão política estadual, mesorregiões e municipal do estado do Rio de Janeiro. Fonte: IBGE (2009) .....	13
<b>Figura 6</b> – Hipsometria do estado do Rio de Janeiro .....	13
<b>Figura 7</b> – Localização das estações meteorológicas pertencentes a CPRM, INMET, SERLA e LIGHT.....	14
<b>Figura 8</b> – Variação espacial da precipitação pluvial anual no estado do Rio de Janeiro .	18
<b>Figura 9</b> – Variação espacial da precipitação pluvial mensal de dezembro no estado do Rio de Janeiro.....	19
<b>Figura 10</b> – Variação espacial da precipitação pluvial mensal de janeiro no estado do Rio de Janeiro .....	19
<b>Figura 11</b> – Variação espacial da precipitação pluvial mensal de fevereiro no estado do Rio de Janeiro .....	20
<b>Figura 12</b> – Variação espacial da precipitação pluvial mensal de março no estado do Rio de Janeiro.....	21
<b>Figura 13</b> – Variação espacial da precipitação pluvial mensal de abril no estado do Rio de Janeiro .....	21
<b>Figura 14</b> – Variação espacial da precipitação pluvial mensal de maio no estado do Rio de Janeiro .....	22
<b>Figura 15</b> – Variação espacial da precipitação pluvial mensal de junho no estado do Rio de Janeiro .....	23
<b>Figura 16</b> – Variação espacial da precipitação pluvial mensal de julho no estado do Rio de Janeiro .....	23

<b>Figura 17</b> – Variação espacial da precipitação pluvial mensal de agosto no estado do Rio de Janeiro .....	24
<b>Figura 18</b> – Variação espacial da precipitação pluvial mensal de setembro no estado do Rio de Janeiro .....	25
<b>Figura 19</b> – Variação espacial da precipitação pluvial mensal de outubro no estado do Rio de Janeiro .....	25
<b>Figura 20</b> – Variação espacial da precipitação pluvial mensal de novembro no estado do Rio de Janeiro .....	26

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Estações pluviais pertencentes à LIGHT, com as coordenadas geográficas (latitude – LAT e longitude – LONG), o período e o número de anos da série .....	15
<b>Tabela 2</b> - Estações pluviais pertencentes à SERLA, com as coordenadas geográficas (latitude – LAT e longitude – LONG), o período e o número de anos da série .....	15
<b>Tabela 3</b> - Estações pluviais pertencentes à CPRM, com as coordenadas geográficas (latitude – LAT e longitude – LONG), o período e o número de anos da série .....	16
<b>Tabela 4</b> - Estações pluviais pertencentes ao INMET, com as coordenadas geográficas (latitude – LAT e longitude – LONG), o período e o número de anos da série .....	16

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, estudos que buscam caracterizar o clima no estado do Rio de Janeiro se restringiram ao regime pluviométrico, baseados apenas na sua variabilidade interanual, sazonal ou mensal. Contudo, poucas são as análises que abordam as prováveis tendências nas séries temporais da precipitação pluvial associadas com seus padrões espaciais. O conhecimento da distribuição e das tendências da precipitação pluvial é essencial em diversas áreas de atuação humana, pois auxilia no desenvolvimento de projetos e no manejo florestal, agrícola, piscicultura, construção civil, turismo, defesa civil, poluição atmosférica entre outras.

O estado do Rio de Janeiro mostra ampla variabilidade espacial da precipitação pluvial. Na região Serrana os totais anuais são em torno de 1203,0 a 1532,2 mm, enquanto nas regiões de encosta da Serra do Mar e Sul Fluminense, esses totais variam entre 1804,6 a 2202, mm. Os menores acumulados anuais são observados na região Noroeste (1003a 1210,5 mm) e Norte (766,5 a 945,7 mm) Fluminense (ANDRÉ et al., 2008). No verão, observam-se os maiores acumulados mensais, enquanto no inverno esses totais diminuem (INMET, 1992, ANDRÉ et al., 2008). Resultado similar é observado para o número de dias com chuva.

A diversidade climática do estado do Rio de Janeiro deve-se basicamente ao relevo complexo, a altitude e ao fenômeno da continentalidade, que influenciam não apenas a temperatura do ar, mas também o regime e a distribuição dos totais pluviométricos de acordo com a localização (MAIA e ZAMBONI, 2004).

No Estado, as porções do continente, localizadas ao norte do Trópico de Capricórnio, apresentam elevado balanço positivo de energia em todos os meses do ano. Com isso inúmeros mecanismos de circulação nas escalas local e meso podem ser induzidos, ambos na horizontal e na vertical (convecção). O Oceano Atlântico, localizado ao longo dos limites meridionais e orientais do Estado, também se apresenta como fator que influencia na definição climática, e funciona como regulador térmico, com atenuação das amplitudes térmicas nas porções litorâneas e até algumas dezenas de quilômetros para dentro do continente, fenômeno conhecido como continentalidade (MAIA e ZAMBONI, 2004).

A brisa marítima, resultado do aquecimento/resfriamento diferenciado entre o continente e o oceano e, por consequência, em diferenças de pressão entre essas superfícies, auxilia no transporte de umidade no sentido oceano-continente na maior parte do ano. Outro mecanismo responsável pelo transporte de umidade para o continente na região Sudeste é a circulação de grande-escala associada à borda oeste do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), decorrente do mecanismo de circulação planetária que atua sobre a porção tropical do Atlântico Sul. Esse aporte de umidade varia sazonalmente, devido o ASAS ser migratório, no inverno encontra-se próximo ao continente, o que causa inversão térmica e inibe a formação de nuvens e a entrada de sistemas frontais, e no verão localiza-se mais afastado do continente, e sobre o Oceano, e assim auxilia no transporte de umidade do oceano para o continente nos baixos níveis troposféricos e para o ramo oceânico da Zona de Convergência do Atlântico Sul (BASTOS e FERREIRA, 2000 ).

Os Sistemas Frontais (SFs) são o principal sistema de grande-escala responsável pelas chuvas na região Sudeste. Os SFs têm trajetórias sazonais diferentes; no verão são mais lentos, com maior atividade convectiva, devido à influência de outros sistemas como a Alta da Bolívia e Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e no inverno são rápidos, com

trajetórias mais zonais e não conseguem entrar no continente, o que pode causar forte queda na temperatura. A magnitude das chuvas na região Sudeste no verão é determinada, em parte, pela intensidade e manutenção da Zona de Convergência do Atlântico Sul e pelos sistemas convectivos de mesoescala. A ZCAS é um sistema que se caracteriza pela nebulosidade orientada na direção noroeste-sudeste que se estende do sul da Amazônia ao Atlântico Sul-Central por alguns milhares de quilômetros (KODAMA, 1992; FIGUEROA et al., 1995). Esse sistema é mais freqüente nos meses de verão, quando a convecção tropical contribui para a geração e manutenção do fenômeno (DERECZYNSKI et al., 2009).

As variações nas características das superfícies causam impactos significativos no clima, sendo que a atmosfera apresenta sensibilidade a diferenças de umidade, a rugosidade, albedo da superfície e outras características da superfície em diversas escalas de tempo (CHARNEY et al., 1977; SHUKLA e MINTZ, 1982; SUD et al., 1988). A precipitação influencia diretamente na distribuição das vegetações, sendo um dos fatores que determina a dinâmica sazonal da vegetação e também por seu relevo que é acidentado e diversificado, contribuindo para a grande variabilidade espacial da precipitação

Em estudos hidrológicos existe a necessidade de conhecer as precipitações totais e máximas observadas nas séries e na previsão desses valores, baseados em níveis de probabilidade de ocorrência (VILLELA e MATTOS, 1975). Para boa qualidade dos resultados esperados nas estimativas está intimamente ligada aos dados disponíveis de precipitação e principalmente na qualidade e distribuição espacial desses dados.

Com a modernização na área florestal e ambiental a exigência por mais informações, decisões rápidas e o controle do que está ocorrendo nas florestas, fizeram com que houvesse avanço na tecnologia e propiciando, assim, novas ferramentas. Entre elas destaca-se o Sistema de Informação Geográfica (SIG). O SIG possui fundamentos e ferramentas que realiza a interpretação de informações com atributos georreferenciados. Atualmente o SIG é utilizado no controle florestal, gestão de bacias hidrográficas, meio ambiente, geologia, agricultura e outros.

O SIG facilita a análise de como as precipitações se distribuem no espaço e também com a associação de diferentes fatores do ambiente, o que permite alcançar grandes regiões, com rapidez e precisão, sendo necessário para isso a geração de superfícies de tendência espacial da precipitação pluvial, ou seja, a interpolação das informações pontuais (TAYLOR, 1991). Existem diversos métodos para espacializar amostras pontuais. Esses métodos podem gerar resultados diferenciados, dependendo da forma que são utilizados. Para estudos de dados climáticos os interpoladores mais utilizados são o Inverso da Potência da Distância (IPD) (NOVAS et al., 2006; AMORIM et al., 2008) e a Krigagem (KG) (LENNON e TUNNER, 1995; BARBOSA, 2006 ).

Baseado no exposto o objetivo do presente estudo foi avaliar a variação espacial e temporal da precipitação pluvial mensal e anual no estado do Rio de Janeiro.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Precipitação Pluvial**

As precipitações apresentam diferentes mecanismos de formação, segundo o qual são classificadas como chuva orográfica, convectiva ou frontal. As chuvas orográficas ocorrem em função de o escoamento ser forçado a elevar-se pelo encontro com uma barreira orográfica

(morro ou montanha), o que resulta em convecção forçada (efeito mecânico). O ar úmido em elevação resfria-se adiabaticamente e, ao alcançar o nível de condensação por levantamento (NCL), condensa, formando nuvens e precipitação de fraca a moderada. Ocorre em regiões de montanhas, nas encostas a barlavento. Esse tipo de chuva é observado durante todo o ano.

O mecanismo de formação das chuvas convectivas está relacionada a convecção livre (aquecimento da superfície). Com o aquecimento da superfície pela radiação solar, o ar próximo é aquecido por condução. O ar mais quente, ou seja, menos denso se eleva na atmosfera, quando a atmosfera está instável, a parcela de ar continua seu movimento de ascensão. De forma similar a orográfica, quando a parcela alcança o NCL ocorre condensação e formação de nuvens de elevado desenvolvimento vertical, como por exemplo, cumulusnimbus. A incidência de precipitação convectiva é predominantemente durante o verão, com o aumento da disponibilidade de energia solar. Esse tipo de precipitação apresenta grande variabilidade espacial, intensidade de moderada a forte, com predominância no período da tarde/início da noite e com duração de curta a média. Essas chuvas estão associadas a tempo severo, como descargas elétricas e trovões, granizo e rajadas de vento.

As frentes são originadas do encontro de massas de ar com diferentes propriedades de temperatura e umidade do ar. Em função do tipo de massa que se desloca sobre a outra, as frentes podem ser classificadas em frias, quentes ou oclusas. Nesse processo ocorre a convecção forçada, com a massa de ar quente e úmida se sobrepondo à massa fria e seca. Com a massa de ar quente e úmida se eleva, ocorre o processo de resfriamento adiabático, com condensação e posterior precipitação. As frentes frias ocasionam chuva de intensidade de fraca a moderada, para grandes áreas com duração de 2 a 3 dias. Nas frentes quentes a intensidade é menor, porém com duração maior. Apresentam maior frequência de ocorrência na primavera e verão.

O Estado do Rio de Janeiro, localizado na orla litorânea da costa leste brasileira e apresenta diferentes padrões climáticos (ANDRÉ et al., 2008). A formação das Serras do Mar e Mantiqueira, quase perpendicular ao escoamento médio da baixa troposfera e associado às condições extratropicais resultam em aumento das precipitações a barlavento das montanhas em relação às regiões do Vale do Paraíba e Baixada Litorânea em função das chuvas orográficas.

Os sistemas que maior influenciam na formação de precipitação pluvial são os sistemas frontais, ciclones extratropicais, sistemas convectivos de mesoescala, que contribuem no aumento da precipitação, nebulosidade, e intensificação do vento na região Sudeste. Nos meses de alta precipitação, entre novembro e março, é comum a ocorrência da ZCAS, típica do verão, quando ocorre a convecção tropical, e que contribui para intensificar a ZCAS (KODAMA, 1992).

As precipitações, para as localidades costeiras do Estado, podem ser provocadas pelo efeito da circulação marítima. Essas chuvas são caracterizadas como fraca e com origem estratiforme, devido ao transporte de umidade do oceano para o litoral, ocorrendo pela intensificação da brisa marítima. Predominado em certas ocasiões ventos de quadrante sul, convergência de umidade e fraco movimento ascendente (DERECZYNSKI et al., 2009).

ANDRÉ et al. (2008) utilizou dados de precipitação médias mensais para o Estado do Rio de Janeiro para estabelecer as regiões pluviometricamente homogêneas. Os autores identificaram seis regiões pluviométricas no Estado. Contudo, a distribuição dessas regiões não foi uniforme em todo o Estado. Destacaram-se três regiões, i) Norte Fluminense, ii) Nordeste Fluminense e parte do Centro Fluminense e iii) localiza em parte da Região Serrana. Com relação à variação sazonal observaram que 70 a 80 % das chuvas concentram-se na estação chuvosa (outubro - março).

Baseado em dados de precipitação para a cidade do Rio de Janeiro, DEREZYNSKI et al, (2009) fizeram análises para se conhecer a variabilidade espacial e temporal da precipitação e identificar os principais sistemas meteorológicos responsáveis pelas chuvas na cidade.

## 2.2 Variabilidade espacial e sazonal do clima

As principais unidades do clima observados no estado do Rio de Janeiro são desde Tropical Quente (temperatura do ar mensal > 18 °C) a Mesotérmico Brando (10 – 15 °C) e entre Sub-úmido (três meses secos) a Super-úmido (sem seca) (IBGE, 2009) (Figura 1). As temperaturas do ar variam entre 25 e 42 °C no verão, e de 15 a 35 °C no inverno, sendo que nas áreas de baixadas predominam o clima Tropical e nas áreas de planalto o Tropical de Altitude.

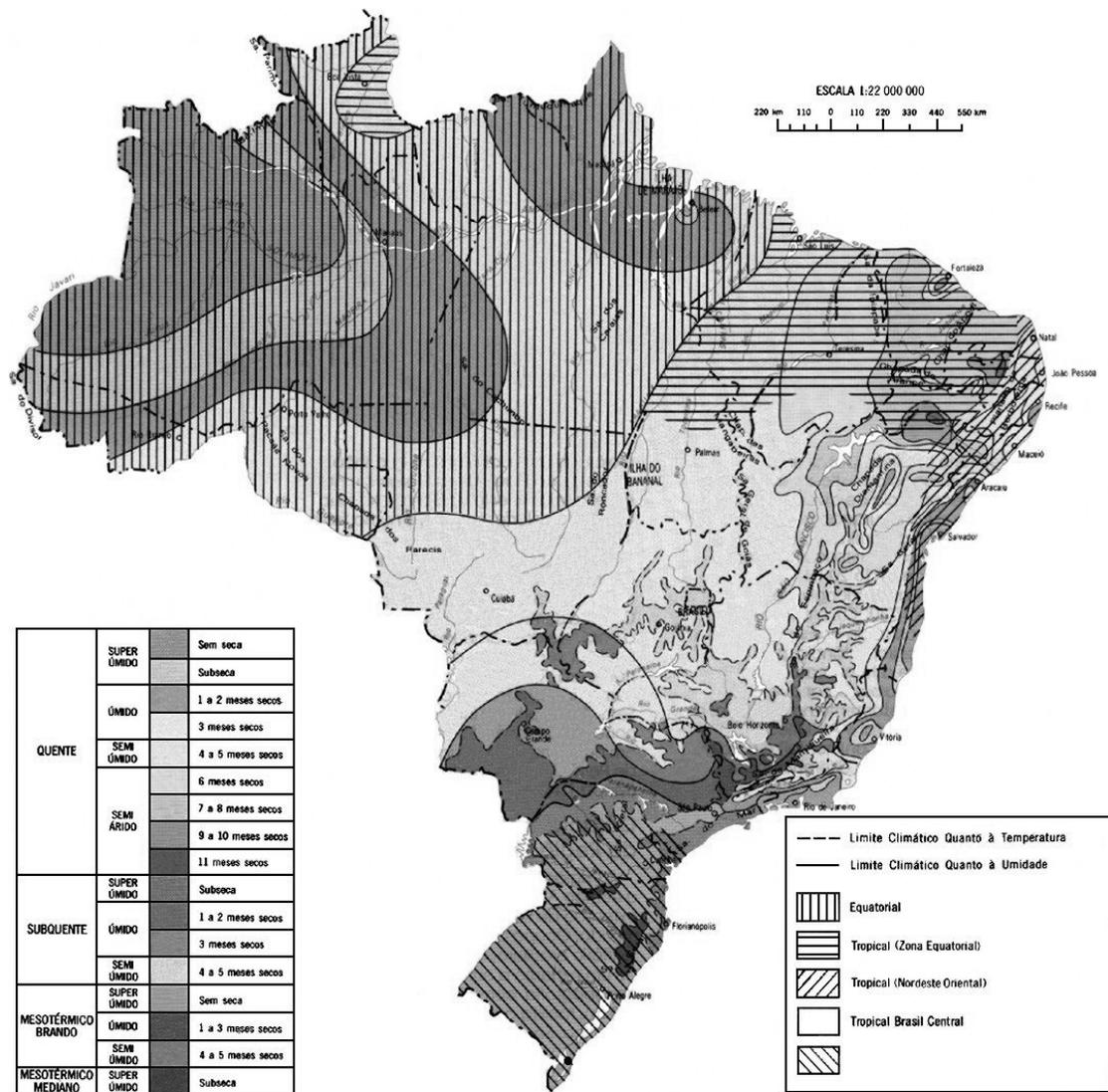


Figura 1 – Unidades climáticas do Brasil.

Na região metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) predomina o Clima Tropical Semi-úmido, com as chuvas concentradas no verão, sendo essa estação quente, enquanto o inverno é seco e frio. Segundo a classificação climática de Köppen, a RMRJ é caracterizada como Tropical Atlântico (Aw), com temperaturas médias do ar entre 21,1°C (julho) a 27,3°C (janeiro), com cerca de 124 dias de chuva e 1.000 a 1.500 mm anuais.

Na região Serrana, a temperatura média anual do ar varia de 22 a 24 °C e os totais pluviais entre 1.000 e 1.500 mm anuais. As baixas temperaturas anuais do ar são função das elevadas altitudes observadas nessa região.

Entre a Baixada Fluminense e a Serra Fluminense, o clima é classificado como Tropical de Altitude, com o verão quente e chuvoso e inverno frio e seco. A temperatura média anual é de 16 °C. Observa-se na Serra Fluminense predominância do clima Tropical de Altitude, com verão quente e ameno, a maior parte do dias chuvosos e o inverno é frio e seco, com alto índice pluviométrico anual de até 2.500 mm em algumas localidades.

Na região dos lagos, que corresponde as Baixadas Litorâneas, o clima é Tropical Marítimo, com temperatura média anual de 24 °C e verão moderadamente quente, mas amenizado pela circulação de brisa marítima. No inverno observam-se temperaturas do ar amenas, também devido ao vento frio, proveniente da Corrente das Malvinas, vinda do mar e que caracteriza essa região com uma das mais secas da região Sudeste. São observadas precipitações pluviais de aproximadamente 750 mm, nas cidades de Arraial do Cabo, Cabo Frio e Armação dos Búzios, enquanto as regiões de Maricá e Saquarema são as mais chuvosas, com precipitação em torno de 1.100 mm.

No Parque Nacional do Itatiaia podem ocorrer precipitações de neve nas partes mais altas da paisagem, onde está localizado o Pico das Agulhas Negras. No ano de 1985 registrou-se nevada significativa, nas proximidades do pico, com acúmulo de 1 metro em alguns pontos. Nos anos de 1976, 1988, 1994, 1999 e 2004 foram registradas neve no Parque Nacional do Itatiaia.

## **2.3 Sistemas Produtores de Tempo**

### **2.3.1 Sistemas de grande escala**

#### **Sistemas frontais (SF)**

Um sistema frontal é composto por uma frente fria, uma frente quente e um centro de baixa pressão em superfície, denominado ciclone que gira no sentido horário no Hemisfério Sul. A frente fria consiste no avanço do ar frio posterior sobre o ar quente. O ar frio, por ser mais denso, introduz-se como uma cunha por baixo do ar quente, o que resulta na ascensão desse, de forma abrupta e rápida, originando nuvens de grande desenvolvimento vertical, i.e. Cumulusnimbus, com fortes aguaceiros de curta duração. Numa frente quente o ar quente, por ser mais leve e menos denso, avança gradualmente sobre o ar frio anterior, arrefecendo mais lentamente, havendo formação de nuvens de desenvolvimento mais horizontal, podendo não ocorrer precipitação (CAVALCANTI, 1995).

No Estado do Rio de Janeiro, no inverno e na primavera verifica-se em média, a passagem de quatro sistemas frontais (SFs) por mês, ou seja, aproximadamente um por semana, e no verão e outono ocorre diminuição na frequência de passagens, sendo observado em torno de três sistemas frontais (OLIVEIRA, 1986; LEMOS e CALBETE, 1996; DA SILVA, 2003). No verão todos os SFs organizam a convecção no interior do continente,

enquanto que no inverno, dos quatro SFs apenas um organiza a convecção (OLIVEIRA, 1986).

Seguindo as trajetórias dos SFs na América do Sul, observam-se dois padrões distintos ao longo do ano. Um caracterizado pela trajetória de verão, mais lenta e com maior atividade convectiva, devido às complexas interações entre os sistemas transientes da escala sinótica e os sistemas quase estacionários como a Alta da Bolívia e a ZCAS. E o outro definido pelas trajetórias no inverno, em que os SFs se deslocam mais rápidos, com trajetórias mais zonais e não penetram no interior do continente, esses sistemas não induzem atividade convectiva significativa no Brasil Central e o Sudeste do Brasil, mas provocam forte queda de temperatura, em tais regiões, mas isso ocorre de maneira ocasional (NOBRE et al., 1998).

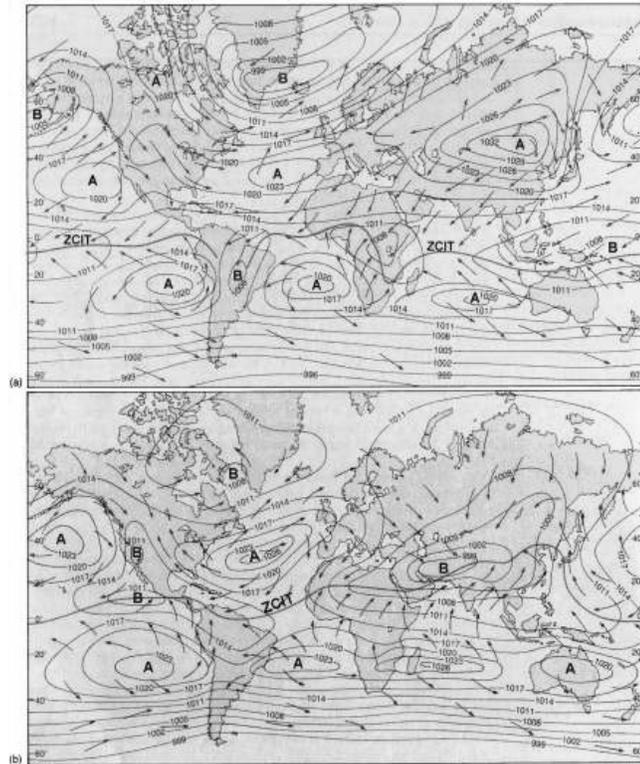
### **Alta Subtropical do Atlântico Sul - ASAS**

Os sistemas de alta pressão localizados em torno de 30 graus de latitude nos principais oceanos do Planeta são denominados de Altas Subtropicais. Esses sistemas estão associadas à circulação média meridional de grande escala na atmosfera, que pela teoria clássica tri-celular são induzidas como resposta as circulações das células de Hadley (KODAMA, 1993; QUADRO, 1994). Na parte do Atlântico Sul, a Alta Subtropical (ASAS) é de grande importância para o clima da América do Sul. O posicionamento dos centros de alta pressão se modifica do inverno para o verão, o que causa as diferenças sazonais de temperatura do ar (VIANELLO e ALVES, 1991). Durante o inverno, as temperaturas são menores sobre os continentes, em consequência os centros de alta pressão migram para o continente. No verão as temperaturas sobre os continentes são maiores, e os centros de alta pressão localizam-se sobre os oceanos e são mais determinados (Figura 2).

O ASAS no inverno causa grandes impactos em centros urbanos principalmente os próximos ao litoral da região sudeste. Pois o fato do continente estar mais frio que o oceano, a ASAS tende a migrar para o continente, onde o vento está mais fraco consideravelmente na região Sul/Sudeste. No verão os ventos da superfície associados ao ASAS diminuem com a aproximação do continente, porém auxiliam no transporte de vapor de água na costa do NE do oceano para o litoral. No litoral da região Sudeste os ventos predominantes são de NE beneficiando o transporte de umidade do Oceano Atlântico para o ramo oceânico da ZCAS e para o continente. Comparando essas situações de inverno e verão, com relação à circulação observa-se que a ASAS se desloca para o Sudoeste e está melhor configurada no verão (BASTOS e FERREIRA, 2000).

O ASAS afeta diretamente o clima em diversas regiões do Brasil tanto no inverno como no verão. No inverno, o ASAS inibe a entrada de frentes e causa inversão térmica, o que ocasiona aumento nas concentrações dos poluentes primários nos principais centros urbanos das regiões Sudeste e Sul. Enquanto no verão sua predominância é sobre o Oceano.

O Estado do Rio de Janeiro permanece sob influência do ASAS na maior parte do ano. Esse sistema é responsável pelas condições do céu claro e com pouca nebulosidade e ventos de direção nordeste de fraca intensidade, que predominam no nordeste do Estado. Esse cenário é modificado com a atuação de sistemas transientes, tais como, sistemas frontais (SFs), ciclones extratropicais, vórtices ciclônicos dos altos níveis (VCANs) de origem subtropical, sistemas convectivos de mesoescala (SCMs) e outros sistemas que irão promover o aumento da nebulosidade, a ocorrência de precipitação e a intensificação dos ventos (FIDERJ, 1978).



**Figura 2** - Posicionamento dos anticiclones no período de verão (a), onde estão melhor caracterizados e posicionados, e (b) no período de inverno. Fonte: VIANELLO e ALVES (1991)

### **Zona de Convergência do Atlântico Sul - ZCAS**

Durante os meses de novembro a março é comum o estabelecimento de uma banda de nebulosidade convectiva, que se estende desde a Amazônia até o Oceano Atlântico, na direção noroeste-sudeste, denominada de Zona de Convergência do Atlântico Sul (KOUSKY, 1988). A ZCAS é um sistema típico dos meses de verão e ocorre quando a convecção tropical, mais acentuada, contribui para a geração e manutenção do fenômeno (KODAMA, 1992). Esse sistema é um dos principais responsáveis pela variabilidade intra-sazonal que ocorre durante o verão na América do Sul e o principal mecanismo responsável por períodos prolongados de precipitação sobre a região sudeste do Brasil. A ZCAS sofre influência tanto de fatores remotos quanto locais. Dentre os fatores locais, os Andes o intensificam, auxiliando a alimentação da convergência com o ar úmido da região amazônica, que é o único fator consensual para a formação deste fenômeno.

#### **2.3.2 Sistemas de mesoescala**

##### **Sistemas Convectivos de Mesoescala**

Os Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) são constituídos por aglomerados de nuvens Cumulonimbus, que podem ter os mais variados formatos, tempos de vida e dimensões horizontais (HOUZE, 1993). Os SCM ocorrem no sul da América do Sul

principalmente durante os meses quentes, responsáveis por quase metade das precipitações que ocorrem nesta região, muitas vezes vem acompanhadas por granizo, descargas elétricas e ventos fortes. As regiões localizadas ao sul da América do Sul, o norte/leste da Argentina, sul do Paraguai, Uruguai e sul do Brasil são particularmente atingidas pelos SCM (DÍAZ E ACETUNO, 2003; RUIZ et al, 2004). Nos Estados Unidos, HANE (1986) verificou que o papel do SCM na precipitação central são responsáveis por 60% da chuva que ocorre na mesma área.

Os SCM estão associados a tempo severo, como descargas elétricas, granizo, rajadas de vento e precipitação intensa, sendo sua maior frequência de atuação nos meses quentes (FRITSCH et al. 1986; HEIDEMAN e FRITSCH 1988; MADDOX et al. 1982; WETZEL et al. 1983; RODGER et al. 1983, 1985).

Os SCM são responsáveis por 50% da precipitação na América do Sul com impacto significativo no tempo e no clima. A importância de conhecer esses sistemas em estudos são para melhorar as previsões dos desastres naturais e para estudos da climatologia (ABDOULAEV e STAROSTIN, 1996). Outros estudos na linha de instabilidade foram feitos por SILVA PAIVA (2000), SILVA PAIVA e MENEZES (2000) e SILVA (2003), no Rio de Janeiro em 2000. Esse evento causou diversos estragos e inundações. Os impactos causados são significativos, SILVA DIAS (1999) identificou registros anuais de fenômenos convectivos para a região tropical do País, associados a altas taxas de precipitação e inundações.

### **Brisa Marítima/Terrestre e de Vale/Montanha**

As circulações do tipo brisa são, basicamente, resposta da atmosfera a um gradiente de entropia que se estabelece à superfície (SOUZA et al., 2000). Ou seja, elas surgem pelas diferenças entre os fluxos de calor sensível e latente existentes entre duas superfícies distintas (MAHFOUF et al., 1987; AVISSAR e PIELKE, 1989; MAHRER e PIELKE, 1978).

Para as brisas marítimas, as diferenças nas capacidades caloríficas das superfícies continentais e oceânicas são transmitidas para a camada limite pelo fluxo de calor sensível à superfície. As diferenças resultantes na temperatura da camada limite, mais quente durante o dia sobre a terra e durante a noite sobre a água, geram um centro de baixa pressão sobre a superfície mais quente, que resulta em movimento ascendente, escoamento da superfície mais fria para a mais quente, escoamento de retorno alguns níveis acima e um ramo descendente sobre a superfície mais fria, definindo uma célula de circulação local em um plano vertical (SILVA DIAS et al., 2004). À noite, a circulação é invertida, pois o oceano passa a estar mais quente que a superfície continental, caracterizando a brisa terrestre.

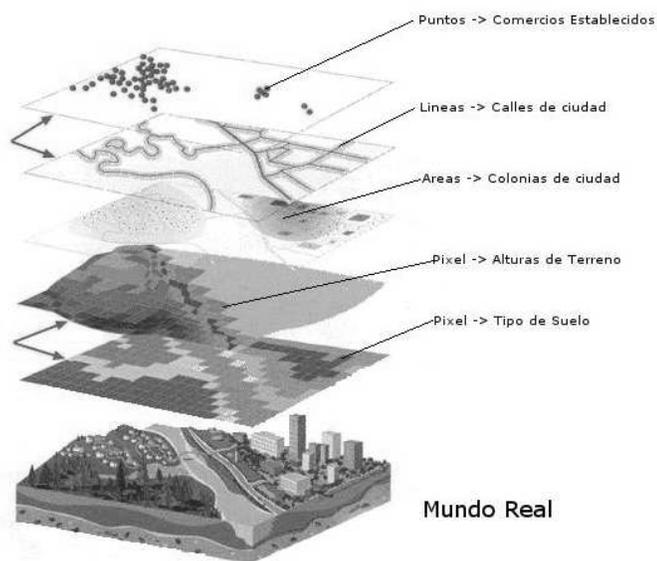
Também a topografia pode dar origem a circulações de brisa, com inversão do sentido da circulação entre a situação diurna e noturna. Tal como no caso da brisa marítima/terrestre, a superfície do solo funciona como fonte de aquecimento (durante o dia) e de arrefecimento (durante a noite). A dado nível, a atmosfera sobre o vale encontra-se longe do solo, sendo pouco afectada pelo ciclo diurno. Enquanto isso, na zona montanhosa a esse mesmo nível, a atmosfera está em contacto directo com a superfície, trocando calor. Assim, durante o dia, a montanha comporta-se como uma fonte de aquecimento, dando origem a uma circulação de ar mais fresco vinda do vale: a brisa de vale. Durante a noite, a montanha é uma fonte de arrefecimento, tendo lugar uma corrente de ar fresco da montanha para o vale, ao longo da encosta: a brisa de montanha. O vento junto da superfície na circulação de brisa de montanha é designado por vento catabático, podendo atingir velocidades muito elevadas. O vento de superfície associado à brisa de vale é designado por vento anabático.

## 2.4 Sistema de Informação Geográfica Aplicado a Ciências Atmosféricas e Ambientais

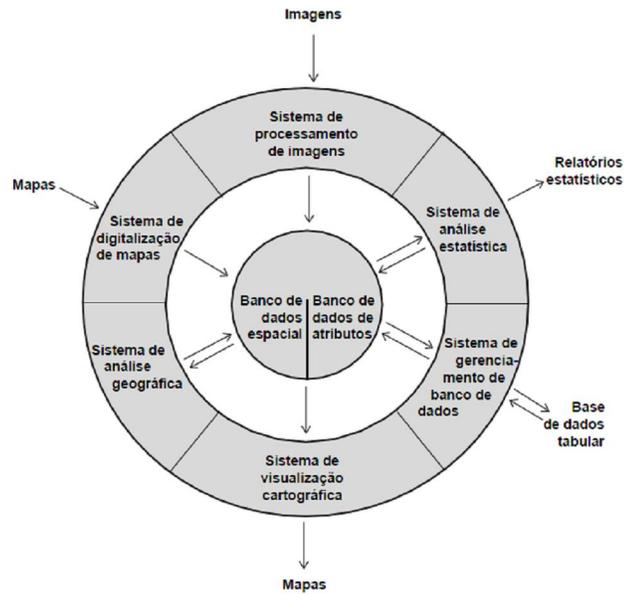
Sistema de Informação Geográfica (SIG) é um sistema de informação que grava, armazena e analisa as informações sobre os elementos que compõem a superfície da Terra. Um SIG pode gerar imagens de uma área em duas ou três dimensões, representando elementos naturais, junto a elementos artificiais. Muitos bancos de dados do SIG consistem de conjuntos de dados que são agrupados em camadas (“*layer*”). Cada camada representa determinado tipo de dado geográfico. O SIG pode combinar essas camadas em uma só imagem (“*overlayer*”) (TEXEIRA et al., 1995) (Figura 3).

Existem diferentes formas para definir e classificar sujeitos e objetos, dificultando uma definição para Sistema de Informação Geográfica (SIG), ressaltando que existem grupos de indivíduos com interesses diversos quando se faz uso de tais sistemas, podendo ser descritos em hardware, software, dados e “*liveware*”, que são uma coleção integrada e que operam em um contexto institucional (MAGUIRE, 1991) (Figura 4). Como existe dificuldade em chegar a um consenso com relação ao conceito do que seria SIG, Burrough e McDonnell (1998), apresentaram a seguinte definição:

“SIG seria um conjunto de ferramentas para se coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar os dados espaciais do mundo real para propósitos específicos.”



**Figura 3** – Representação das camadas (“*layer*”) e suas sobreposições (“*overlayer*”) para a representação de feições reais.



**Figura 4** – Diagrama dos componentes e da estrutura de um SIG. Fonte: (EASTMAN, 1998)

Um SIG é projetado para aceitar dados de uma grande variedade de fontes, incluindo mapas, imagens de satélites ou radar, textos impressos ou estatísticas. O SIG converte todos os dados geográficos em um código digital e é programado para processar as informações e, em seguida, obter imagens. Com o avanço das diversas técnicas na área de análise geográfica, o SIG surgiu para facilitar a visualização e armazenamento de informações, assim como para identificação de tendências espaciais.

O SIG pode ser utilizado na área agrícola e florestal, para realizar mapeamentos de nutrientes em plantações, interpolações de dados das análises de solos, doenças e pragas através de monitoramento, alocação de áreas de proteção permanente, planejamento de uso de terras para a decisão do local de instalação de reservas, zoneamento ambiental, que permite escolher o melhor local para instalação de uma unidade de produção. Como essas atividades envolvem diversas variáveis, o que torna difícil a visão do problema para que seja tomada a decisão correta, o SIG apresenta-se como uma ferramenta que auxilia a tomada de decisão. Esse sistema permite o exame de um amplo conjunto de variáveis que são usualmente consideradas em decisões de manejo das terras (MARBLE, 1990; PETERSEN et al., 1995).

Na avaliação dos sistemas que compõem os meios, apresentando dados temáticos de forma espacial, representar e gerar classificações de florestas, definir zonas e territórios, elaborar alternativas de ação apresentando alternativas mitigadoras ou de resolução de conflitos, elaborar planos de reflorestamentos, obter alternativas para manejo de recursos, como o manejo de vegetação, monitorar o ambiente, controle de incêndio ou propagação da desertificação.

Para caracterizar a variabilidade espacial e temporal, deve-se observar a existência de correlação entre as observações espaciais (ISAAKS e SRIVASTAVA, 1989). Assim, torna-se fundamental a aplicação de ferramentas de análise espacial dos dados, como por exemplo, modelos determinísticos de efeito local, global ou combinado (local e global) disponíveis na maior parte dos sistemas de informações geográficas.

Dentre as ferramentas disponíveis num SIG, destacam-se, para estudos nas áreas de ciências atmosféricas e ambientais, os modelos determinísticos globais, locais e combinados para a interpolação de atributos georreferenciados. Esses modelos permitem transformar dados numéricos, obtidos nos pontos georreferenciados na superfície em mapas interpolados, partindo de dados originais e tendo valores estimados para as regiões representadas. Essa ferramenta não é restrita apenas aos dados observados inicialmente, com isso geram-se informações confiáveis da tendência espacial da variável, não tendo necessidade em alguns casos de observações diretas (PELLEGRINO et al., 1998).

As técnicas de espacialização disponíveis em um SIG facilitam a definição de como os elementos climáticos se distribuem no espaço e também a associação desses com diferentes fatores (TAYLOR, 1991). O uso de técnicas de espacialização em meteorologia e climatologia são freqüentes, o que possibilita o uso de tais métodos junto com técnicas de SIG (PERDIGÃO e MOITA, 2003). As técnicas de SIG permitem abranger grandes regiões com agilidade e precisão (HASHMI et al., 1995). A capacidade de interpolação de dados espaciais em locais onde não se tem dados observados, permite manipular e interpretar dados, sendo inclusive aplicados a programação de novos métodos de tratamento de dados (CÂMARA, 1993).

A caracterização espacial e temporal das condições hídricas visa compreender o clima de determinada região, baseada na distribuição dos componentes do balanço hídrico, como por exemplo, chuva e evapotranspiração, sendo importante nas áreas de engenharia e ciências ambientais. No espaço e tempo, as informações das condições hídricas servem como modelo para as distribuições hidrológicas das inundações, erosões e outros processos difíceis de serem controlados, mas que ocorrem no meio ambiente, como as enchentes, secas, geadas, entre muitos outros (HABERLANDT, 2007). As discussões atuais sobre os impactos das mudanças climáticas, mostram que para a região Sudeste do Brasil o cenário futuro é de aumento da precipitação pluvial e da temperatura do ar, sendo esperado incremento de 3 ou 4 °C em relação ao cenário atual (MACHADO e MARENGO, 2006).

A precipitação pluvial é uma dos elementos climáticos mais importantes da região Tropical, sendo determinante em diversas atividades, como por exemplo, na agricultura, pecuária, florestais, pesca, turismo entre outras. No caso da agricultura, a irregularidade nas seqüências das precipitações pluviais é um dos principais dos fatores que limitam o desenvolvimento e a estabilidade da produção agrícola. Então para que se tenha uma maior precisão do balanço hídrico na área determinada se faz necessário que os dados pontuais sejam espacializados, estimando-se os valores médios para a área total analisada (FREITAS e LOPES, 2003,).

A topografia do local e o tipo de chuva irão influenciar na distribuição das chuvas, sendo observadas importantes diferenças na variação espacial das chuvas para distâncias em torno de 1 km (MELLART, 1999). Contudo, essa variação muda conforme os anos e, dependendo da região, faz-se necessário regionalizar as análises e que sejam constantes para se ter dados mais significativos para a variabilidade espacial.

Usando o coeficiente de determinação, HUBBARD (1994), observou que entre postos pluviométricos da região que vai do rio Missouri até as montanhas Rochosas do Colorado nos Estados Unidos, não supria para a avaliação real da relação entre o coeficiente de determinação e a distância, sendo então necessários, no mínimo uma série de cinco anos de extensão, sugerindo que a maior distância entre os postos pluviométricos sejam de cinco quilômetros.

## 2.5 Modelos Determinísticos para Interpolação da Precipitação Pluvial

Os interpoladores, como o próprio nome sugere, têm por função, atribuir valores a novo pontos inseridos num campo de valores já existente. O produto da interpolação gera uma malha contínua, regular ou irregular, com valores interpolados nas novas posições criadas pela malha (SURFER, 1999). Existem vários métodos de interpolação que podem ser utilizados para auxiliar no refinamento de dados coletados em campo, como vizinho mais próximo, inverso do quadrado da distância, Triangulação com interpolação linear, Kriging, curvatura mínima, entre outros.

O algoritmo do vizinho mais próximo é o método mais simples, tem como principal característica, assegurar que o valor interpolado seja um dos valores originais, ou seja, não gera novos valores (FRANKE, 1982), O produto final deste interpolador é caracterizado por um efeito de degrau.

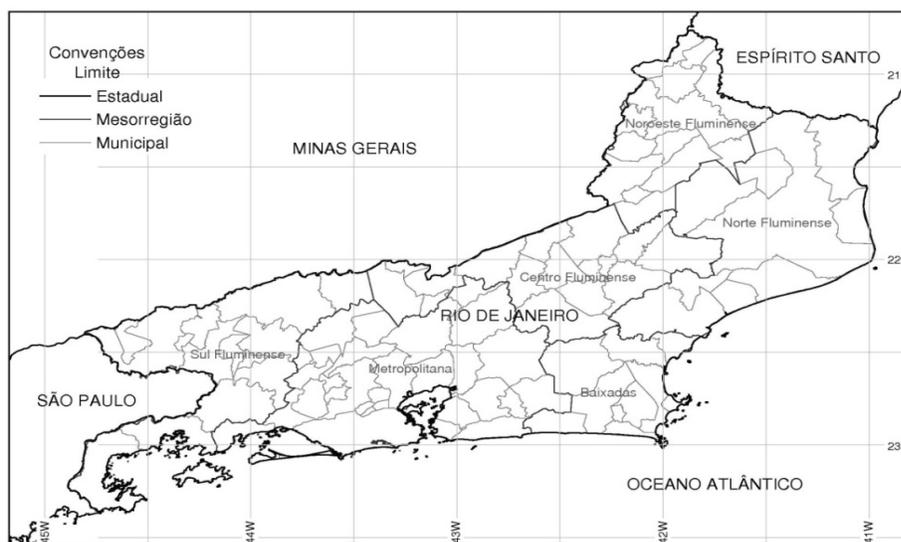
AMORIM et al. (2008), utilizou dois métodos, Inverso do Quadrado da Distância (IQD) e o interpolador Spline regularizado, para gerar mapas mensais de precipitação para o Estado de Alagoas. BARBOSA.(2006) usou a krigagem para poder estimar o conjunto de dados disponíveis de temperatura e precipitação para gerar mapas para o Estado de São Paulo. Através do processo do método de interpolação Inverso da Potência da Distância (IPD), NOVAS et al. (2006) criaram superfícies de tendência da precipitação mensal, dos desvios mensais e sazonais, aplicados também para a confecção de mapas para o Estado de Alagoas

## 3. MATERIAL E MÉTODOS

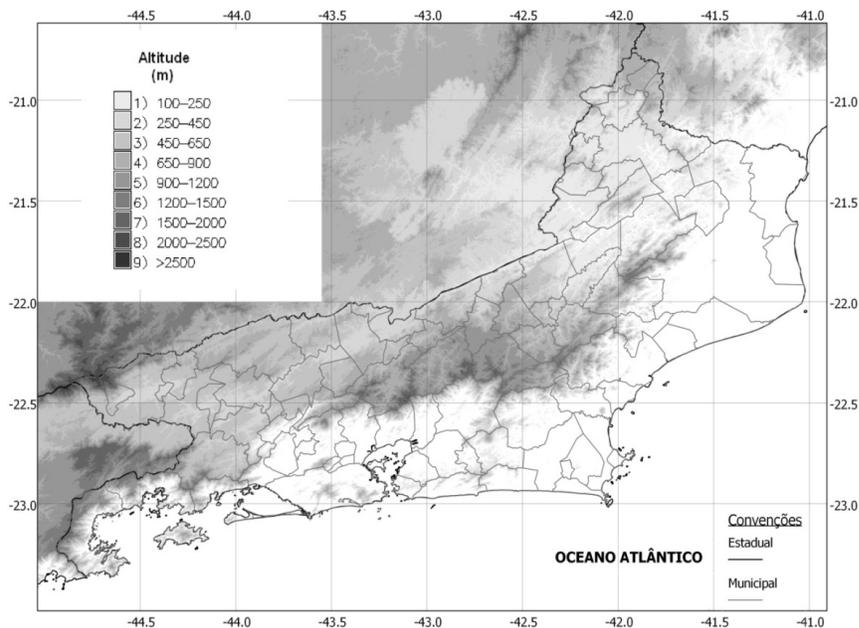
O estado do Rio de Janeiro situa-se na região Sudeste do Brasil, entre as latitudes 20° 45' 54 e 23° 21' 57" S e as longitudes 40° 57' 59" e 44° 53' 18" W. O Rio possui uma área de 43.696,054 km<sup>2</sup>. O estado faz divisa a nordeste com o Espírito Santo, norte e noroeste com Minas Gerais, sudoeste com São Paulo e com o Oceano Atlântico a sul e leste. Possui extensa faixa litorânea, com aproximadamente 635 km de extensão, sendo banhado pelo Oceano Atlântico.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) divide o estado em seis mesorregiões (Baixada, Centro Fluminense, Metropolitana, Noroeste Fluminense, Norte Fluminense e Sul Fluminense) (Figura 5) baseado nas seguintes considerações: o processo social como determinante, o quadro natural como condicionante e a rede de comunicação e de lugares como elemento da articulação espacial. As mesorregiões subdividem-se ainda em 18 microrregiões, que agregam 92 municípios (IBGE, 2009a).

O relevo é diversificado, caracterizado por morros ondulados, serras e baixadas, localizadas entre a Serra da Mantiqueira e o Oceano Atlântico, com altitudes entre o nível médio do mar e 2.800 m (Figura 6). O estado apresenta paisagens com grandes contrastes, com escarpas elevadas, ambos a beira mar e no interior; mares e morros; colinas e vales; rochas variadas em baías recortadas pelo litoral, com diferentes formas de encontro entre o mar e a costa; dunas, restingas e praias planas; lagos, florestas tropicais naturais; e ainda uma área de planalto, que se estende a oeste. O ponto mais elevado é o pico das Agulhas Negras que possui altitude de 2.787 m, localizado na serra da Mantiqueira. A serra da Mantiqueira é uma imponente escarpa da região Sudeste voltada para o vale do rio Paraíba do Sul, que possui a menor altura de 250 m, atravessando os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais (FEEMA, 2007).



**Figura 5** – Divisão política estadual, mesorregiões e municipal do estado do Rio de Janeiro. Fonte: IBGE (2009b)



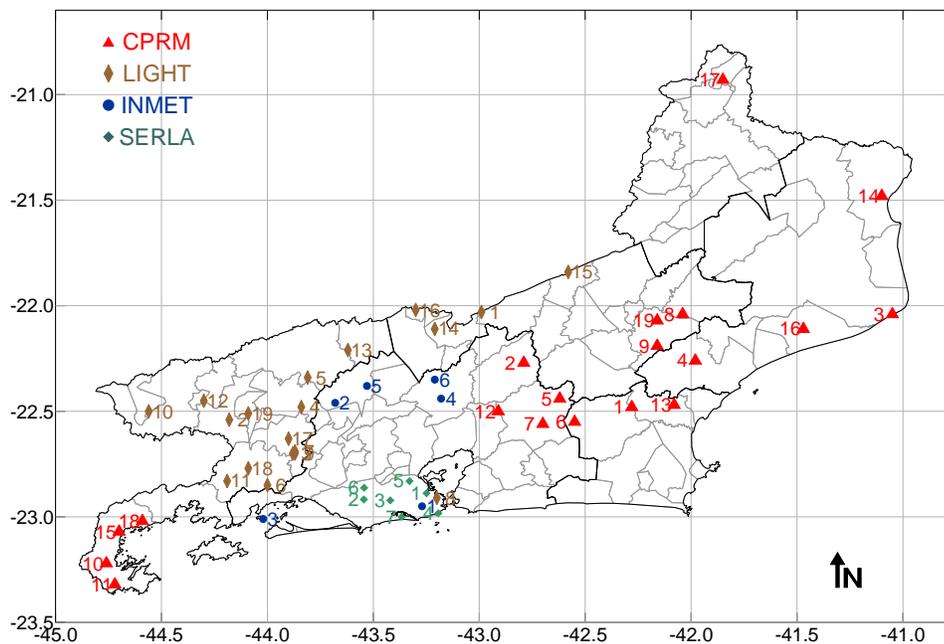
**Figura 6** – Hipsometria do estado do Rio de Janeiro.

As séries climáticas de precipitação pluvial foram obtidas com auxílio do sistema Hidroweb (ANA, 2009). O Sistema é composto de uma base de dados pluviais e fluviais diários, organizada e mantida pela Agência Nacional de Águas (ANA). As estações pluviais avaliadas estavam localizadas no estado do Rio de Janeiro, sendo de responsabilidade da Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas (SERLA), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e da LIGHT (Figura 7).

As estações foram escolhidas quando atenderam aos seguintes critérios:

- i) Séries superiores ou iguais a 20 anos e
- ii) Início da série a partir de 1960.

Os critérios foram definidos para se manter a homogeneidade das séries, contudo, considerando séries temporais longas. Baseados nesses critérios selecionaram-se 51 estações pluviiais (Tabelas 1, 2, 3 e 4). As séries compreenderam o período de 1960 a 2009.



**Figura 7** - Localização das estações meteorológicas pertencentes a CPRM, INMET, SERLA e LIGHT.

**Tabela 1** – Estações pluviais pertencentes à LIGHT, com as coordenadas geográficas (latitude – LAT e longitude – LONG), o período e o número de anos da série

ID <sup>+</sup>	NOME	LAT	LONG	SÉRIE	Nº ANOS
1	Anta	-22,03	-42,99	1960-1980	21
2	Barra Mansa	-22,54	-44,18	1960-2004	45
3	Barragem de Lajes	-22,70	-43,88	1960-1980	21
4	Elevatória Sta Cecília	-22,48	-43,84	1960-2004	45
5	Faz. São Francisco	-22,34	-43,81	1960-1992	33
6	Faz. Lapa	-22,85	-44,00	1960-1997	38
7	Faz. Sta rosa	-22,69	-43,87	1960-1992	33
8	Frei Caneca	-22,91	-43,20	1967-1991	25
9	Ipê	-22,70	-43,87	1960-1989	30
10	Itatiaia	-22,50	-44,56	1960-1992	33
11	Lídice	-22,83	-44,19	1960-2004	45
12	Sítio das Palmeiras	-22,45	-44,30	1960-1994	35
13	Taboas	-22,21	-43,62	1965-1992	38
14	Três Rios Sub-estação	-22,11	-43,21	1960-1992	33
15	Usina Ilha dos Pombos	-21,84	-42,58	1960-1980	21
16	Usina Velha (Paraibuna)	-22,02	-43,30	1960-1989	30
17	Usina Elevatória De Vigário	-22,63	-43,90	1960-2004	45
18	Vargem	-22,77	-44,09	1960-2004	45
19	Volta Redonda	-22,51	-44,09	1960-2003	44

<sup>+</sup> ID – Identificador relacionando a Tabela com o mapa da Figura 4

**Tabela 2** - Estações pluviais pertencentes à SERLA, com as coordenadas geográficas (latitude – LAT e longitude – LONG), o período e o número de anos da série

ID <sup>+</sup>	NOME	LAT	LONG	SÉRIE	Nº ANOS
1	Benfica	-22,89	-43,25	1969-1994	26
2	Campo Grande	-22,92	-43,55	1965-1995	31
3	ELETROBRÁS	-22,92	-43,42	1969-1994	26
4	Elevatória de Copacabana	-22,98	-43,19	1961-1981	21
5	Irajá	-22,83	-43,33	1965-1994	30
6	Mendanha	-22,86	-43,54	1970-1994	25
7	Via 11			1970-1994	25

<sup>+</sup> ID – Identificador relacionando a Tabela com o mapa da Figura 4

**Tabela 3** - Estações pluviométricas pertencentes à CPRM, com as coordenadas geográficas (latitude – LAT e longitude – LONG), o período e o número de anos da série

ID <sup>+</sup>	NOME	LAT.	LONG.	SÉRIE	Nº ANOS
1	Barra Alegre	-22,48	-42,28	1965-2009	45
2	Bom Sucesso	-22,27	-42,79	1965-2009	45
3	Farol de São Tomé	-22,04	-41,05	1966-2009	44
4	Faz. Oratório	-22,26	-41,98	1967-2009	43
5	Faz. São Joaquim	-22,44	-42,62	1967-2009	43
6	Gaviões	-22,55	-42,55	1967-2009	43
7	Japuiba	-22,56	-42,7	1967-2009	43
8	Leitão da Cunha	-22,04	-42,04	1966-2009	44
9	Maria Mendonça	-22,19	-42,16	1966-2009	44
10	Parati	-23,22	-44,76	1972-2009	38
11	Patrimônio	-23,32	-44,72	1972-2009	38
12	Represa do Paraíso	-22,5	-42,91	1967-2009	43
13	Rio Dourado	-22,47	-42,08	1967-2009	43
14	S. Francisco de Paula	-21,48	-41,1	1972-2009	38
15	São Roque	-23,07	-44,7	1967-2009	43
16	Usina Quissama	-22,11	-41,47	1966-2009	44
17	Varre – Sai	-20,93	-41,85	1967-2009	43
18	Vila Mambucaba	-23,02	-44,59	1982-2009	28
19	Visconde De Imbe	-22,07	-42,16	1965-2009	45

<sup>+</sup> ID – Identificador relacionando a Tabela com o mapa da Figura 4 (continuação)

**Tabela 4** - Estações pluviométricas pertencentes ao INMET, com as coordenadas geográficas (latitude – LAT e longitude – LONG), o período e o número de anos da série

ID	NOME	LAT.	LONG.	SÉRIE	Nº ANOS
1	Alto da Boa Vista	-22,95	-43,27	1966-1998	33
2	Ecologia Agrícola - km47	-22,46	-43,68	1961-1998	38
3	Ilha Guaíba	-23,01	-44,02	1975-1994	20
4	Núcleo Colonial S. Bento	-22,44	-43,18	1961-1980	20
5	Piraí	-22,38	-43,53	1961-1998	38
6	Tíngua	-22,35	-43,21	1961-1993	33

Para cada estação e ano da série determinou-se o acumulado mensal e anual, sendo depois calculada a média aritmética da série para todos os meses e a anual. Meses com mais de três dias faltantes foram desconsiderados da determinação do acumulado mensal e no caso do acumulado anual, apenas anos com todos os meses foram considerados.

Foram então organizadas planilhas com a o nome da estação, a latitude, a longitude, e as médias mensais e anuais das séries. Esses dados foram importados para o aplicativo SURFER 8.1, que foi utilizado nas interpolações das precipitações pluviométricas mensais e a anual.

Com os dados importados para o SURFER, partiu-se para a geração dos mapas. Para isso utilizou-se o módulo DATA para interpolação dos dados de precipitação pluvial. A interpolação foi realizada considerando o método do Inverso da Potência da Distância, com a opção da potencial quadrática. Na geração do grid interpolado, considerou-se a área entre as coordenadas -23,5 e -20,6 S de latitude e entre -45 e -40,75 O de longitude, com uma

resolução de 30 segundos de grau. Esse procedimento foi repetido para cada mês e para a precipitação anual, o que resultou em treze mapas com a precipitação espacializada. Para as análises, os grids foram sobrepostos ao limite político do estado do Rio de Janeiro com as divisões das mesorregiões do Estado. O arquivo vetorial com o limite político do estado do Rio de Janeiro, com suas as mesorregiões foram obtidas no IBGE na escala 1:2.500.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Precipitação Pluvial Anual

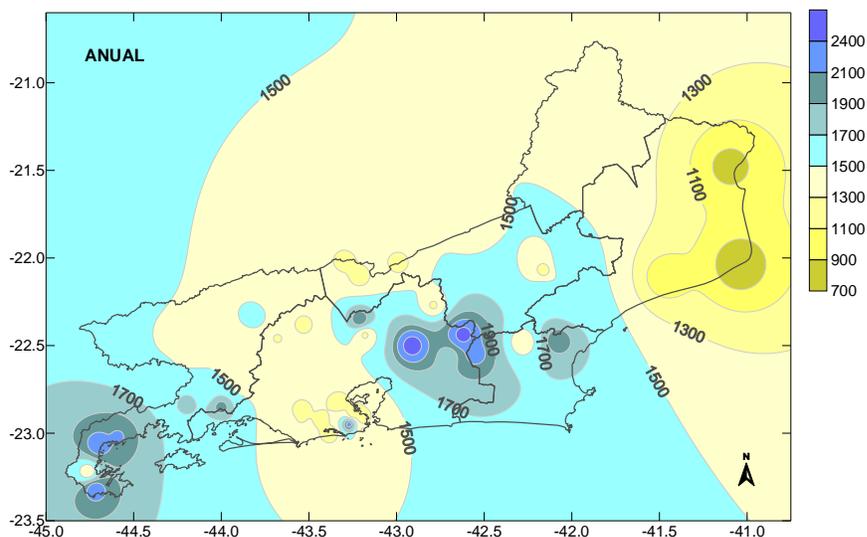
A precipitação pluvial anual mostrou elevada variabilidade por todo o Estado do Rio de Janeiro (Figura 8). Os extremos anuais foram observados na estação do Farol de São Tomé (721,7 mm, Mesorregião Norte Fluminense) na baixada litorânea, e na Represa do Paraíso (2.712,7 mm, Mesorregião Metropolitana) na região Serrana. A elevada variação espacial do acumulado anual pode está associada a sistemas convectivos de mesoescala e a chuva orográfica, relacionada ao relevo complexo, formado por morros, serras e baixadas, associado à proximidade com Oceano Atlântico. Na Região Metropolitana do Rio de Janeiro os totais anuais de chuva são elevados, devido principalmente a influência dos maciços da Mendanha, Gerincinó e Tijuca, favorecendo as precipitações orográficas (DERECZYNSKI et al., 2009). O estado encontra-se também nas trajetórias dos principais sistemas de grande escala, SFs e ZCAS, que completam a precipitação do município do Rio de Janeiro, associado à influência das brisas. As maiores freqüências de ocorrências da precipitação anual no estado foram nas classes de 1.300 – 1.500 mm e 1.500 – 1.700 mm.

Na análise feita no mapa de precipitação anual, observou-se que o extremo sul da mesorregião Sul Fluminense e oeste da mesorregião Metropolitana, na divisa com as mesorregiões das Baixadas e Centro Fluminense, apresentaram os extremos superiores da precipitação, com valores acima de 2.100 mm. Além dessas áreas, parte do município do Rio de Janeiro, na baixada de Jacarepaguá, também mostrou valores elevados de precipitação, com acumulado anual de até 2.500 mm. Contudo, a maior parte do município do Rio de Janeiro possuiu área com precipitação em média de 1.300 – 1.500 mm.

As menores precipitações (< 1.300 mm) foram observadas na área norte do Estado, mesorregião Norte Fluminense, com característica de uma região semi-árida com totais inferiores a 900 mm em algumas áreas. Acumulados entre 1.100 - 1.300 mm ocorreram também na mesorregião Metropolitana, em parte dos municípios da Baixada Fluminense e do Rio de Janeiro, a noroeste da mesorregião Metropolitana e oeste da mesorregião Centro Fluminense, na divisa com Minas Gerais.

Resultado similar para a precipitação anual foi apresentado por ANDRÉ et al. (2009) para a precipitação pluvial anual. As regiões dos máximos encontram-se entre o Oceano Atlântico e regiões de elevadas variação de altitudes, sofrendo a influência de chuvas orográficas. O Sul Fluminense é também trajetória preferencial de sistemas frontais, o que resulta nos seus elevados acumulados anuais.

A maior parte das mesorregiões Norte e Noroeste Fluminense apresentaram precipitações anuais em classes inferiores a 1.500 mm. Nas mesorregiões das Baixadas e Centro Fluminense as classes predominantes foram superiores a 1.500 mm. No Sul Fluminense e Metropolitana observou-se alternância entre as classes superiores/inferiores a 1.500 mm.



**Figura 8** – Variação espacial da precipitação pluvial anual no estado do Rio de Janeiro.

## 4.2 Precipitação Pluvial Mensal

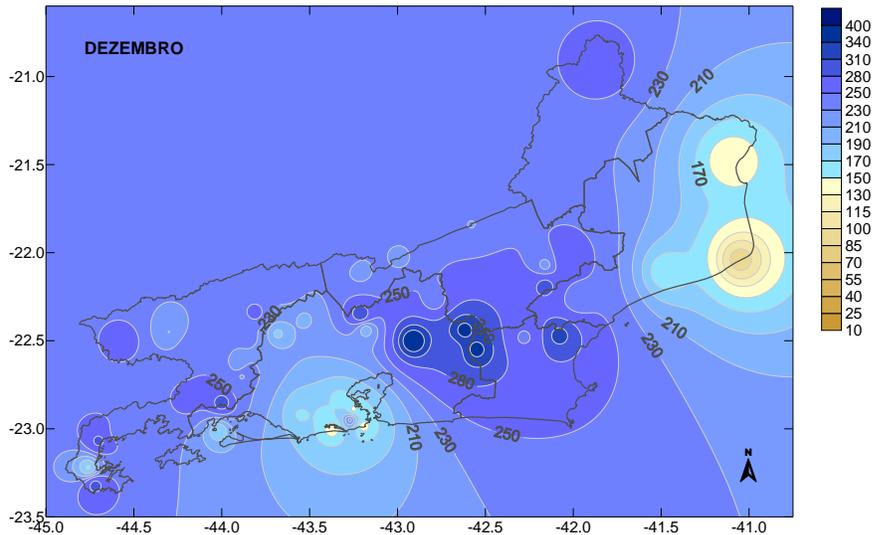
Com relação às precipitações mensais, observou-se que os meses com maiores totais mensais foram janeiro (Figura 10) e dezembro (Figura 9). Esses meses coincidem com o verão, estação que costumam ter as maiores precipitações e com maiores intensidades. A máxima mensal foi de 425 mm, observado a oeste da mesorregião Metropolitana do Estado. A maior frequência de ocorrência foi em classes de precipitação menores que 215 mm. O mês que teve as menores precipitações foi junho (Figura 14), na estação do inverno, onde ocorreram os menores acumulados, com totais de 10 mm em grande parte das mesorregiões Sul Fluminense e em menores áreas do Norte e Noroeste Fluminense. A maior parte do estado não ultrapassou 70 mm.

### 4.2.1 Verão

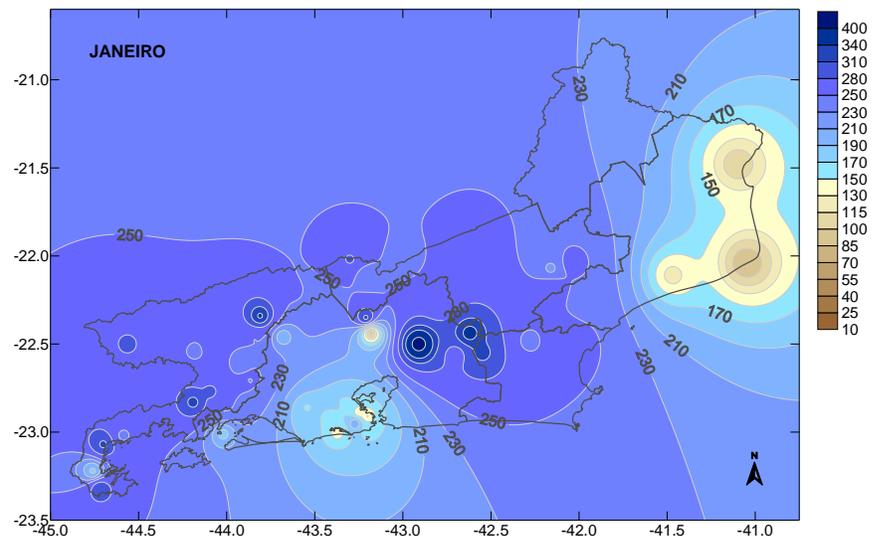
Na estação do verão, observou-se que o mês de dezembro (Figura 9) apresentou amplitude entre 85-100 à > 400 mm, sendo a máxima observada próximo a divisa simultânea das mesorregiões Metropolitana, Baixadas e Centro Fluminense e a mínima na mesorregião Norte Fluminense. Em janeiro a amplitude foi de 70 - 85 a > 400 mm, sendo a máxima observada é na mesorregião metropolitana e a mínima no Norte Fluminense. Os meses de dezembro e janeiro mostraram amplitude de precipitação similar. Em fevereiro ocorreu diminuição significativa em relação aos outros meses do verão, com variação entre as classes de 55-70 e 250-280 mm, a máxima foi observada na mesorregião Metropolitana e Sul Fluminense e a mínima no Norte Fluminense.

As maiores frequências para dezembro foram na classe de 230-250 mm, observadas em quase as todas as mesorregiões, com exceção da mesorregião das Baixadas. Em janeiro as maiores frequências foram de 230-250 mm, seguida da classe 250-280 mm. E no mês de fevereiro as maiores ocorrências foram nas classes de 150-170 mm e 170-190 mm, encontradas em todas as mesorregiões.

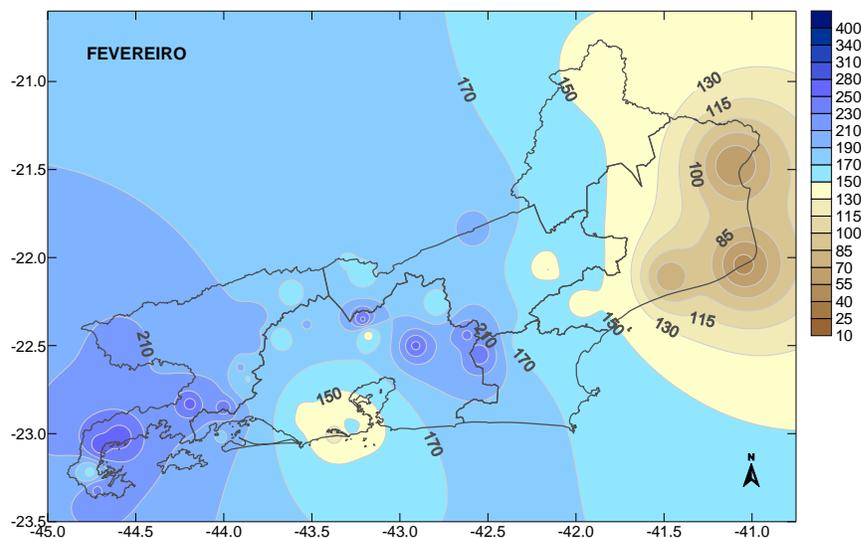
Os extremos para dezembro foram observados na mesorregião Metropolitana, Baixada e Centro Fluminense, com precipitações superiores a 280 mm, enquanto a mínima ocorreu na mesorregião Norte Fluminense, com acumulados menores que 150 mm. Em janeiro as maiores foram de 280 mm, em três mesorregiões (Metropolitana, Baixada e Centro Fluminense), e as menores (< 150 mm) na região Norte Fluminense e uma pequena porção da Metropolitana.



**Figura 9** – Variação espacial da precipitação pluvial mensal de dezembro no estado do Rio de Janeiro.



**Figura 10** – Variação espacial da precipitação pluvial mensal de janeiro no estado do Rio de Janeiro.



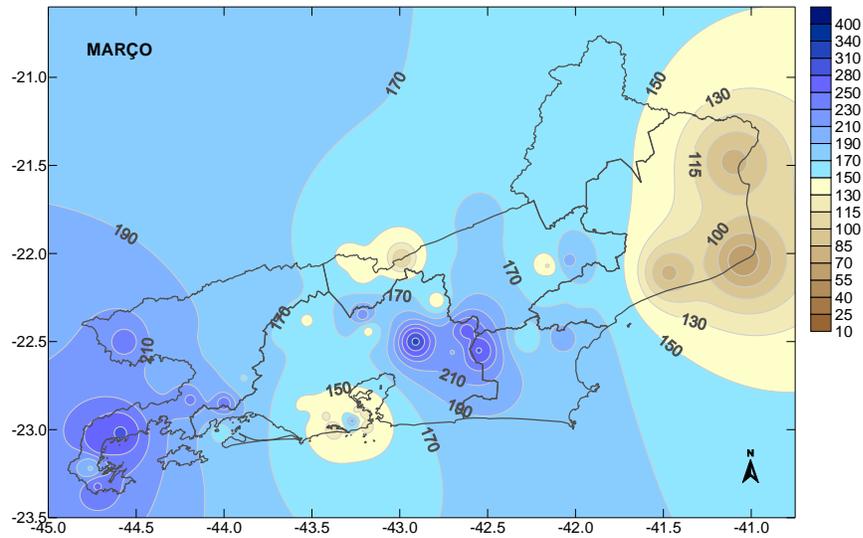
**Figura 11** – Variação espacial da precipitação pluvial mensal de fevereiro no estado do Rio de Janeiro.

#### 4.2.2 Outono

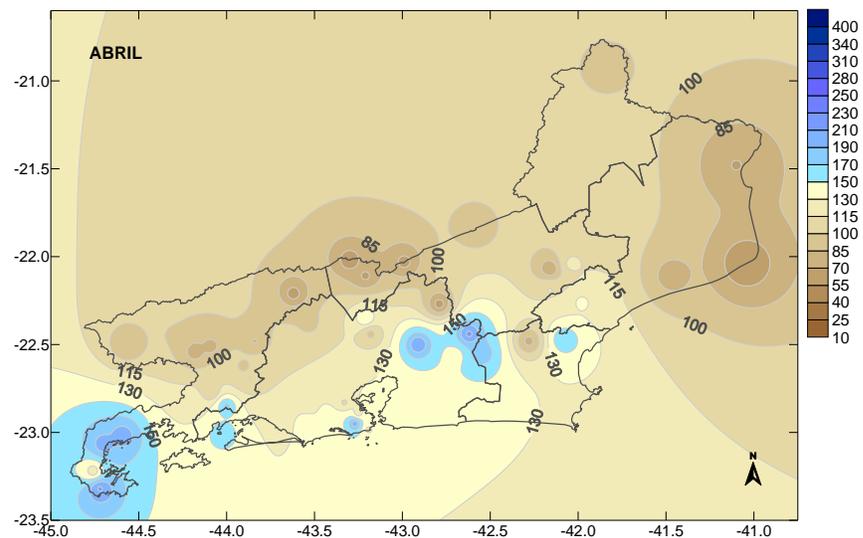
No outono ocorreu diminuição significativa das precipitações, no mês de março (Figura 12) a amplitude variou das classes de 55-70 a 310-340 mm, a máxima foi observada nas mesorregiões Sul Fluminense, Metropolitana e Baixadas. Observou-se também que a Centro Fluminense mostrou área com maiores precipitações. A mínima foi observada no extremo Norte Fluminense. Para o mês de abril (Figura 13), as amplitudes foram de 55-70 a 230-250 mm, com a máxima no extremo Sul Fluminense e Metropolitana e a mínima no Norte Fluminense. Com relação ao mês anterior os mínimos foram na mesma classe de março. Em maio ocorre baixas precipitações devido a proximidade do inverno, com amplitude de 170-190 mm a 25-40 mm com a máxima na mesorregião metropolitana e mínima ocupando as mesorregiões metropolitana e Centro Fluminense, em pequenas regiões.

As maiores freqüências para o Estado do Rio de Janeiro em março foram de 150-170 e 170 -190 mm para todas as mesorregiões, em abril foi de 100-115 mm, ocorrendo em todas as mesorregiões e grande parte do Noroeste Fluminense. No mês de maio (Figura 14) os extremos foram de 55-70 mm e nas áreas do Litoral Sul Fluminense e parte da Metropolitana com 70-85 a 85-100 mm.

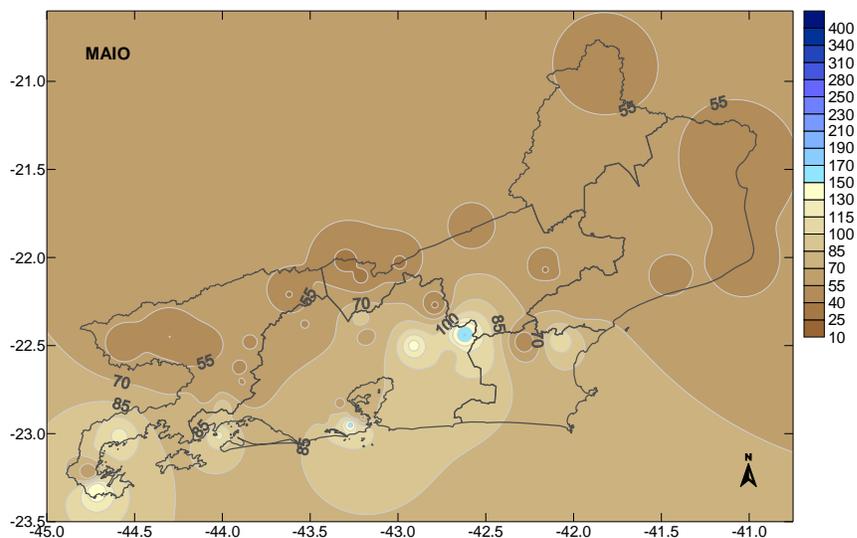
Para os extremos, observou-se que no mês de março as maiores foram superiores a 310 mm na mesorregião Metropolitana e a mínima inferiores a 55 mm na mesorregião Norte Fluminense. Em abril as máximas foram superiores a 150 mm no Sul Fluminense e Metropolitana e as mínimas inferiores a 50 mm no Norte Fluminense, partes do Centro e Sul Fluminense. Para o mês de maio os extremos foram superiores a 150 mm, numa pequena região da Metropolitana e as inferiores de 40 mm ocorreram em algumas partes da Metropolitana e Centro Fluminense.



**Figura 12** – Variação espacial da precipitação pluvial mensal de março no estado do Rio de Janeiro.



**Figura 13** – Variação espacial da precipitação pluvial mensal de abril no estado do Rio de Janeiro.



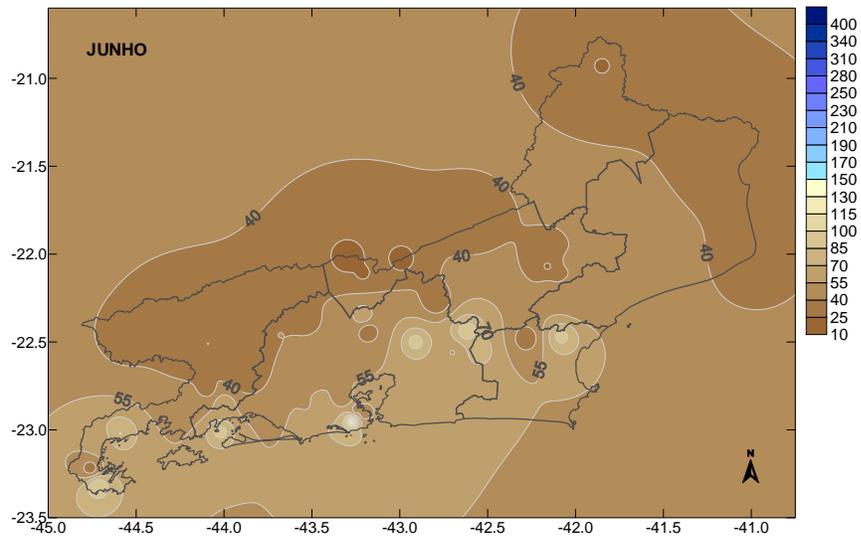
**Figura 14** – Variação espacial da precipitação pluvial mensal de maio no estado do Rio de Janeiro.

### 4.2.3 Inverno

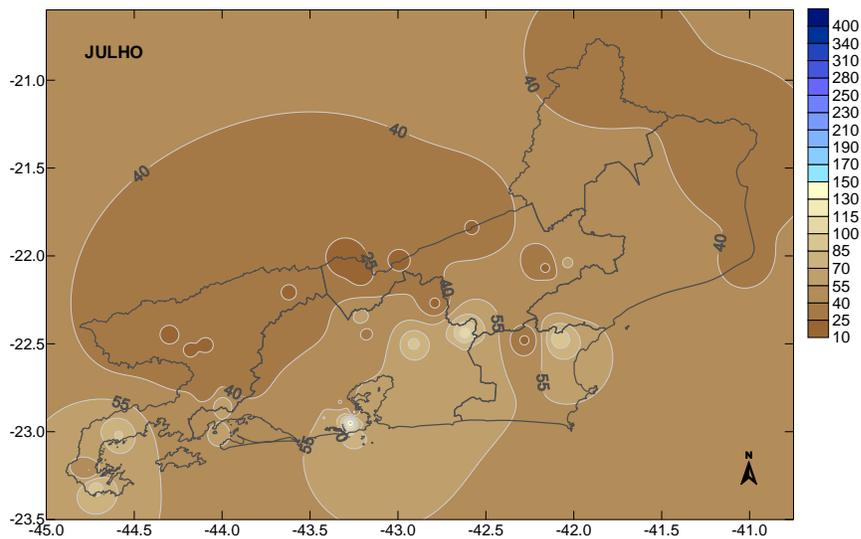
Nos meses de inverno, a tendência da precipitação para o Estado do Rio de Janeiro foi de diminuir significativamente com relação aos meses de verão. A amplitude de variação foi de 10-25 a 85-100 para junho (Figura 15), com a máxima nas mesorregiões Metropolitana, Baixada e Sul Fluminense, a mínima no centro Fluminense e Noroeste Fluminense. Para julho (Figura 16) a amplitude foi de 100-115 a 10-25 mm com a máxima na mesorregião Metropolitana e a mínima no Sul Fluminense, Metropolitana e Baixadas. No mês de agosto (Figura 17) o acumulado mensal variou de 10-25 a 100-115 mm, similar ao mês anterior, contudo com a classe superior entre 100–115 mm.

As maiores frequências de ocorrências observadas para os meses de junho, julho e agosto foram de 25-40 e 40-55 mm, observadas na maior parte do Estado, com pequenas áreas com precipitações superiores a essas classes.

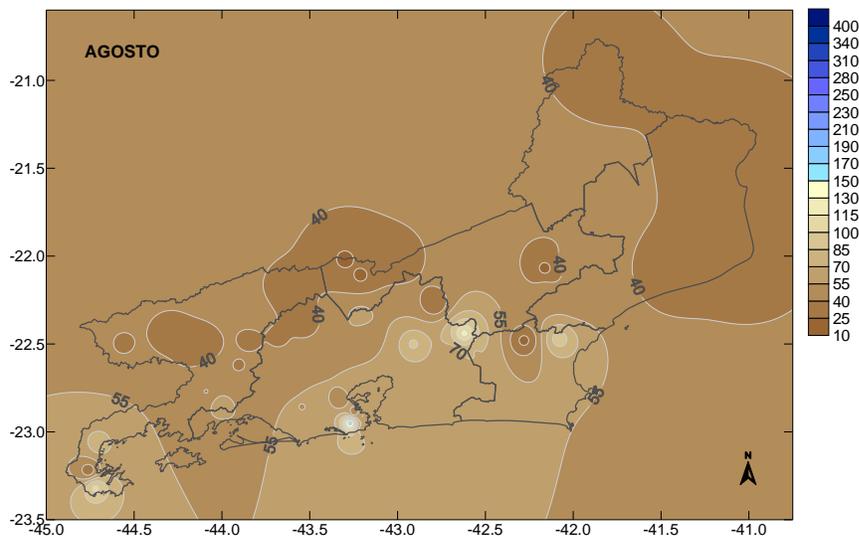
Os extremos observados para o inverno foram significativamente inferiores as das demais estações, com os máximos acima de 70 mm para a mesorregião Metropolitana e a mínima menores a 40 mm para todas as mesorregiões. Em julho os máximos foram maiores que 70 mm, para as mesorregiões Metropolitana e Baixadas e a mínima (< 25 mm) em algumas áreas no Centro Fluminense e Baixada. Agosto possui um máximo de 70mm em na Metropolitana e mínimo de 40 mm em todas as mesorregiões.



**Figura 15** – Variação espacial da precipitação pluvial mensal de junho no estado do Rio de Janeiro.



**Figura 16** – Variação espacial da precipitação pluvial mensal de julho no estado do Rio de Janeiro.



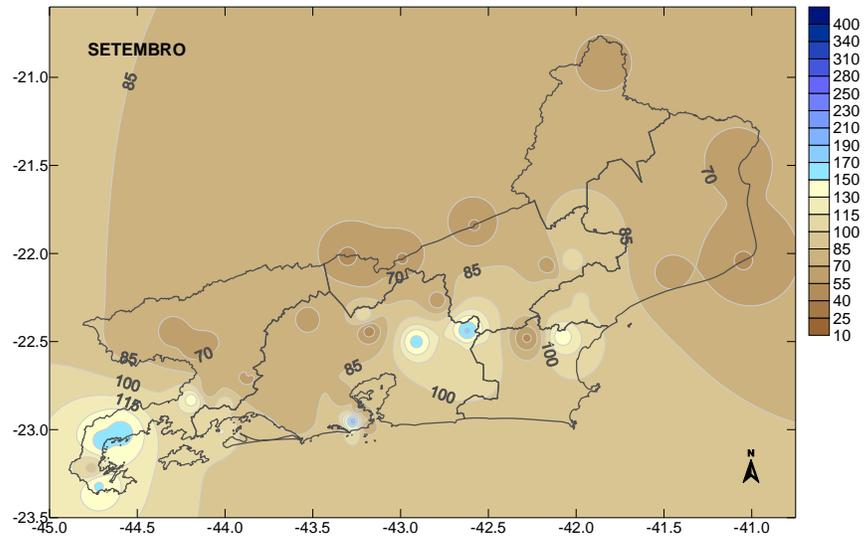
**Figura 17** – Variação espacial da precipitação pluvial mensal de agosto no estado do Rio de Janeiro.

#### 4.2.4 Primavera

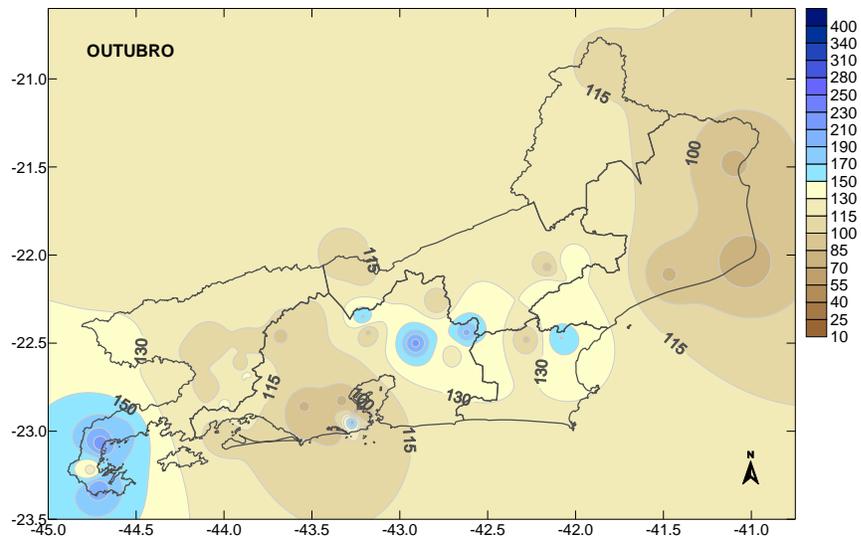
A primavera apresentou aumento significativo da precipitação, logo no primeiro mês da estação. Nos meses de setembro (Figura 18) a amplitude foi de a 55-70 a 170-190 mm, as maiores correspondem a mesorregião Metropolitana e as menores a Norte Fluminense, Centro Fluminense e Metropolitana. No mês de outubro (Figura 19) a variação da amplitude aumenta com relação a precipitação, variando de 70-85 a 210-230 mm, com a máxima para as mesorregiões Metropolitana e Sul Fluminense, e a menor para o Norte Fluminense, Centro Fluminense e Metropolitana. No mês de novembro (Figura 20) observou-se amplitude de a 100-115 a 310-340 mm, a maior amplitude para a mesorregião Metropolitana e a menor no Norte Fluminense e uma pequena parte da Metropolitana.

As freqüências de ocorrência variam nos três meses de primavera, em setembro as maiores ocorrências foram nas classes de 85-100 mm e 100-115 mm, ocupando grande parte do Estado. No mês de outubro as maiores freqüências variam de 100-115 mm e de 115 -130 mm, observado em as mesorregiões. Novembro apresentou freqüência de ocorrência elevada com as maiores sendo 150-170 mm e 170-190 mm.

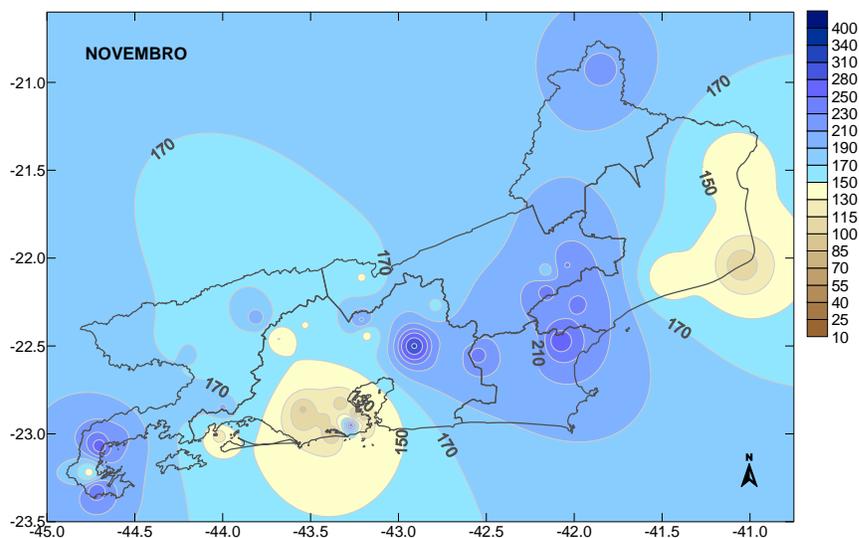
No mês de setembro os extremos superiores foram maiores que 115 mm nas mesorregiões Metropolitana e Sul Fluminense e os menores de 70 mm nas mesorregiões Norte Fluminense e Centro Fluminense. Outubro apresentou os máximos superiores a 150 mm nas mesmas mesorregiões do mês anterior e a mínima foi de 100 mm no Norte Fluminense. Em novembro fim da primavera os extremos foram superiores a 210 mm na mesorregião Metropolitana e a mínima menores que 130 mm na Metropolitana e Norte Fluminense.



**Figura 18** – Variação espacial da precipitação pluvial mensal de setembro no estado do Rio de Janeiro.



**Figura 19** – Variação espacial da precipitação pluvial mensal de outubro no estado do Rio de Janeiro.



**Figura 20** – Variação espacial da precipitação pluviométrica mensal de dezembro no estado do Rio de Janeiro.

Observou-se que as maiores precipitações ocorreram nas mesorregiões Sul Fluminense e Metropolitana, e nessa também tiveram épocas em que ocorreram baixas precipitações. A mesorregião Norte apresentou as menores precipitações em todos os meses, a Noroeste Fluminense também teve períodos na maioria deles com baixa precipitação e no Centro Fluminense, dependendo da época, no caso inverno com baixa e no verão ficando com a média a precipitação.

## 5. CONCLUSÕES

Existem diferenças espacial e sazonal na precipitação pluviométrica no estado do Rio de Janeiro.

Entre as mesorregiões, o Norte Fluminense apresenta as menores precipitações, enquanto a Sul Fluminense e a Metropolitana mostram os maiores acumulados mensais.

De forma geral, os meses de dezembro e janeiro têm os maiores volumes de chuva e junho os menores.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDOULAEV, S.; STAROSTIN, A. Internal structure of non-linear mesoscale convective system in southern Brazil, In: VII Conference on Mesoscale Processes, **Anais...** p. 507-508, Reading, United Kingdom, 1996.

AMORIM, R. C. F.; RIBEIRO, A.; LEITE, C. C.; LEAL, B. G.; SILVA, J. B. G. **Avaliação do desempenho de dois métodos de espacialização da precipitação pluviométrica para o Estado de Alagoas.** Acta Sci. Technol., v. 30, p. 87-91, 2008.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Último acesso em 15/12/2009.

ANDRÉ, R. G. B.; MARQUES, V. S.; PINHEIRO, F. M. A.; FERRAUDO, A.S. Identificação de regiões pluviometricamente homogêneas no estado do Rio de Janeiro, utilizando-se valores mensais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.23, n. 4, p. 501-509, 2008.

AVISSAR, R.; PIELKE, R. A. A parameterization of heterogeneous land surface for atmospheric numerical models and its impact on regional meteorology. **Mon. Wea. Rev.**, v. 117, 1989.

BARBOSA, J.P.M. Utilização de método de interpolação para análise e espacialização de dados climáticos: O SIG como ferramenta. **Caminhos de Geografia**, v. 9, p. 85-96, 2006

BASTOS, C. B.; FERREIRA, N. J. Análise climatológica da alta subtropical do Atlântico Sul. In: XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, **Anais...** pp. 612-619, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2000.

BURROUGH, P. A., MCDONNELL, R.A. **Principles of geographical information systems**, Oxford University Press, 1998.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.  
<[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/default\\_div\\_int.shtm?c=1](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/default_div_int.shtm?c=1)> último acesso: 20/11/2009a.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA  
<[ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas/malhas\\_digitais/municipio\\_2007/malha\\_municipal\\_digital\\_2007\\_2500/](ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas/malhas_digitais/municipio_2007/malha_municipal_digital_2007_2500/)>. último acesso: 10/10/2009b.

CÂMARA, G. **Anatomia de Sistemas de Informações Geográficas: Visão atual e perspectivas de evolução**. Embrapa, CPAC. 1993. cap. 1, p. 15-35.

CAVALCANTI, I.F.A. Episódios de El Niño/Oscilação Sul durante a década de 1986 a 1996 e suas influências sobre o Brasil. **Climanálise Edição Especial Comemorativa – 10 anos**, 1996.

DERECZYNSKI, C. P.; OLIVEIRA, J. S.; MACHADO, C. O. Climatologia da precipitação no município do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n.1, p. 24-38, 2009.

DÍAZ, A.; ACETUNO, P. Atmospheric Circulation Anomalies during Episodes of Enhanced and Reduced Convective Cloudiness over Uruguay. **Journal of Climate**, v. 16, p. 3171-3185, 2003.

EASTMAN, J. R. Idrisi for Windows: Introdução e Exercícios tutoriais. J. Ronald Eastman. Editores da versão em português, Heinrich Hasenack e Eliseu Weber. Porto Alegre: UFRGS Centro de Recursos Idrisi, 1998, 240 p.

FINDERJ - FUNDAÇÃO INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL DO RIO DE JANEIRO. **Indicadores Climatológicos do Estado do Rio de Janeiro**. Governadoria do Estado do Rio de Janeiro, Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral (SECPLAN), Fundação Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social do Rio de Janeiro (FIDERJ). Sistemas de Informação para o Planejamento Estadual (SIPE), 1978. Rio de Janeiro, 1978.

FREITAS, M. A.; LOPES, A. V. **Avaliação da demanda de água para irrigação: aplicação à bacia do rio São Francisco**. In: CONGRESSO

FRITSCH, J. M.; KANE, R. J.; CHELIUS, C. R. The contribution of mesoscale convective weather systems to the warmseason precipitation in the United States. **Journal Climate Appl. Meteor.**, v. 25, p. 1333-1345, 1986.

HABERLANDT, U. Geostatistical interpolation of hourly precipitation from rain gauges and radar for a large-scale extreme rainfall event. **Journal of Hydrology**, v. 332, p. 144 – 157, 2007.

HANE, C. E., Extratropical Squall Lines and Rainbands. In: Ray, P.S., Mesoscale Meteorology and Forecasting, Boston, American Meteorological Society, **Anais...**1986, p. 359-389

HASHMI, M. A.; GARCIA, L. A.; FONTANE, D. G. Spatial estimation of regional crop evapotranspiration. **Transaction of the ASAE**, v. 38, p. 1345-1351, 1995.

HEIDEMAN, K. F.; FRITSCH, J. M. Forcing mechanisms and others characteristics of significant summertime precipitation. **Wea. Forecasting**, v. 2, p. 115-130, 1988.

HOUZE Jr., R.A. **Cloud Dynamics**, Academic Press,1993, 570p.

HUBBARD, K.G. Spatial variability of daily weather variables in the high plains of the USA. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.68, p.29-41, 1994.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas 1961-1990**. 1992.

ISAAKS, E.H.; SRIVASTAVA, R.M. **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University, 1989

DA SILVA, M. G. A. A J. **Frequência de Fenômenos Meteorológicos na América do Sul: Climatologia e Previsibilidade**. Tese (Doutorado em engenharia mecânica) - Coordenação dos Programas de Pós Graduação em Engenharia. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003.

KOUSKY, V. E. Pentad Outgoing Longwave Radiation Climatology for the South American Sector. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 3, p. 217-231, 1988.

- LENNON, J. J., TURNER, J. R. G. **Predicting the spatial distribution of climate: temperature in Great Britain.** J. Anim. Ecol., n. 64, os. 670-392, 1995.
- LEMOS C. F.; CALBETE, N. O. Sistemas Frontais que atuaram no litoral de 1987 a 1995. **Climanálise Especial**, Edição Comemorativa de 10 anos.
- KODAMA, Y. Large-Scale Common Features of Subtropical Precipitation Zones (The Baiu Frontal Zones, the SPCZ, and the SACZ) Part I: Characteristics of Subtropical Frontal Zones. **Journal of Meteorological Society of Japan**, v. 70, p. 813-835, 1992.
- MACHADO, M. A.; MARENGO, J. A. Mudanças Climáticas Globais e seus efeitos sobre a agricultura brasileira. **New letter do Projeto GOF-UK-CPTEC**. São José dos Campos, v 1, n 2, p 4-6. Março 2006
- MADDOX, R. A. Mesoscale convective complexes. **Bull. Amer.Meteor. Soc.**, v. 61, 1374–1387, 1980.
- MAGUIRE, DAVID J. An overview and definition of GIS. In: MAGUIRE, DAVID J; GOODCHILD, MICHAEL F. AND RHIND, DAVIS W. **Geographical Information Systems: principles and applications**. New York: Longman Scientific & Technical, 1991. p. 9 – 20
- MAHFOUF, J.; RICHARD, E.; MASCART, P. **The influence of soil and vegetation on the development of mesoscale circulations.** J. Clim. Appl. Meteor., v. 26, p. 1483-1496, 1987.
- MAHRER, Y.; PIELKE, R. A. The meteorological effect of the changes in surface albedo and moisture. **Isr. Meteorol. Res. Pap.**, v.2, p.55-70, 1978.
- MAIA , L. F. P. G.; ZAMBONI , W. **Monitoramento da qualidade das águas das chuvas na cidade do Rio de Janeiro.** Departamento de Meteorologia- UFRJ, p. 3, 2004.
- MARBLE, D.F. Geographic information systems: an overview. In: PEUQUET, D.J. & MARBLE, D.F., eds. **Introductory readings in geographic information systems**. New York, Taylor and Francis, p.8-17, 1990.
- MELLAART, E.A.R. **Small-scale spatial rain distribution:** the effect of temporal and spatial rain distribution on drought and crop yield at village level. Nelspruit: Institute for Soil, Climate and Water, 1999. 18p.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B.; KENT, J. **Biodiversity hotspots for conservation priorities.** 2000.
- NOBRE, C. A.; MATTOS, L. F.; DEREZYNSKI, C. P.; TARASOVA, T. A.; TROSNIKOV, I.V. Overview of atmospheric conditions during the Smoke, Clouds, and Radiation-Brazil (SCAR-B) field experiment. **Journal of Geophysical Research**, v. 103, p. 31809-31820, 1998.

NOVAS, M. F. B. ; CASAGRANDE, F. ; QUEIROZ, M. R. . Análise espacial e temporal da precipitação pluvial em regiões ambientais do estado de Alagoas. in: XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2006, Florianópolis. **Anais...** XIV do Congresso Brasileiro de Meteorologia. Florianópolis, 2006.

OLIVEIRA, A. **Interações entre sistemas frontais na América do Sul e a convecção da Amazônia.** Dissertação (Mestrado em meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1986.

PELLEGRINO, G. Q.; PINTO, H. S.; ZULLOJÚNIOR, J.; BRUNINI, O. O uso de sistemas de informações geográficas no mapeamento de informações agrometeorológicas. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistemas de informações Geográficas aplicações na agricultura.** Brasília: EMBRAPA-SPI / EMBRAPA-CPAC, 1998.

PERDIGÃO, A.; MOITA, S. **A utilização de Sistemas de Informação Geográfica em Climatologia e Meteorologia.** Disponível em: <<http://www.ihera.min-agricultura.pt>>. Acesso em: 15 dez. 2003.

PETERSEN, G.W.; BELL, J.C.; MCSWEENEY, K.; NIELSEN, A.G.; ROBERT, P.C. Geographic information systems in agronomy. **Adv. Agron.**, 55:67-111, 1995.

RUIZ, N. E.; SAROCHAR R. H.; CIAPPESONI, H. H. Aspectos de la climatología de la precipitación convectiva y estratiforme en la llanura pampeana Argentina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13, 2004, Fortaleza, **Anais...** 2004

RODGERS, D. M., K. W. HOWARD, AND E. C. JOHNSTON, 1983: Mesoscale convective complexes over the United States during. **Mon. Wea. Rev.**, v. 111, p. 2363-2369, 1982.

SILVA DIAS, M. A. F.; SILVA DIAS, P. L.; LONGO, M.; FITZJARRALD, D. R.; DENNING, A. S. River breeze circulation in eastern Amazônia: observation and modelling results. **Theor. Appl. Climatol.**, v. 78, p.111-121, 2004.

SILVA PAIVA, L. M. **Tempestades e Chuvas de Verão no Estado do Rio de Janeiro.** Dissertação de Bacharelado, Departamento de Meteorologia da UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2000.

SILVA PAIVA, L. M. e W. F. MENEZES, 2000, “Comparação entre Dois Casos de Linhas de Instabilidade Observados nos Dias 25 e 31 de Janeiro de 2000 no Rio de Janeiro”, In: XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, outubro de 2000, **Anais...**, Rio de Janeiro - RJ.

SILVA, M. P. R. **Estudo das Categorias de Gelo e Água Presentes em uma Tempestade Tropical Utilizando o Módulo de Microfísica do RAMS.** Dissertação de Monografia, Departamento de Meteorologia da UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2003.

SILVA DIAS, M. A. F. **Storms in Brazil.** In: Hazards and Disasters Series, Storms Volume II, R. PIELKE Sr. e PIELKE Jr., p. 207-219, 1999.

SOUZA, E. P.; RENNÓ, N. O.; SILVA DIAS, M. A. F. Convective circulations induced by surface heterogeneities. **J. Atmos. Sci.**, v.57, p.2915-2922, 2000.

TAYLOR, D. R. F. **Geographical Information Systems**: The microcomputer and modern cartography. Oxford, England, Pergamon Press, 1991

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1991. p. 330-331.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo, McGraw-Hill, 1975. 245p

WETZEL, P. J.; COTTON, W. R.; MCANELLY, E R. L. A long-lived mesoscale convective complex. Part II: Evolution and structure of the mature complex. **Mon. Wea. Rev.**, v. 111, p. 1919-1937, 1983.