

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA PRECIPITAÇÃO NA SERRA DO MAR – ANÁLISE A PARTIR DE SÉRIES HISTÓRICAS DE PRECIPITAÇÃO E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)

João Paulo Macieira Barbosa
Geógrafo Sanepar/DMA/USHI
Mestrando em Geografia - UNICAMP
joapomb@sanepar.com.br

RESUMO

A identificação de montantes anuais de chuva para qualquer região é de suma importância para a elaboração de políticas públicas de urbanização e de desenvolvimento social. O litoral paulista localizado em área de clima tropical úmido, apresenta elevados montantes de precipitação no decorrer do ano. Esses montantes podem sofrer variações segundo interferências da própria dinâmica do clima quanto da conformação sócio-espacial do nosso recorte. Este trabalho visa a caracterização da evolução dessas alturas pluviométrica entre o período de 1970 a 1999. Para isto foram utilizados dados de 8 postos pluviométricos, distribuídos segundo 3 repartições: Litoral Norte (4), Litoral Central (2) e Litoral Sul (2). A partir de técnicas estatísticas apropriadas, foram gerados dados a respeito das médias anuais em escala decadal segundo 3 períodos: PI – 1970/1979, PII – 1980/1989 e PIII – 1990/1999. Além disso, pretendemos nesse trabalho identificar o comportamento das chuvas no litoral do estado de São Paulo por meio de técnicas estatísticas apropriadas, identificando as tendências futuras sazonais e anuais da precipitação.

Palavras-chave: mudanças climáticas, médias normalizadas, curvas de massa.

CLIMATIC CHANGES AND SPACE DISTRIBUTION OF PRECIPITATION IN THE SERRA DO MAR - ANALYSIS FROM HISTORICAL PRECIPITATION SERIES AND GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS)

ABSTRACT

The identification of annual sums of rain for any region is of utmost importance for the elaboration of politics publishes of urbanization and social development. The located São Paulo coast in area of humid tropical climate, presents high sums of precipitation in elapsing of the year. These sums can suffer to variations as interferences from the proper dynamics of the climate how much of the partner-space conformation of our clipping. This work aims at the characterization of the evolution of these heights pluviométrica enters the period of 1970 the 1999. For this they had been used given of 8 distributed pluviométricos ranks according to 3 distributions: The coast North (4), the Central Coast (2) and the South Coast (2). From appropriate statistical techniques, they had been generated given regarding the annual averages in decadal scale according to 3 periods: PI - 1970/1979, PII - 1980/1989 and PIII - 1990/1999. Moreover, we intend in this work to identify the behavior of rains in the coast of the state of São Paulo by means of appropriate statistical techniques, identifying the sazonais and annual future trends of the precipitation.

Key-words: precipitation; geographic information system; climatic changes

INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, ao tratarmos a respeito do meio ambiente e de suas interações com o meio social, nos deparamos com um quadro cada vez mais crítico sobre essa convivência pouco harmoniosa. O espaço urbano cresce sem precedentes como em nenhum outro momento da história. Os sistemas naturais transformam-se, subordinados a essa nova racionalidade do uso do espaço através das técnicas. (SANTOS, 1996)

O espaço geográfico caracteriza-se por um grande emaranhado de objetos naturais e artificiais. Muitas vezes esse encontro não se dá de maneira ordenada, contribuindo para muitos prejuízos ao ambiente natural, pois não acompanham a variabilidade e o ritmo dos fenômenos atmosféricos. Conti (2002), afirma que:

(...) a expansão generalizada da cultura material e das atividades produtivas em escala até então desconhecida, criou um novo tipo de relação entre o homem e a natureza, tendendo, muito mais, para uma postura dilapidadora do que preservacionista (pág 26).

As alterações no ambiente atmosférico, segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças do clima (IPCC), órgão ligado as nações unidas e responsável pelo quadro oficial das mudanças climáticas, assume pela primeira vez em seu relatório de 1995, editado em 1996, que essas modificações tem uma significativa contribuição da ação antrópica.

O relatório de 2001 reafirma essa noção, através de pesquisas que demonstram a relação existente entre a elevação dos níveis de carbono da atmosfera a partir da revolução industrial e o aumento progressivo da temperatura global. O balanço da energia radiativa é afetado, aumentando a temperatura do planeta, devido a maior contribuição dos gases de efeito estufa. Alguns modelos apontam que a temperatura do planeta poderá aumentar entre 1,4 C e 5,8 C dentro dos próximos 100 anos. Segundo Vicente (2002),

(...) essa elevação, diferente da variabilidade climática natural, vem ocorrendo de forma muito rápida, ainda que o próprio IPCC em seu último relatório destaque a dificuldade em se distinguir mudanças naturais daquelas induzidas pela ação antropogênica. (pág.2).

É prevista a elevação nos níveis de evaporação e intensificação do ciclo hidrológico decorrentes da maior quantidade de energia disponível gerada pelo aquecimento global. Isso contribui diretamente para uma maior ocorrência de eventos extremos de precipitação, com chuvas mais intensas e constantes em determinadas áreas do globo, ocasionando assim impactos diretos e indiretos no cotidiano da sociedade, como inundações, deslizamentos, avalanches, erosão do solo, etc. Segundo o IPCC (2002), o contrário também é observado e em algumas regiões as estiagens podem se tornar mais severas e prolongadas.

O clima futuro será parcialmente determinado pela quantidade de gases de efeito de estufa¹ que emitirmos, o que é por outro lado determinado pelo crescimento populacional, pela utilização de combustíveis fósseis, etc. O Painel Internacional para as Alterações Climáticas (IPCC) tem identificado potenciais alterações climáticas. Essas alterações climáticas são resultantes de um desenvolvimento não sustentável que veio ocorrendo no decorrer de várias décadas e séculos. Por ser um conceito recente cabe aqui mencioná-lo, uma vez que, as alterações climáticas são agravadas, de fato, por um desenvolvimento que não considera o meio ambiente, muito menos, sua totalidade.

¹ Os gases de efeito estufa correspondem ao CO² (dióxido de carbono), CFC (Clorofluorcarbonetos), Metano, ácido nítrico e o ozônio. Os gases são liberados na **combustão de combustíveis fósseis**, como o petróleo e seus derivados, e nas cidades cerca de 40 % deve-se à queima de gasolina e de óleo a diesel, fato que se traduz pelo número de automóveis. As **indústrias** também são responsáveis, uma vez que, emitem enxofre, chumbo e outros materiais pesados, bem como resíduos sólidos que ficam suspensos no ar. Quanto à **agricultura**, as substâncias são originadas a partir do cultivo de arroz, agricultura, queima de resíduos agrícolas e de florestas, entre outras fontes.

Um dos problemas da vida contemporânea é mediar a capacidade que teremos para manter as condições de reprodução humana na terra. Trata-se de permitir às gerações futuras condições de habitar nosso espaço no futuro, considerando a herança de modelos tecnológicos devastadores e possíveis alternativas a eles. A associação entre desenvolvimento e meio ambiente é anterior a conferência de Estocolmo². Seus presságios se encontram no Encontro Preparatório de Founex (suíça), em 1971, onde começaram as reflexões a respeito das conseqüências e implicações de um modelo de desenvolvimento baseado unicamente no crescimento econômico. Nesse encontro, os países centrais começam a esboçar uma preocupação a respeito de possíveis mudanças climáticas futuras devido a atividades antropogênicas do período.

A consolidação do conceito de desenvolvimento sustentável na comunidade internacional virá anos mais tarde, no trabalho da Comissão Mundial para o Meio ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), criada em 1983. Segundo o relatório *Nosso futuro comum*, documento mais importante produzido pela comissão, a definição de desenvolvimento sustentável aparece, sendo reproduzida a seguir:

(...) aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades. CMMAD (1991, pag 46).

Trata-se não apenas do tipo de modificações empreendidas pelo homem, mas principalmente do seu ritmo acelerado e escala que elas acontecem, com o homem utilizando de maneira desordenada e cada vez mais intensa dos atributos do meio natural, influenciando e sendo influenciado por elementos de diferentes escalas. Segundo Vicente (op cit, 2002) esse quadro leva a rupturas trazendo impactos negativos aos sistemas sócio-ambientais e aumentando sua vulnerabilidade frente às variações naturais.

Conforme Kelly *et al* (2000), definições de vulnerabilidade variam consideravelmente, o que atesta o grau de incerteza e dificuldade na escolha de políticas e estratégias que possam contribuir para a sua diminuição.

A nível local³, temos uma condição climática especial, complexa e evolutiva (Monteiro, 1976). Segundo Nunes (2003), nesses locais a interferência humana promove várias alterações no ambiente atmosférico, citando como exemplo a alteração no balanço de energia primário, produção e redução de energia secundária, canalização de águas com modificações na umidade, nebulosidade e precipitação, contaminação do ar e modificação da rugosidade com perturbações na circulação convectiva e advectiva.

Kunkel *et al.* (1999) realizaram uma revisão em trabalhos produzidos nos Estados Unidos que abordaram as tendências dos impactos sociais causados pelo clima durante o século XX, comparando-os com as tendências dos fenômenos atmosféricos associados. Concluíram que houve um aumento nos impactos econômicos, que alcançaram um pico na década de 1990; todavia as tendências na frequência e severidade dos fenômenos atmosféricos relacionados não exibiram aumentos comparáveis, demonstrando que os crescentes danos econômicos provavelmente estejam associados às mudanças sociais. Contudo, observaram que as três décadas finais do século passado foram caracterizadas pela alta frequência de eventos de chuvas pesadas, refletindo-se no aumento de danos causados por inundações nestas décadas em comparação aos 65 anos anteriores.

A sociedade frente a esses fenômenos, é vítima certa, devido a sua alta vulnerabilidade frente à dinâmica da natureza. A capacidade de previsão de ocorrência desses fenômenos, alicerçada ao saber dos sistemas naturais e antrópicos e do seu limiar de estabilidade, pode

² A conferência de Estocolmo foi um encontro entre países para criar formas de controlar a poluição do ar e a chuva ácida, dois dos problemas ambientais que mais inquietavam a população dos países centrais.

³ Seguindo a taxonomia de Monteiro (1976), o clima local compreende unidades de superfície de 10⁻² centenas de Km, estando entre seus fatores de organização a ação antrópica.

contribuir para diminuição dessa vulnerabilidade. A inter-relação dessas informações com conhecimento da dinâmica climática, tanto em macro como em mesoescala é de suma importância para o conhecimento da distribuição de chuvas no território nacional, e assim, nos permite a identificação de áreas de maior vulnerabilidade frente a estes eventos.

Na Serra do Mar, os componentes físicos que fazem parte do meio natural possuem um equilíbrio bastante frágil. Segundo Conti (op cit, 2002), nas regiões tropicais onde o acúmulo de energia imprime maior agressividade aos processos, qualquer intervenção incorreta pode abrir caminho para a desestabilização do sistema natural com conseqüente lixiviação do solo, decomposição das rochas, instabilidade das encostas e degradação generalizada.

Segundo Bitar (2004), as principais ameaças naturais no Brasil estão associadas a processos e fenômenos de movimentos de massa, erosão linear, enchentes e inundações que, segundo alguns autores como Bragança (1987) e Nunes *et al.* (1989) têm crescido muito em anos recentes.

Vale lembrar que as precipitações associadas a esses eventos atuam de forma efetiva na evolução do relevo da região em estudo. Cunha (1991) afirma que a água é o principal agente deflagrador dos movimentos gravitacionais de massa, sendo estes processos dinâmicos que interagem na evolução das encostas.

Segundo Cruz (1986), Santoro e Cunha (1974), Alvarenga e Carmo (1974), o setor paulista da Serra do Mar apresenta uma evolução geomorfológica essencialmente baseada em escorregamentos de materiais superficiais, provocados por uma série de fatores geológicos, topográficos e, sobretudo, climáticos.

O objetivo principal é identificar mudanças no comportamento da precipitação dentro do período de tempo de 30 anos, através de técnicas estatísticas apropriadas e segundo a visualização dos resultados espacializados na forma de mapas pelo método estatístico de interpolação da Krigagem. Essa identificação de eventuais alterações pode ser indicativo de algum tipo de mudança na dinâmica climática habitual da área, influenciando assim, nos elementos que compõe o nosso recorte em questão.

MATERIAIS E MÉTODOS

Métodos Estatísticos

A proposta de trabalho é realizar um estudo a respeito das chuvas em escalas sazonais e anuais no litoral do Estado de São Paulo, identificando as mudanças na dinâmica pluviométrica habitual da área. Realizaremos uma leitura a respeito da distribuição das precipitações para todo o litoral, identificando as médias dos totais anuais de acordo com os três períodos temporais escolhidos para representar os resultados. São eles: PI – 1970/1970, PII – 1980/1989, PIII – 1990/1999, totalizando 30 anos de dados de precipitação. Visando refinar a análise, posteriormente a escala temporal foi reduzida buscando a elaboração de gráficos das médias normalizadas, técnica esta utilizada por Nunes (1997).

A média normalizada nos permite uma comparação dos totais anuais em relação ao valor máximo e ao valor mínimo da série histórica. Esse mecanismo permite uma análise mais apurada, uma vez que, as médias são calculadas entre 2 valores definidos. Além disso, foram adicionadas curvas de tendência aos gráficos visando verificar tendências futuras no comportamento das precipitações. As médias normalizadas foram calculadas segundo a seguinte fórmula:

$$= (\text{Média Anual-Mínimo da Série})/(\text{Máximo da Série-Mínimo da Série})$$

Além do cálculo das médias normalizados, elaboramos as chamadas curvas de massa visando à identificação de mudanças abruptas nas séries, o que poderia corresponder a alterações na dinâmica climática local.

Posteriormente foi feito um estudo a respeito das chuvas em escalas de décadas no litoral do

Estado de São Paulo, identificando as mudanças na dinâmica pluviométrica habitual da área. Faremos uma leitura a respeito da distribuição das precipitações para todo o litoral, identificando as médias dos totais anuais de acordo com os três períodos temporais escolhidos para representar os resultados.

Pensando nos objetivos da pesquisa e no recorte espacial proposto, selecionamos 8 postos pluviométricos buscando a melhor distribuição espacial possível. O Litoral Norte foi coberto através de 4 postos. Os Litorais Sul e Central por 2 postos cada um. Essa diferença no número de postos por repartição não representa uma distribuição heterogênea, pelo contrário, basta observar a distribuição destes na figura 1.

Após a definição dos postos a serem utilizados, começamos a etapa de preparação dos dados pluviométricos. Essa é uma etapa importante, senão, fundamental. Pensando nisso, em algumas séries, verificamos a inexistência de índices de chuvas para determinados dias. Segundo Nunes *et al* (2000) a chuva não é boa preditora de si mesma, assim, seguindo o proposto pela autora, essa ausência foi suprida com dados provenientes de estações próximas, considerando aspectos de altitude e distância e assim preenchendo os índices.

Foram geradas planilhas eletrônicas, uma para cada estação, com a distribuição diária de chuvas de 01/1970 até 12/1999. Cada planilha foi dividida em décadas para nos permitir posteriormente uma análise comparativa da evolução das chuvas em escala decadal. Foram criadas planilhas especiais que constituíram nosso banco de informações georeferenciadas, utilizadas posteriormente para a geração dos mapas de índice de mudança utilizando o software *Surfer 8* da Golden Software. Os mapas, posteriormente, sofreram um tratamento 'gráfico' para melhor representar os diferentes volumes de precipitação.

Abaixo a distribuição espacial dos postos georeferenciadas (tabela 1).

O próximo passo consistiu na elaboração dos mapas de índice de mudança utilizando o software *Surfer 8*. Foram calculadas as diferenças de precipitação na planilha excel para cada posto segundo a seguinte fórmula:

$$IM = -(X_i - X_{ii}) / X_{ii} * 100$$

Onde, X_i é a média da década inicial X_{ii} : Média da década seguinte.

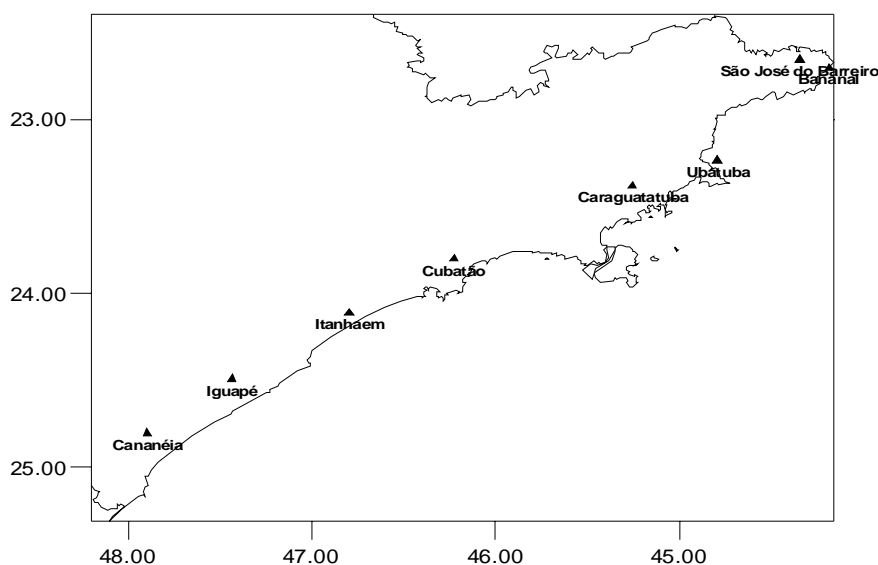


Figura 1 - Distribuição espacial dos postos

Tabela 1
Distribuição espacial dos postos georreferenciados.

Repartições	Postos	Prefixos	Altitude	Coordenadas	
Litoral Norte	São José do Barreiro	D1-003	530m	22 39'	44 35'
	Bananal	D1-001	460m	22°41'	44°19'
	Caraguatatuba	E2-046	20m	23°38'	45°26'
	Ubatuba	E2-128	4m	23°32'	45°14'
Litoral Sul	Cananéia	F4-029	7m	24°56'	47°57'
	Iguapé	F4-028	3m	24°42'	47°34'
Litoral Central	Itanhaem	F3-005	3m	24°11'	46°48'
	Cubatão	E3-038	5m	23°52'	46°23'

Os mapas de índice de mudança nos permitiram verificar a mudança dos índices pluviométricos segundo as áreas. Assim, fica fácil identificar quais recortes passaram a chover mais ou menos no decorrer das 3 décadas. Os cálculos foram executados sobre a média dos totais pluviais segundo as décadas (tabela 2).

Tabela 2
Médias decadais dos totais anuais

Estações	Média-70	Média-80	Média-90
Bananal	1500,2	1411,2	1302,5
Caraguatatuba	1675,0	1677,3	1814,8
Ubatuba	2013,8	2368,4	2528,2
São José do Barreiro	1543,1	1793,6	1853,1
Cubatão	2462,2	2504,9	2087,2
Itanhaem	2116,7	2263,2	2086,3
Cananéia	2290,4	2335,7	2383,8
Iguapé	2657,6	2837,1	2815,3

Espacialização e o SIG como ferramenta

A análise dos dados ambientais pode ser feita através de estudos de geoestatística ou por modelagem espacial, ambos utilizados como recursos no geoprocessamento. A vantagem em se utilizar a modelagem espacial está na promoção dos recursos de visualização na espacialização dos fenômenos, uma vez que conformação espacial pode resultar em novas leituras dos resultados

Segundo Rosa *et al.* (1996), os SIG's constituem sistemas de aquisição, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de dados georreferenciados.

Teixeira *et al.* (1992) também associam o sentido de geográfico às informações, quando colocam que um sistema de informação geográfica utiliza uma base de dados computadorizada que contém informação espacial, sobre a qual atuam uma série de operadores espaciais.

Tomlinson (1984) nos fornece informações gerais quanto ao desenvolvimento dos SIG's abordando questões gerais como o aumento da necessidade de seu uso em diferentes escalas

e desenvolvimento de tecnologias, variados formatos de dados, etc.

Santos (op cit, 1996) alerta para o fato de que o conhecimento do objeto de análise, no caso a geografia, é fundamental para que, ao se propor novas técnicas e processos metodológicos, esses sejam vistos realmente como “meios”, cuja finalidade é a compreensão da realidade espacial. O autor fala sobre a possibilidade de transcender sem transgredir, o que depende do real conhecimento sobre o objeto de que se está tratando:

Cada vez que o geógrafo decide trabalhar sem se preocupar previamente com o seu objeto, é como se para ele tudo fossem “dados”, e se entrega a um exercício cego sem uma explicitação de procedimentos adotados, sem regras de consistência, adequação e pertinência.

Ao propormos o trabalho com os sistemas de informações georreferenciadas é necessário entender o conceito de matriz geográfica. Segundo Berry (1987), o processo trata da representação de questões ambientais na forma de uma matriz matemática de coordenadas X/Y, onde as variáveis seriam alocadas nos eixos das abscissas e as unidades territoriais correspondentes no eixo Y.

Moura (2000) afirma que a organização da matriz exige uma classificação taxonômica (escolha e apresentação das variáveis) e uma resolução espacial (segmentação da área geográfica). A leitura de uma linha da matriz representa a distribuição de um tema no espaço, ou um mapa. A leitura de uma coluna significa uma unidade territorial e as variáveis que ali ocorrem. Caso a matriz seja tridimensional (x/y/z), no terceiro eixo, eixo z, podem ser representadas informações sobre razões (taxas) ao longo do eixo taxonômico. Assim, é possível associar a questão tempo às análises espaciais.

Sendo o geoprocessamento uma ferramenta de espacialização de variáveis, como qualquer outra ferramenta que integra em seu escopo um banco de dados, os mapas assim resultantes nada mais são do que modelos de uma realidade que está em constante mudança. As variáveis nada mais são do que dados espaciais que descrevem fenômenos aos quais estejam associados a alguma dimensão espacial. Dados geográficos ou georreferenciados são dados espaciais em que a dimensão espacial está associada à sua localização na superfície da terra, num determinado instante ou período de tempo (CAMARA, 1996).

Os modelos são uma tentativa de representação simplificada da realidade. Esse caráter simplificador de uma realidade complexa é abordado por Machado (1999) quando esta afirma que:

(...) um modelo só pode ser útil se representar a realidade de forma simplificada, pois se esta for apresentada de maneira complexa, será reproduzida a complexidade, e desse modo não faz sentido a existência do modelo.

Os objetos e fenômenos reais são complexos demais para permitir uma representação completa, considerando os recursos à disposição dos sistemas gerenciadores de bancos de dados (SGBD) atuais. Desta forma, segundo Borges (2002), é necessário construir uma *abstração* dos objetos e fenômenos do mundo real, de modo a obter uma forma de representação conveniente, embora simplificada, que seja adequada às finalidades das aplicações do banco de dados.

Nosso *banco* de dados foi composto de informações de elementos climáticos, no caso da nossa pesquisa, chuvas. Essas informações, antes de compor nosso banco de dados, sofreram tratamentos estatísticos visando à elaboração dos mapas descritos na próxima seção.

RESULTADOS

Curvas de Massa e Médias Normalizadas

Os primeiros resultados para o Litoral mostram que para todo os períodos analisados (PI, PII e PIII), a média dos totais ficou acima dos 2.000 mm de chuva anuais. As estações sazonais de Verão e Outono (Dezembro - Maio) concentram quase 65% das chuvas do ano. Segundo os

totais dos 3 períodos, podemos concluir que as médias anuais não sofreram alterações consideráveis para que possamos afirmar que está chovendo mais no litoral paulista. Procuramos saber como esses totais têm se distribuído no decorrer de cada ano.

Os valores mínimos e máximos foram dispostos segundo estações sazonais e segundo a média anual para o período de 30 anos. Para cada estação sazonal e para a média anual foram elaborados os gráficos representativos conjugados com linhas de tendência para prognóstico de evolução das precipitações. As médias normalizadas estão representadas na figura 3.

Segundo o gráfico, o ano de 1983 foi o ano de máximo e o ano de 1984 o ano de mínimo. Através da curva de tendência, as médias tendem a se aproximarem cada vez mais do máximo histórico (2763 mm), segundo projeções, a média histórica para o litoral pode chegar a esse valor em 90 anos. Para os gráficos sazonais, além dos gráficos de médias normalizadas, foram elaborados gráficos de curvas de massa.

Segundo os gráficos de médias normalizadas sazonais, tanto o verão quanto o inverno apresentaram curvas de tendência positivas. Em ambas as estações os valores médios tendem a se aproximar do valor máximo em anos futuros (1.140 mm). O Outono e a Primavera apresentaram curvas de tendência negativas, onde os montantes tendem a evoluir em direção ao valor mínimo da série.

Tabela 3

Médias sazonais e totais por período

	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Totais'
PI	769	535	251	477	2.032
PII	836	604	260	449	2.149
PIII	788	558	234	527	2.108

Tabela 4

Valores máximos e mínimos sazonais e anual

Estação	Mínimo	Máximo
Verão	539	1140
Outono	341	974
Inverno	109	381
Primavera	313	740
Anual	1568	2763

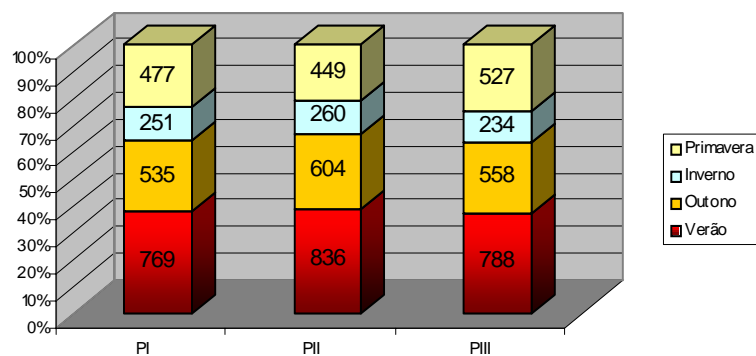


Figura 2 - Contribuição sazonal nos totais por período

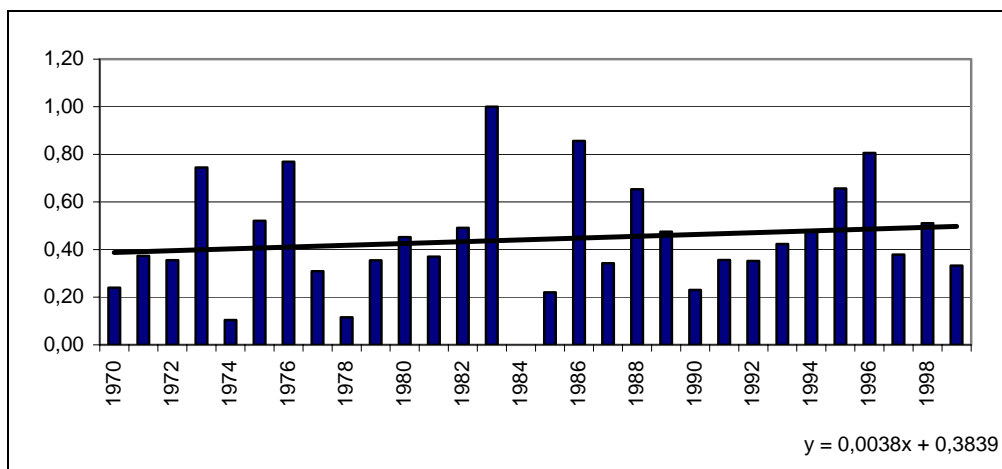


Figura 3 - Médias normalizadas para o litoral

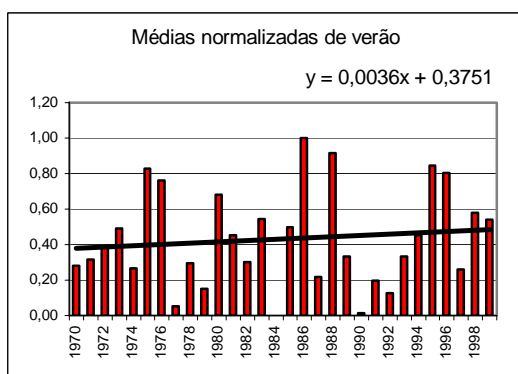


Figura 4 - Médias normalizadas de verão

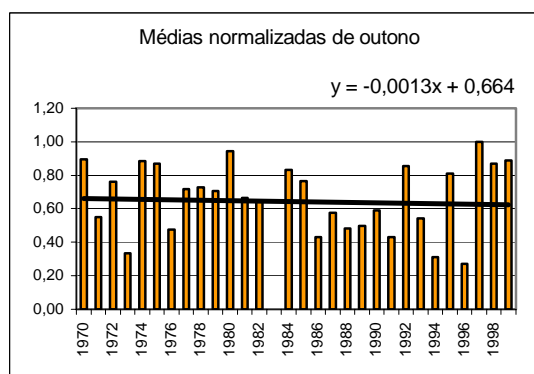


Figura 5 - Médias normalizadas de outono

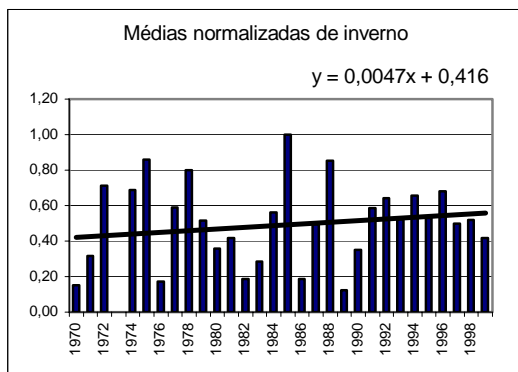


Figura 6 - Médias normalizadas de inverno

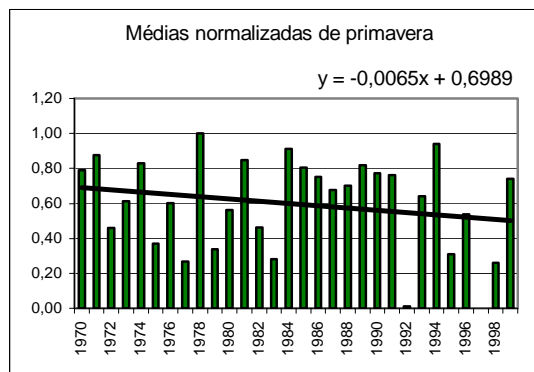


Figura 7 - Médias normalizadas de primavera

Os gráficos de curva de massa representam a maneira como um dado valor, no caso, os volumes anuais, vão se acumulando no decorrer de um dado período (30 anos). À medida que os anos vão passando, os valores vão sendo acumulados resultando em uma curva sempre positiva. Nas curvas poderemos observar algumas deflexões positivas ou negativas, nos permitindo identificar em quais períodos transitórios o acréscimo ou decréscimo de chuva foi mais significativo.

Em todas as curvas traçadas segundo as estações sazonais, existe uma tendência a linearidade. As curvas se assemelham a retas. Podemos concluir que entre 1970-1999 as médias sazonais de chuva não sofreram variações significativas no decorrer dos anos. Observamos pequenas oscilações entre alguns anos, porém, quase imperceptíveis.

As curvas de massa também são construídas visando identificar algumas inconsistências nos dados das estações pluviométricas segundo comportamento do ângulo de inclinação das curvas. Se estas não apresentarem mudanças abruptas de inclinação, significa que os dados obtidos são consistentes e adequados para serem utilizados em análises pluviométricas. Caso as curvas apresentassem seções abruptas, isso poderia significar uma inconsistência dos dados resultante, por exemplo, da mudança de lugar de determinada estação ou falta de coleta dos dados por um período longo, ou mesmo mudanças na dinâmica climática local que afetaria abruptamente o comportamento habitual da área.

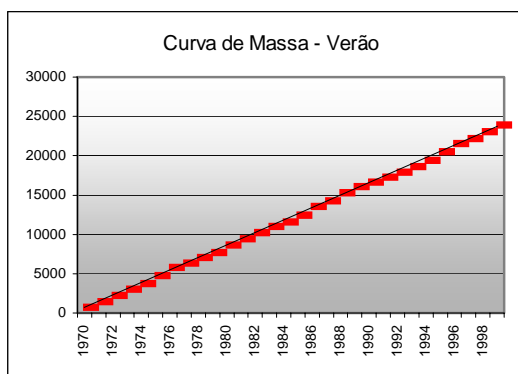


Figura 8 - Curva de massa verão

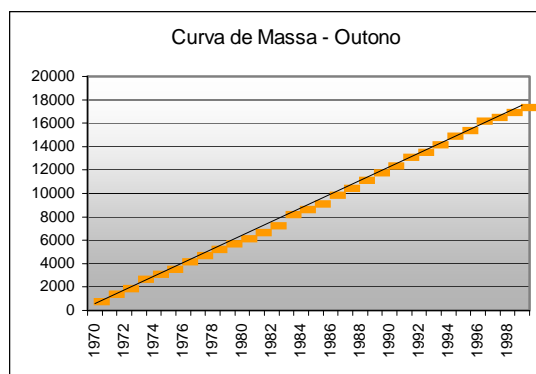


Figura 9 - Médias normalizadas de outono

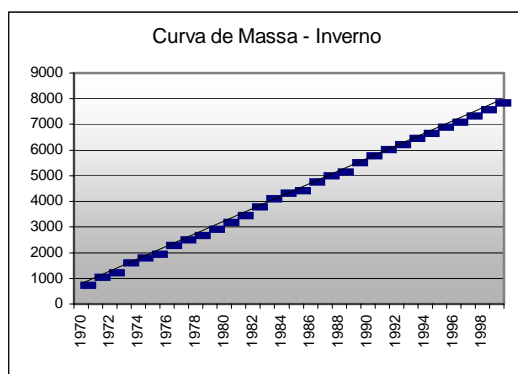


Figura 10 - Médias normalizadas de inverno

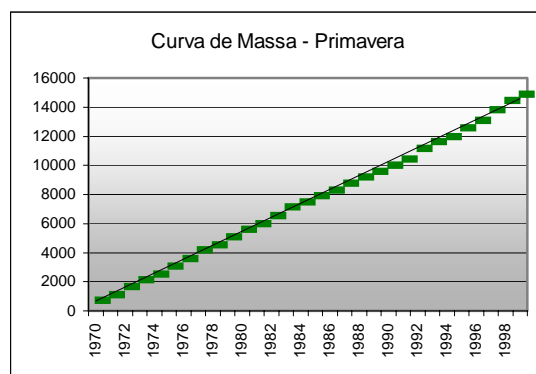


Figura 11 - Médias normalizadas de primavera

Espacialização dos índices de mudança

Os resultados a seguir constituem a base para a elaboração dos mapas de índice de mudanças. A partir dos cálculos elaborados e dos resultados encontrados, criamos os gráficos de índice de mudança para melhor compreender o significado e a amplitude de tais mudanças. O primeiro gráfico localizado logo abaixo, apresenta o índice de mudança em porcentagem entre as décadas de 70 e 80. O que o gráfico nos mostra é o quanto choveu a mais ou a menos na década de 80 em relação a década de 70. Com exceção de Bananal, as demais localidades apresentaram um acréscimo na precipitação média anual da década de 80 em relação à década anterior, destacando-se Ubatuba cujo incremento chegou a quase 20%.

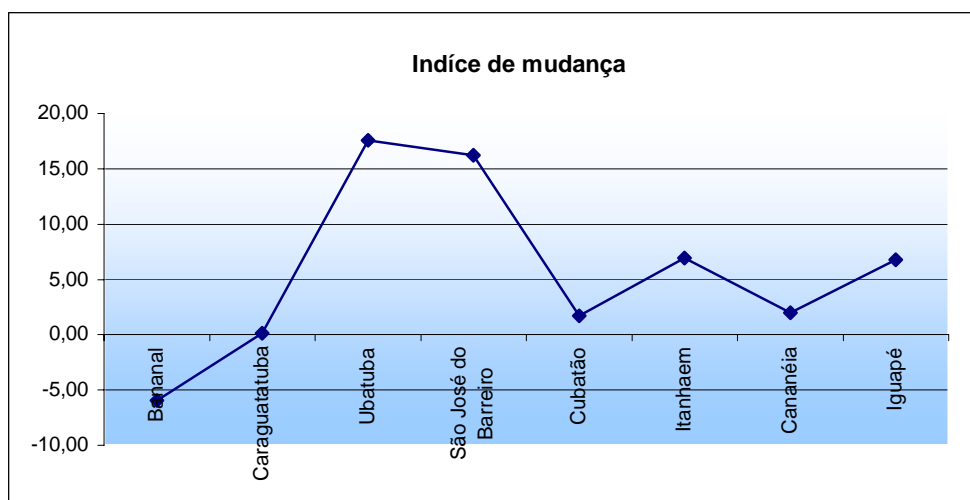


Figura 12 - Índice de mudança, 1970/80

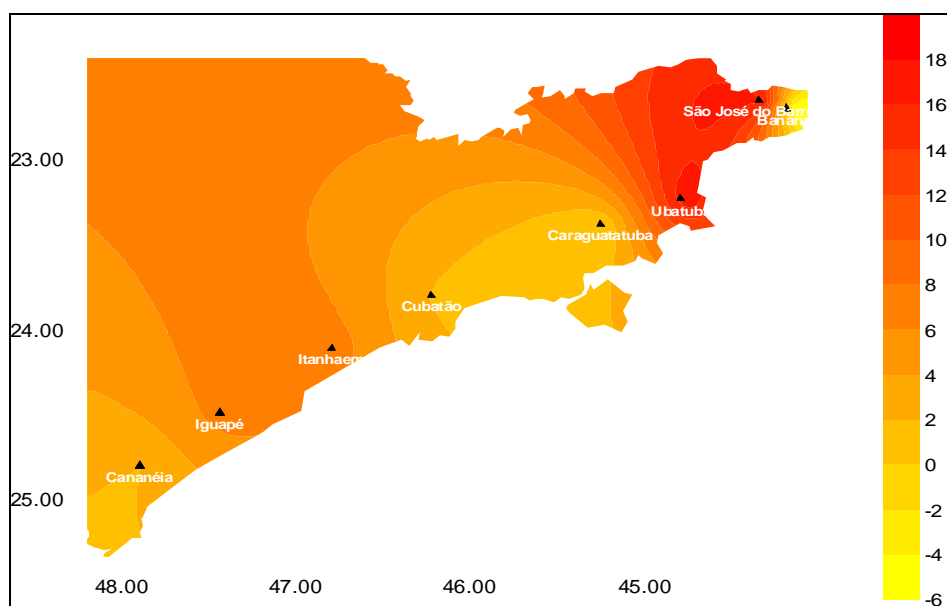


Figura 13 - Índice de mudança, 1970/80

Percebe-se que o incremento das precipitações ocorreu em toda a extensão do litoral, significando que esse incremento não foi um fato isolado ou ligado apenas a conformações da dinâmica climática local. Fica claro que elementos da dinâmica climática de escalas maiores é que determinaram esse aumento dos índices pluviométricos da região. Observamos, porém, que esse aumento foi maior no litoral norte. O litoral central e o litoral sul apresentaram aumentos semelhantes.

Já entre as décadas de 80 e 90 podemos observar um comportamento bem diferente a respeito do comportamento dinâmico das precipitações o que comprova a década de 80 como o período mais chuvoso de toda a série. Cubatão, Itanhaem, Bananal e Iguapé apresentaram índices negativos demonstrando que a década de 80 nessas localidades foi mais chuvosa.

Nas demais localidades, a década de 90 superou em quantidade de chuvas, porém esse acréscimo ficou entre 3 e 7%, ou seja, bastante reduzido. Perceba como Cubatão apresentou um índice negativo elevado em relação a década seguinte, chegando a chover 18% a menos na década de 90 em relação a década de 80.

Esse comportamento pode ser resultante, dentre outros fatores, da intensa industrialização e poluição atmosférica observada na região durante o período, contribuindo assim para a rápida formação de núcleos de condensação devido a liberação exagerada de partículas sólidas para a atmosfera.

CONCLUSÕES

Conclui-se que tanto os verões quanto os invernos serão mais chuvosos, em média, para todo o litoral. O contrário é observado para o Outono e a Primavera. Os gráficos das médias normalizadas representam tendências para longos períodos de tempo. Eles contribuem para previsões futuras segundo os valores médios máximos e mínimos presentes.

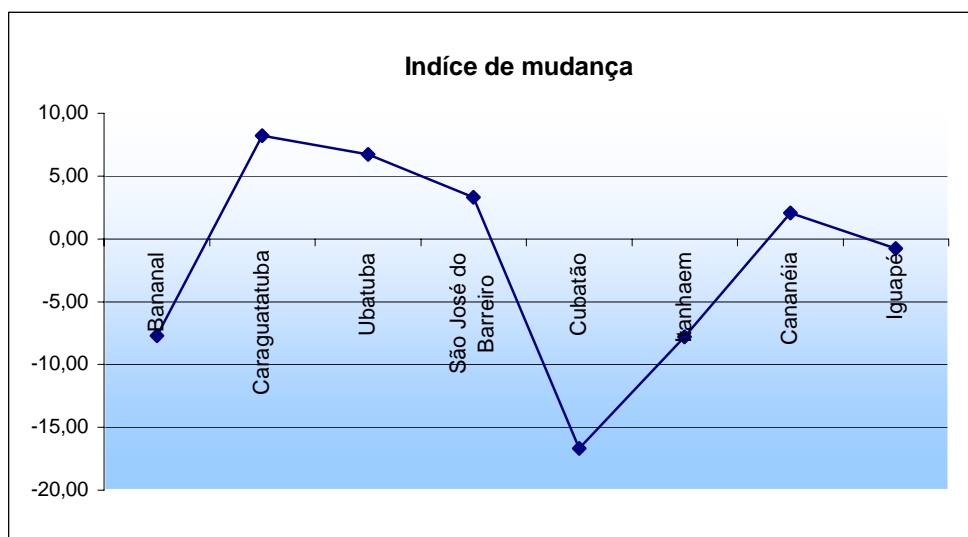


Figura 14 - Índice de mudança, 1980/90

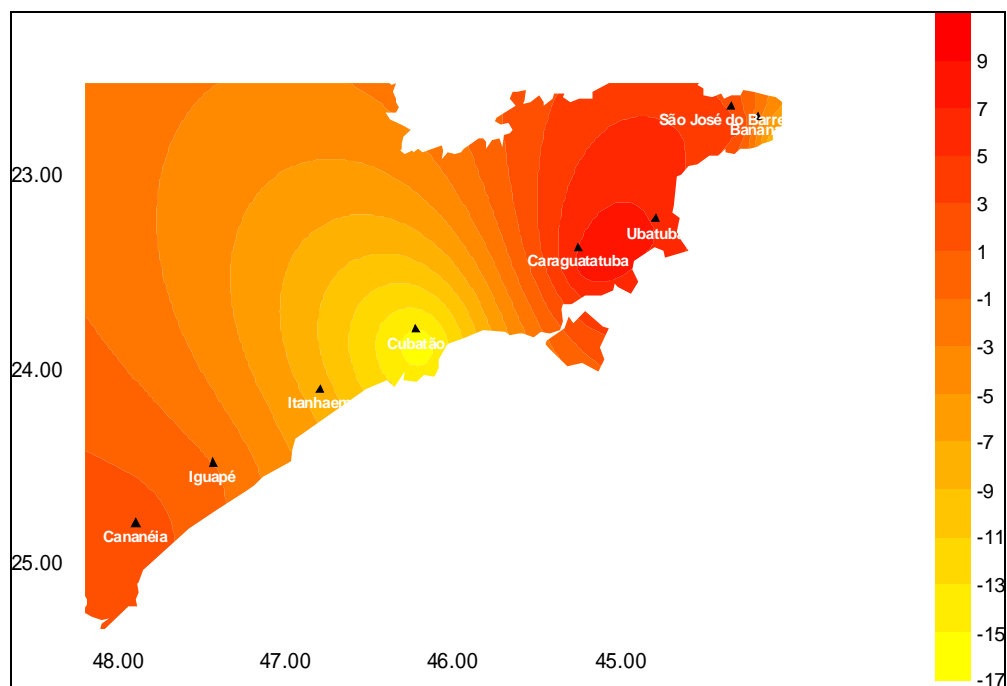


Figura 15 - Índice de mudança, 1980/90

Em relação aos valores indicados nos gráficos de médias normalizadas, verificamos uma tendência na variação das alturas pluviométricas médias segundo cada estação sazonal. Os verões e os Invernos se tornarão mais chuvosos, sobretudo o inverno cuja inclinação da reta foi maior. Entre as décadas de 70 e 80 podemos perceber que o incremento das precipitações ocorreu em toda a extensão do litoral, significando que esse incremento não foi um fato isolado ou ligado apenas a conformações da dinâmica climática local. Fica claro que elementos da dinâmica climática de escalas maiores é que determinaram esse aumento dos índices pluviométricos da região. Esse comportamento pode ser resultante, dentre outros fatores, da intensa industrialização e poluição atmosférica observada na região durante o período, contribuindo assim para a rápida formação de núcleos de condensação devido a liberação exagerada de partículas sólidas para a atmosfera.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, MM; CARMO, J.C. Alguns problemas de estabilidade de taludes de corte em materiais residuais de rocha gnáissica. In: 2º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 1974. 1:117.
- BERRY, J.K. Fundamental operations in computer-assisted map analysis. In: *International Journal of Geographical Information Systems*, 1987, v. 1, p. 119-136.
- BITAR, O.Y. *Meio Ambiente & Geologia*. Ed.Senac, São Paulo, 2004.
- BORGES, Karla Albuquerque. Modelagem de Dados Geográficos. CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO. UFMG, 2002
- BRAGANÇA, C.F. Avaliação da degradação da Serra do Mar. *Ambiente – Revista CETESB de Tecnologia*, 1987. 1, (2): 77.
- CÂMARA, G., CASANOVA, M., HEMERLY, A., MAGALHÃES, G., MEDEIROS, C. *Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica*. Campinas: Instituto de Computação, UNICAMP, 1996. 197p.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. *Nosso futuro comum*. Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas, 1991. 430 p.

CONTI, J. B. A Geografia Física e as Relações Sociedade/Natureza no Mundo Tropical. Ed. Humanitas. São Paulo, 2002.

CUNHA, M.A. (coord). *Ocupação de encostas*, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, 1991.

CRUZ, O. A Serra do Mar e o Litoral na área de Caraguatatuba-SP. São Paulo, FFLCH-USP, 181p. Tese de Doutorado. (1986).

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC Climate Change 1995 – Impacts, adaptations and mitigation of climate change: Scientific- Technical analyses. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. 878p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC Climate change 2001 - The *Scientific Basis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.

KELLY, P. M.; ADGER W. N. Theory and practice in assessing vulnerability to climate change and facilitating adaptation. *Climatic Change*, Netherlands, n.47, p.325–352, 2000.

KUNKEL, K.E.; PIELKE JR, R.A.; CHANGNON, S.A. Temporal Fluctuations in weather and climate extremes that cause economic and human health impacts: a review. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v.80, n.6, p.1077-1098, jun. 1999.

MACHADO, Patrícia S. A cartografia digital como instrumento de análise físico-geográfica. IGCUFMG, 1999. (Monografia de Graduação).

MONTEIRO, C.A.de F. *Teoria e Clima Urbano*. São Paulo: IGEOG-USP, 1976. 181 p. (Teses e Monografias)

MOURA, Ana Clara. Contribuições Metodológicas do Geoprocessamento à Geografia Programa de Pós-Graduação em Geografia, Doutorado em Geografia – Geoprocessamento, 2000.

NUNES, L.H.; MODESTO, R.P.; ALMEIDA, M.C. DE; OGURA, A.T. *Estudo de episódios pluviais associados a escorregamentos - Município do Guarujá – SP*. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE O MEIO AMBIENTE, 2, Florianópolis: UFSC, v.1, n.1, p.402-408, 1989.

NUNES, L.H.; LOMBARDO, M.A. A questão da variabilidade climática: uma reflexão crítica. *Revista do Instituto Geológico*, v.16, n. 1/2, p 21-1, 1995.

NUNES, L.H. Distribuição espaço-temporal da pluviosidade no Estado de São Paulo: variabilidade, tendências, processos intervenientes. Tese (doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 192 p. 1997.

NUNES, L.H., de CALBETE, N. O. *Variabilidade pluviométrica no Vale do Paraíba Paulista*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11, 2000. Rio de Janeiro, p. 3987-3994. CD ROM.

NUNES, L.H. Repercussões globais, regionais e locais do aquecimento global. *Revista Terra Livre*. São Paulo, Ano 19, vol.1, n°20, p.101-110, jan/jul.2003

ROSA, Roberto; BRITO, Jorge Luís. *Introdução ao geoprocessamento; sistema de informação geográfica*. Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia, 1996. 104 p.

SANTORO, E.; CUNHA, M.A. Estudos geológicos geotécnicos para consolidação de uma ferrovia localizada na Serra de Cubatão-SP. In: 1º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 1974, 1:371.

SANTOS, Milton. *A natureza do espaço; técnica e tempo, razão e emoção*. São Paulo, Hucitec, 1996. 308 p.

TEIXEIRA, Amandio, CHRISTOFOLETTI, Antônio, MORETTI, Edmar. *Introdução aos Sistemas de Informação Geográfica*. Rio Claro, 1992. 80 p.

TOMLINSON, R.F. Geographic information systems: a new frontier. In: PEUQUET, D.J.; MARBLE, D.F. *Introductory readings in Geographic Information Systems*. Londres, Taylor & Francis, 1990. p.18-29.

VICENTE, A. K. Eventos extremos de precipitação na Região Metropolitana de Campinas. 2002. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de Campinas.