

A IMPORTÂNCIA DA CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA NA GESTÃO AMBIENTAL NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Décio Rodrigues Goulart¹, Marcelo Eduardo Dantas² e Ana Maria de Paiva Macedo Brandão³

Resumo – O Estado do Rio de Janeiro apresenta uma notável diversidade climato-ambiental decorrente de fatores físicos (disposição e orientação do relevo, especialmente das Serras do Mar e da Mantiqueira; extensão da faixa litorânea; serras com amplitudes de relevo superiores a 1.000m) e de fatores dinâmicos (grande variabilidade espacial de temperatura e pluviosidade; circulação atmosférica regional; impactos dos sistemas frontais, etc.).

O processo desordenado de intervenção humana, potencializado nos últimos 50 anos, vem acarretando em danos sócio-econômicos e ambientais relevantes e de múltiplas formas, considerando a grande diversidade geobiofísica regional. Dentre os impactos ambientais decorrentes da devastação dos ecossistemas nativos, destaca-se a intensificação de eventos de escorregamentos nas encostas e inundações nas baixadas, causadas por eventos pluviais críticos.

O estudo do meio físico, sob enfoque da climatologia geográfica, visa caracterizar regiões climato-ambientais homogêneas, com objetivo de fornecer subsídios para mitigação de impactos ambientais acarretados por eventos climáticos e, para elaboração de diretrizes para planejamento e gestão dos recursos hídricos.

Abstract – The Rio de Janeiro State presents a remarkable climatic-environmental diversity due to physical factors (relief orientation, specially by the Serra do Mar and Mantiqueira ranges; coast line extension, aligned ridges with relief amplitudes up to 1.000 meters. etc.) and dynamic factors (great spatial viability of temperature and rainfall; regional atmospheric circulation; impact of cold fronts; etc.).

¹ CPRM; DEHID; Av. Pasteur 404; Cep 22290-040; Rio de Janeiro; RJ; Brasil; Tel: (0xx21) 2295-6097; Fax: (0xx21) 2275-9344; decio@cprm.gov.br, (2): CPRM; DEGET; Av. Pasteur 404; Cep 22290-040; Rio de Janeiro; RJ; Brasil; Tel: (0xx21) 2295-6097; Fax: (0xx21) 2275-9344; mdantas@cprm.gov.br, (3): UFRJ; CLIMAGEO; Av. Brigadeiro Trompovsky – CCMN – Depto. Geografia - Ilha do Fundão; Cep 21941-040; Rio de Janeiro; RJ; Brasil; Tel: (0xx21) 2598-3280; Fax: (0xx21) 2598-3280, ampbrandao@bol.com.br.

The disordered process of human intervention, amplified during the last fifty years, promotes increasing environmental, social and economical losses in many ways, considering the regional geobiophysical diversity. Among the environmental impacts that result of deforestation of the native vegetation cover, are remarkable increasing in landslide and flood events on slopes and lowlands, respectively, caused by intense rainfalls.

The geobiophysical study, using geographical climatology approach, aims to define climatic-environmental units. This tool is useful to give information for mitigation of environmental impacts caused by climatic events and to elaborate directives for regional planning and water resources management.

Palavras Chave – climatologia, análise ambiental, planejamento regional.

INTRODUÇÃO

O Estado do Rio de Janeiro, em função de sua posição geográfica, influenciado pela tropicalidade, posição latitudinal, disposição do relevo, especialmente da Serra do Mar e da Mantiqueira, no sentido SW/NE, extensa faixa litorânea, expressivas amplitudes altimétricas de zero ao nível do mar, a 2263m na Serra dos Órgãos (Pedra do Sino), e a 2787 na Serra da Mantiqueira (Pico das Agulhas Negras), como amplitudes térmicas com máximas acima de 40°C na Região Metropolitana do Rio de Janeiro e, temperaturas as vezes negativas, até mesmo com ocorrência de neve na Região Serrana, apresenta notável diversidade climato-ambiental.

Tal diversidade ambiental, influencia sobremaneira os índices de precipitação pluviométrica, variando de úmidos na Região Serrana, com pouco ou nenhum déficit hídrico, a períodos bem menos chuvosos e de menor intensidade da faixa litorânea e norte-noroeste fluminense. Também verifica-se uma notável anomalia pluviométrica, onde em Parati na divisa com o Estado de São Paulo, apresenta clima úmido com índices superiores a 3.000mm anuais, decrescendo de forma abrupta para NE do estado com índices abaixo de 800mm anuais da Região dos Lagos para a foz do rio Paraíba do Sul, com períodos secos e déficits hídricos bastante pronunciados.

A ocupação desordenada, intensificada a partir da década de 40, com a remoção da cobertura vegetal e horizonte superficial dos solos, cortes das encostas, para uso urbano e rural, tem

potencializado os efeitos da erosão e movimentos de massa, comprometendo as recargas dos aquíferos, bem como o assoreamento dos reservatórios e leitos fluviais para jusante, influenciando sobremaneira na disponibilidade hídrica.

Não obstante aos efeitos catastróficos registrados nas regiões acentuadamente declivosas, suscetíveis por natureza, pela cobertura pedológica incipiente, afloramentos rochosos e, conseqüente vegetação de baixo suporte radicular, também as regiões de baixadas, particularmente a metropolitana, onde o adensamento demográfico é significativo, as chuvas concentradas, no período de verão, acarretam inundações freqüentes.

Registros catastróficos, ocorreram em 1966/67, 1988, 1992 e 1996 com sérios danos ao meio ambiente e ao homem, com perdas de vidas, prejuízos à infra-estrutura do Estado ônus à sociedade e ao poder público.

Objetiva-se, através da Climatologia Geográfica mitigar tais impactos ambientais identificando e caracterizando regiões climato-ambientais homogêneas através do levantamento do meio físico, correlacionado-o às variáveis climatológicas, formas de uso pretérita e presente.

Busca-se reordenar o espaço geográfico à ocupação adequada, de modo a garantir qualidade de vida às gerações presentes e futuras, princípios estes norteadores do desenvolvimento auto sustentável.

CARACTERIZAÇÃO GERAL

O Sudeste brasileiro é juntamente com a Região Amazônica, Sul e Centro-Oeste, a região de importantes índices pluviométricos anuais. O que a distingue é a maneira como essas chuvas se distribuem ao longo dos anos. Se na Amazônia e na Região Sul a distribuição espacial não oferece diferenciações muito importantes, no Sudeste apresenta maiores contrastes regionais, comparáveis ao Nordeste. Enquanto a Região Sul caracteriza-se por uma distribuição quase uniforme, no Sudeste, sua repartição caracteriza-se, sobretudo, por uma notável concentração na estação chuvosa, enquanto na estação mais seca, as chuvas são pouco freqüentes e, até mesmo raras (Nimer, 1989).

A irregularidade dos índices pluviométricos anuais no Sudeste, são inferiores apenas aos do Nordeste: o desvio da altura das precipitações de cada ano em relação à normal, é incomparavelmente maior que no Sul e, pouco inferior aos desvios do Nordeste (DNMET, 1992).

Os fatores responsáveis pelo comportamento pluviométrico da Região Sudeste são de ordem estática como a sua localização geográfica e, os condicionantes topográficos, enquanto que os fatores dinâmicos relacionam-se às massas de ar (Nimer, 1989).

Dois fatores estáticos devem ser destacados: a posição latitudinal e a localização na borda do oceano. O estado do Rio de Janeiro (Figura 1), cuja área é de 43.910km², encontra-se compreendido entre as coordenadas geográficas de latitudes 20° 45' 56" N, 23° 22' 08" S e, longitudes 40° 57' 23" E, 44° 53' 19" W (CIDE, 1996).

Esta posição lhe confere forte radiação solar, uma vez que a intensidade deste fenômeno depende essencialmente da altura do sol sobre o horizonte, ou seja, do ângulo de incidência dos raios solares, sendo tanto mais intensa quanto menor o ângulo de incidência, e este, varia na proporção inversa da latitude.

A posição tropical e a proximidade de uma superfície oceânica, com o conseqüente processo de radiação e evaporação intensas, não explicam por si só a elevada pluviosidade do Sudeste Brasileiro e, em particular do Estado do Rio de Janeiro.

Estes fatores criam apenas pré-condições à precipitação e, associados aos fatores dinâmicos, determinam os elevados índices pluviométricos desta região.

A posição na borda oriental do continente sul-americano, expõe a Região Sudeste ao fluxo meridional de ar frio oriundo do Pólo Sul sobre as águas quentes do oceano. Assegura-lhe ainda maior freqüência de invasões de frentes frias (KF) e, de linhas de instabilidade tropicais (IT), uma vez que ela está sob a trajetória preferida por tais correntes.

Sua posição marítima confere às camadas de ar que lhe estão superpostas, maior densidade de núcleos de condensação. Para que haja condensação não basta apenas evaporação d'água, torna-se necessário ainda que o ar contenha núcleos de condensação: os cristais de gelo; os íons e as partículas em suspensão.

Com exceção dos cristais de gelo, a sua posição marítima, aliado à sua maior urbanização, determinam uma forte concentração desses núcleos de condensação nas camadas inferiores de sua atmosfera, contribuindo assim, para o acréscimo de chuvas no Estado do Rio de Janeiro (Nimer, 1989).

Todos os fatores decorrentes da posição e da topografia, desempenham papel importante nos processos de precipitação, na sua intensidade e distribuição espacial. Entretanto, seu conhecimento não é suficiente para total compreensão. Para tanto torna-se indispensável a análise do mecanismo atmosférico que sobre eles e neles interferem, que são os fatores dinâmicos.

Do ponto de vista da circulação normal, a Região Sudeste do Brasil permanece, a maior parte do ano, sob o domínio da massa Tropical Atlântica (mTa).

Esta massa, de divergência anticiclônica, possui elevada temperatura fornecida pela intensa radiação solar das latitudes tropicais e, forte umidade específica fornecida pela intensa evaporação marítima. Entretanto, em virtude de sua freqüente subsidência superior e conseqüente inversão térmica

de temperatura, a umidade é limitada à camada superficial, o que favorece a mistura lateral e impede a vertical, dando-lhe caráter de homogeneidade e estabilidade.

Em condições normais esta massa de ar atua nesta região com ventos geralmente de NE na superfície do solo, com inversão térmica superior, sobre a qual sopram ventos descendentes, também de NE, ambos se dirigindo para as baixas subpolares. Nestas condições, o tempo permanece estável e com pouca nebulosidade.

Entretanto, esta circulação zonal é freqüentemente perturbada pela circulação meridiana dos anticiclones móveis de origem polar. Sua fonte é a região polar de superfície gelada, constituída pelo Continente Antártico e pela banquisa fixa. Seu limite coincide aproximadamente com a isoterma de 0°C na superfície do mar. De sua superfície anticiclônica divergem ventos que se dirigem para a zona depressionária subantártica, com desvio para oeste, originando nessa zona ocupada pelo *pack ice* e outros gelos flutuantes, as massas polares. Trata-se, portanto, de uma zona de transição entre o ar polar e o tropical. Dessa zona partem os anticiclones polares que periodicamente invadem o continente sul-americano com ventos de W e SW nas latitudes elevadas e médias, mas adquirindo, freqüentemente, a direção S e SE nas latitudes tropicais das áreas litorâneas da Região Sudeste do Brasil, principalmente no verão, época em que quase sempre, os anticiclones polares alcançam o Brasil com posição sobre o Oceano Atlântico (Nimer, 1989).

De sua origem e trajetória (SW-NE), até chegar à Região Sudeste, derivam suas propriedades. Em sua origem estes anticiclones possuem forte inversão de temperatura e o ar é muito seco, frio e estável na base. Porém, em sua trajetória ele absorve o calor e umidade colhidos da superfície quente do mar, aumentados à proporção que ele caminha para o trópico. De sorte que, já nas altitudes médias, a inversão desaparece e o ar polar marítimo torna-se instável. Com esta estrutura e propriedades o anticiclone polar alcança a Região Sudeste, provocando chuvas e trovoadas, um tanto mais intensa no verão. O conjunto desse ar polar de divergência anticiclônica é denominado “massa polar marítima” (Nimer, 1989).

As frentes frias no hemisfério sul, geralmente se estendem na direção NW-SE. Ao longo delas formam-se ciclones que se deslocam segundo a mesma direção, no seio das quais existem acentuada mudança do vento, nuvens baixas e escuras, chuvas fortes, visibilidade reduzida, forte turbulência e possibilidades de formação de granizo e trovoadas. São imediatamente seguidas por chuvas finas e contínuas, para finalmente, sob o centro do anticiclone polar, o céu se tornar limpo com declínio acentuado da temperatura.

Os anticiclones móveis que deixam a região subpolar, penetram no oceano onde se aquecem e umedecem rapidamente, desaparecendo a subsidência superior. Com esta estrutura eles invadem o

continente sul-americano, entre dois centros de Alta: o do Pacífico e o do Atlântico, seguindo duas trajetórias diferentes, condicionadas pela orografia: uma a oeste dos Andes, outra a leste dessa cordilheira.

Na primeira trajetória, a descontinuidade oriunda do encontro entre os ventos frios do anticiclone polar e os ventos quentes do anticiclone do Pacífico constitui a Frente Polar Pacífica (FPP). Na segunda, os ventos do anticiclone polar entram em oposição aos ventos das pequenas altas ocasionais do interior do continente e alta do anticiclone semi-estacionário do Atlântico, constituindo a descontinuidade denominada “Frente Polar Atlântica” (FPA).

Em virtude da maior pressão sobre o Pacífico do que sobre o continente, a primeira trajetória é pouco freqüentada. Entretanto, no inverno, apesar do anticiclone do Pacífico possuir maior pressão, a FPP, nesta época com maior energia, percorre regularmente esta trajetória, entre a alta do Pacífico e a Cordilheira dos Andes. Nesta situação a FPP estende-se da região subpolar até quase ao norte do Chile, com orientação quase NNW-SSE e com essa orientação ela transpõe os Andes. Ao transpor essa cordilheira, a FPP sofre frontólise (FL) no interior do Brasil em contato com a convergência da baixa interior, enquanto que seu setor meridional avança para NE ou para E, até se perder no Oceano Atlântico, ao mesmo tempo que o anticiclone tropical do atlântico abandona o continente e se refugia no Atlântico.

Nessas circunstâncias as precipitações pluviométricas são pouco expressivas, entre outros motivos, pelo fato de que a esses fatos junta-se a circunstância do alinhamento das serras não se oporem aos ventos do anticiclone polar que nestes, possuem componentes oeste a sudeste.

A segunda trajetória é bem mais freqüente no verão. É ela a principal responsável pela abundante precipitação na Região Sudeste do Brasil e pelos aguaceiros de grande concentração/hora (intensidade pluviométrica), que nesta época do ano ocorrem com certa freqüência nas suas áreas serranas e proximidades. Seu desenvolvimento assim se processa: no verão, em virtude do maior aquecimento do hemisfério Austral, há um declínio geral de pressão, principalmente sobre o continente. A FPP, com menos energia, raramente consegue percorrer a trajetória do Pacífico e galgar a Cordilheira dos Andes nas latitudes médias. Geralmente, esta descontinuidade polar transpõe esta cordilheira pelo extremo sul do continente, com orientação NNW-SSE (Nimer, 1989).

No verão, mesmo quando o anticiclone polar não possua energia suficiente para, por si só, empurrar a KF em direção ao equador, o vórtice deste ciclone consegue manter a KF em frontogênese (FG), fazendo-a girar no sentido horário e, assim, atingir a Região Sudeste com orientação NW-SE, e daí, perder-se no oceano.

Outro aspecto dinâmico importante na distribuição das precipitações na Região Sudeste diz respeito à direção dos ventos durante as situações frontais e pós-frontais, relativos ao verão. As frentes polares atingem esta região, na maioria das vezes, com orientação WNW-ESE e, secundariamente, WE. As orientações NW-SE são menos freqüentes, e as NE-SW, muito raras. Destas orientações decorre, principalmente, a direção dos ventos polares. Se sobre nossa área a FPA possui orientação NW-SE, os ventos possuem componentes de SW; se a orientação é de WSW-ENE ou WE, os ventos são de S a SE; se é NE-SW, os ventos são de SE.

Do exposto, conclui-se que no verão, em situações frontais, sopram nesta região, ventos na maioria das vezes, com componentes SE e Secundariamente, de S; em situações pós-frontais, os ventos possuem, geralmente componentes de SE.

Outro fenômeno de perturbação atmosférica na Região Sudeste é a Linha de Instabilidade Tropical. Num quadro de isóbaras a IT se apresenta como um vale de menor pressão separando dois núcleos de alta pressão. No seio de uma Linha de IT o ar em convergência acarreta, geralmente, chuvas e trovoadas. Sua origem não está bem esclarecida, uma vez que estes fenômenos estão ligados à ondulação de frentes polares, nas altitudes médias, e este movimento ondulatorio, por sua vez, é motivo de muita controvérsia. O que está fora de dúvida é que tais fenômenos são comuns no Brasil, separando dorsais de massas tropicais, especialmente do fim da primavera ao início do outono, ou seja, durante o verão brasileiro, estando sua origem ligada ao movimento ondulatorio que se verifica na FPA ao contato com o ar quente das massas tropicais. Nessas situações termodinâmicas surgem Linhas de IT a partir das ondulações frontais e da baixa do Chaco, praticamente normais à FPA.

Tais depressões induzidas em dorsais de massas de ar tropical são extremamente móveis. Assim que a FPA se ondula no Paraguai, norte da Argentina e sul no Brasil, formam-se ao norte dela uma ou mais ITs sobre o continente. Propagam-se cerca de 1.000km de extensão, anunciando com nuvens e geralmente chuvas (pré-frontais) a chegada de KF com antecedência de no mínimo 24h que, no entanto, pode não chegar. À medida que a KF caminha para o equador, as ITs se deslocam para E ou, mais freqüentemente, para SE. Se a KF estaciona, cessa também o deslocamento da IT. Com o recuo da FPA a IT recua par W ou NW (Nimer, 1989).

A região Sudeste do Brasil, particularmente a região serrana do Estado do Rio de Janeiro, está sobre a trajetória mais freqüentada pelo deslocamento das linhas de ITs que, surgindo no centro do país, se deslocam para SE indo desaparecer sobre o mar.

Determinados pelos fatores dinâmicos e estáticos, nenhuma região brasileira apresenta uma distribuição espacial de precipitações pluviométricas, tão diferenciada. A altura da precipitação anual exprime muito bem este caráter.

A posição do Estado do Rio de Janeiro, na borda oriental da América do Sul, na zona tropical, sob a trajetória preferida das correntes perturbadas, assegura boa frequência de chuvas todo ano. Porém, sua distribuição quantitativa é determinada por dois fatores: a orografia e o mecanismo dinâmico.

O paralelismo das escarpas da Serra do Mar e da Mantiqueira, opondo-se frontalmente à direção dos ventos das correntes de circulação atmosférica perturbada, representada sobretudo pelas descontinuidades polares, exerce uma sensível influência neste caso: as precipitações pluviométricas crescem na proporção direta da altitude.

As Serras do Mar e da Mantiqueira são bem mais pluviosas que o litoral e o Vale do Paraíba do Sul. Nenhuma outra serra do território nacional exerce tanta influência no sentido do acréscimo de precipitações quanto estas duas serras.

Nas situações de chuvas generalizadas por toda a região, quase sempre os índices mais elevados se dão nas referidas serras. Muitas vezes, enquanto na Baixada Litorânea e no Vale do Paraíba do Sul as chuvas são insignificantes, e até mesmo inexistentes, em largos trechos dessas serras se verificam intensos aguaceiros.

É notável o papel orográfico na pluviosidade desta região. Acrescente-se que em virtude de o maior número de precipitações estar ligada às instabilidades frontais e pós-frontais, a Serra do Mar, por ser, na maioria das vezes, a primeira a ser atingida pelas correntes perturbadas de origem subpolar, é mais pluviosa que a Serra da Mantiqueira. Entretanto, chuvas de frentes semi-estacionárias ou de WF podem levar à Mantiqueira precipitações mais copiosas que na Serra do Mar, bem como as de KF de orientação quase N/S. Mas, na maioria das vezes, a Serra do Mar recebe mais chuva que a Mantiqueira.

Enquanto os níveis mais elevados da Mantiqueira recebem em média entre 2.000 a 2.500mm de chuva durante o ano, a Serra do Mar acolhe de 2.000 a 3.500mm (ANEEL, 1999).

Chama-se atenção ainda para a diferença entre os índices pluviométricos de um lado e de outro das referidas serras. As encostas meridionais, na maioria das vezes a barlavento, são bem mais chuvosas que as encostas a sotavento. Na encosta a barlavento da Serra do Mar, por exemplo, as isoietas de valores mais elevados que passam na crista da serra descem aos níveis médios desta encosta, enquanto que a sotavento as precipitações diminuem bruscamente da crista para o Vale do Paraíba do Sul.

Em violento contraste, aparece o Vale do Paraíba do Sul. A subtração de umidade do ar realizada pelas Serras da Mantiqueira e do Mar e a dessecação adiabática tornam esta depressão topográfica bem menos úmida e chuvosa. Aí, a pluviometria anual varia de 750 a 1.000mm (ANEEL, 1999).

Outra área igualmente menos chuvosa é a Baixada Litorânea. Seu trecho do Espírito Santo à Lagoa de Araruama no estado do Rio de Janeiro, apresenta as mais baixas alturas de precipitação, inferior a 1.000mm (ANEEL, 1999).

A participação orográfica nos processos de precipitação pluviométrica nesta região, pode ainda ser observada nas cidades do Rio de Janeiro e Niterói, onde os maciços da Carioca e de Niterói e bairros vizinhos, são bem mais chuvosos (>1.500mm) que o conjunto da baixada (1.250mm).

Outro fator igualmente importante na repartição da pluviosidade nesta área é constituído pelo mecanismo atmosférico regional. A observação do mapa de isoietas nos indica com extrema evidência que as precipitações são mais importantes a sudoeste e menos a nordeste, em outros termos, as precipitações decrescem de WSW para ENE.

No Vale do Paraíba do Sul, a isoietas de 1.250mm não alcança o território paulista ficando este, salvo em raríssimas exceções, com precipitação superior a 1.250mm. Por outro lado as isoietas de 1.000 a 750mm são exclusivas do baixo curso deste rio.

Pelo litoral a isoietas de 2.000mm vinda de SW desaparece na altura da baía de Sepetiba. Daí para E e NE os índices pluviométricos decrescem bruscamente até atingirem a 750mm nas baixadas de Itabapoana e Campista (ANEEL, 1999).

Na Serra do Mar a isoietas de 1.250mm, que na altura dos meridianos de Cabo Frio aparece na crista da serra, na altura do Rio de Janeiro, é lançada em direção ao Vale do Paraíba do Sul, e os níveis elevados da escarpa são representados pelos valores de 1.750 a 2.000mm. Nas proximidades do reservatório de Lages os índices pluviométricos decrescem pelo rebaixamento da Serra do Mar. Porém, mesmo assim, há uma sensível diferença da altura das chuvas entre as encostas a barlavento e sotavento. Na altura dos meridianos da baía da Ilha Grande, a precipitação volta a subir, apresentando valores superiores a 3.000mm nos níveis mais elevados da serra na altura dos meridianos da praia de Guaratuba, valores superiores a 4.000mm (DNMET, 1992).

O Fator dinâmico é o responsável pelo aumento da precipitação na direção ENE-WSW, enquanto que a orografia faz aumentar com a altitude e disposição em relação às correntes perturbadas. A conjugação desses dois fatores rege a distribuição da pluviometria nesta área (Nimer, 1989).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para execução desta análise climatológica, utilizou-se das seguintes variáveis meteorológicas do DNMET (1992): pluviosidade, temperatura, umidade; Mapa de Isoietas em escala 1:500.000 com dados de 1968 a 1995, em intervalos de 100mm (Brandão *et al*, 2000); Mapa de Unidades

Geoambientais, na mesma escala, composto a partir da conjugação das bases temáticas Pedologia, Geologia, Hidrogeologia e Cobertura Vegetal (Dantas *et al*, 2001).

A análise presente, foi baseada nas informações contidas nos Domínios Geoambientais, considerando-se a influência das variáveis climáticas na atividade antrópica e no meio físico, apontando medidas mitigadoras para os impactos ambientais, bem como a necessidade de monitoramento, principalmente em áreas mais críticas de secas prolongadas, erosão, movimentos de massa e inundação.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Em pesquisa realizada para o Diagnóstico Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro, na escala 1:500.000, Dantas *et al* (2001), identificaram 6 unidades geoambientais, com as quais proceder-se-á a análise, com ênfase à precipitação pluviométrica, sendo esta a variável mais importante para fins de ocupação ordenada do solo bem como reordenamento territorial.

O Domínio Geoambiental Faixa Litorânea, corresponde ao mais extenso do estado, abrangendo um conjunto diversificado de terrenos compreendidos entre a escarpa da Serra do Mar e a linha de costa, estendendo-se da baixada de Sepetiba ao Norte Fluminense. É marcante a heterogeneidade dos geossistemas, climatologia, formas de uso e ocupação, notadamente de SW para NE. Destacam-se as baixadas flúvio-marinhas e aluviais e as planícies fluviais, de acumulação quaternária constituídos por Solos de Mangue, Gleis, Planossolos e Solos Aluviais, por onde desenvolvem-se campos e florestas de várzea. Em algumas baixadas, desenvolvem-se Solos Salinos ou Tiomórficos. Nas planícies costeiras, de gênese marinha, desenvolvem-se Podzóis Hidromórficos sob vegetação de restinga. Terrenos colinosos e colinas isoladas de baixa amplitude de relevo circundam as baixadas litorâneas e apresentam solos profundos (Latosolos e Podzólicos vermelho-amarelos), recobertos por floresta perenifólia a subcaduciflora. No setor leste da região dos Lagos, devido à baixa pluviosidade (menor que 800mm/ano), a vegetação apresenta-se transicional entre floresta subcaduciflora a caduciflora e caatinga. No Norte Fluminense ocorrem extensas áreas de tabuleiros terciários do grupo Barreiras ocupados predominantemente por Podzólicos amarelos. Destacam-se na faixa litorânea também os maciços costeiros de morfologia montanhosa e solos pouco espessos, florestados.

A Região Metropolitana, que abrange as baixadas de Sepetiba, Guanabara e Jacarepaguá, bem como maciços isolados como da Tijuca, Pedra Branca e Mendanha e a Região dos Lagos, é a área de maior densidade demográfica do Estado, particularmente a baixada de Jacarepaguá e entorno da Baía de Guanabara, densidade esta propiciada pela expansão urbana, industrial, comercial, turismo e lazer e,

infra-estrutura, sendo esta ainda incipiente frente às necessidades, em razão do que os problemas ambientais acirram-se.

Nas regiões de baixadas alagadiças, bem como encostas de morros, ambas áreas inaptas à ocupação humana, expandem-se processo de favelização, onde são notados os efeitos negativos de contaminação dos aquíferos e demais corpos d'água e, assoreamento oriundo das ocupações ribeirinhas e das encostas.

Observando-se o mapa de isoietas do estado (Figura 2) Brandão *et al* (2000), esta região tem pluviosidade média anual de 1000mm no litoral para 1800mm no sopé da Serra do Mar, com temperaturas médias em torno de 30°C, atingindo seus máximos nos meses de verão acima dos 40°C (DNMET, 1992). Esta distribuição pluviométrica é fortemente concentrada nos meses de verão, com intensos aguaceiros acentuados com o excessivo desmatamento, impermeabilização da superfície do solo aumentando o *runoff*, queima de combustíveis e emissão de partículas na atmosfera. Nestes ambientes, identifica-se as ilhas de calor onde as chuvas são cada vez mais catastróficas.

Apesar do monitoramento da pluviosidade pela GeoRio e o Sistema de Alerta da Defesa Civil, quando das chuvas concentradas, principalmente em fins de tarde, os efeitos são danosos em todos os ambientes, onde se faz necessário maior rigor no monitoramento climatológico.

Nesta época do ano, a população aumenta substancialmente, propiciado pelo turismo, aumentando a demanda hídrica, bem como a produção de rejeitos. A demanda hídrica é suprida pela transposição de águas do rio Paraíba do Sul, via adutora do Guandu, não obstante alguns abastecimentos locais. É necessário um profundo conhecimento do regime hidro-climatológico desta região, preservação das áreas de mananciais (recarga) e, matas ciliares para um ótimo aproveitamento.

A leste da Região Metropolitana, localiza-se a Região dos Lagos e o extenso relevo colinoso, situado entre a linha de costa e o sopé da Serra do Mar, que prolonga-se de Niterói à baixada campista, sentido este que observa-se a diminuição da densidade demográfica excetuando-se no verão, e uma drástica mudança geoambiental condicionada principalmente pelas condicionantes climáticas, ao longo da faixa litorânea e, desta par NE.

Os condicionantes climatológicos, circulação de massas de ar, apesar da proximidade com o litoral, determinam para essa região, a menos úmida do estado, determinando, com isso ambientes de vegetação de restinga, dunas e salinas. Os efeitos acirram-se sobremaneira em função da especulação imobiliária em geoambientes que deveriam ser de preservação permanente

A pluviosidade, que atinge a menos de 800mm anuais e, forte evaporação acentuada pelo intenso desmatamento, torna esta área a de maior déficit hídrico de superfície, como também baixa quantidade e qualidade dos aquíferos, agravado pela contaminação crescente e constante.

Em direção a Serra do Mar, das regiões colinosas nascem os principais rios que abastecem esta região como o Macacu, São João, Macaé, Macabú e Imbé, cujo regime pluviométrico minimizam o rigor climático do litoral com médias em torno de 1300 a 2000mm e temperaturas mais amenas.

Para esta região, onde a especulação imobiliária é crescente e desordenada, pela aptidão a veraneio, o controle ambiental é imprescindível, como preservação dos ambientes vulneráveis como dunas, vegetação, corpos d'água e, sobretudo melhoria na infra-estrutura de abastecimento de água e saneamento básico pois, aí, predominam usos de fossas sépticas, captação direta e poços artesianos. Nas zonas de recargas tanto nos morrotes e colinas como na Serra do Mar, é imprescindível a manutenção da cobertura vegetal e pedológica

O subdomínio Litoral Sul Fluminense abrangendo unidades ambientais diversificadas como planícies, mangues, baixadas, serras alinhadas e maciços costeiros, estendendo-se de Itaguaí até o limite com o Estado de São Paulo em Parati. Ao contrário do domínio da faixa litorânea, difere sobretudo pela menor extensão, variabilidade ambiental e climática e densidade demográfica.

Além da suscetibilidade natural do diversos ambientes e formas de uso inadequado, esta região é afetada constantemente por incidência de massas polares e atlânticas ocasionando forte temporais com chuvas concentradas, vendavais e granizo, ocorrendo por vezes o fenômeno da inversão térmica face à barreira orográfica. Neste imenso anfiteatro ladeado pela Serra do Mar é comum a ocorrência de acidentes com aeronaves e embarcações de pequeno porte, bem como desconforto à população local. Nesta região de maior pluviosidade, aumentando para SW, atinge médias anuais acima de 3.500mm.

Atente-se para os alertas da BR-101, que neste trecho sofre sob às intempéries climáticas, agravadas pelos cortes nas vertentes para a sua instalação, onde não é incomum a descida de blocos associados a deslocamentos de gnaiss, solo e vegetação, comprometendo a infra-estrutura bem como às instalações prediais.

Além das medidas mitigadoras necessárias dos demais ambientes, neste, a preservação das encostas, bem como um sistema de alerta com precisão para previsão dos fenômenos citados são necessários à manutenção desta região e da população residente e transitória.

A Região Serrana abrange o extenso alinhamento WNW-ENE da escarpa da Serra do Mar e as zonas planálticas situadas no seu reverso, assim como a Serra da Mantiqueira, próximo a Itatiaia. Caracteriza-se por uma zona montanhosa com freqüentes paredões rochosos e elevada pluviosidade (em geral, maior que 1800mm/ano). Predominam Cambissolos e Latossolos Vermelho-Amarelos álicos, com ocorrência espaiada de Litossolos e Afloramentos de Rocha. A vegetação dominante é a floresta perenifólia. Nos altos cumes da região serrana (altitudes superiores a 2000m) submetidos a baixas temperaturas, prevalecem os campos de altitude.

A escarpa da Serra do Mar atravessa praticamente todo o Estado do Rio de Janeiro, desde o litoral norte do estado de São Paulo, na Serra da Bocaina até a Serra do Imbé/Desengano, próximo a foz do rio Paraíba do Sul. A escarpa da Mantiqueira, ocupa em território fluminense apenas um trecho em Itatiaia.

Os escarpamentos devido aos elevados gradientes das vertentes, amplitudes topográficas expressivas e ocorrência freqüente de afloramentos rochosos, solos incipientes e depósitos de tálus, com baixa capacidade de carga, apresentam sérias limitações frente à ocupação humana. Grande parte deste domínio apresenta extensas áreas de Mata Atlântica preservada pela inacessibilidade natural como também por lei como nos Parques Nacionais do Itatiaia, Serra da Bocaina, Serra dos Órgãos e Desengano.

A Serra do Mar reveste-se de grande importância, para a climatologia da Região Sudeste, sendo esta importante divisor de águas das bacias 59 que drena para o Rio de Janeiro e 58 para o Paraíba do Sul. Não obstante a sua importância climática, é a principal recarga para as bacias citadas, responsável pela demanda hídrica do Rio de Janeiro, bem como demais estados desta região. A sua ocupação que remonta o período colonial, acentua-se com a expansão de atividades agro-pecuárias, industriais e urbanas, sendo intensificadas pelas suas características climatológicas de região serrana, o ecoturismo e pesquisas institucionais e ONG'S a busca de preservação deste ecossistemas bem como suas espécies nativas.

As ocupações desenvolvem-se nos fundos dos vales intermontanos, nos exíguos terraços existentes, expandindo-se o processo de favelização nas encostas íngremes, por conta do inchaço demográfico de centros urbanos, em especial, as cidades de Petrópolis, Teresópolis e Nova Friburgo.

Essa expansão ocupacional ocorre a partir do divisor de águas para o reverso da serra, em direção ao Paraíba do Sul. Os núcleos urbanos citados localizam-se em trechos de maiores cotas altimétricas, de maior intensidade pluviométrica com médias anuais acima de 2000mm.

São freqüentes as chuvas torrenciais, trovoadas, granizo, onde os efeitos da erosão, movimentos de massa com materiais associados, bem como danos ao meio ambiente e a infra-estrutura como um todo.

O médio vale do Paraíba do Sul consiste numa extensa depressão interplanáltica ladeada entre o reverso da Serra do Mar e a escarpa da Serra da Mantiqueira entre as localidades de Três Rios e Engo. Passos. Destacam-se terrenos colinosos (relevo típico de mar-de-morros) constituídos por solos profundos (Latosolos e Podzólicos vermelho-amarelos) e recobertos, originalmente, por floresta subperenifólia a subcaducifólia e alinhamentos serranos escalonados constituídos por solos pouco espessos, tais como Cambissolos e Podzólicos vermelho-amarelos pouco profundos. No eixo do vale sobressaem-se pequenas bacias sedimentares de idade terciária (bacias de Resende e Volta Redonda)

caracterizadas por tabuleiros ou colinas tabulares e planícies fluviais extensas. Estes terrenos estão recobertos por Latossolos amarelos e Solos Aluviais. A degradação desta região remonta ao início do século XIX, quando praticamente toda a Mata Atlântica foi devastada pelo ciclo cafeeiro.

Esta região de regime pluviométrico inferior às serras, chuvas menos intensas com períodos secos, bem caracteriza a influência orográfica, onde na Serra do Mar, as massas oriundas do oceano, ascendem, condensam e precipitam em fortes aguaceiros, voltando a aquecer em direção ao vale, com conseqüente diminuição pluviométrica, voltando a aumentar a medida que galga a Serra da Mantiqueira. Esta influência adiabática difere da serra para o vale de acima dos 2500mm a próximo de 1000mm, tendo também influência na temperatura assim como o desmatamento que altera a evapotranspiração e a poluição causada pelas ocupações inadequadas.

A depressão norte- noroeste fluminense apresenta extensos terrenos colinosos intercalados por alinhamentos serranos escalonados, típicos da região noroeste fluminense. Este domínio individualiza-se dos outros por apresentar uma menor pluviosidade, associada a maiores deficiências hídricas (900-1400mm/ano). Predominam Podzólicos Vermelho-Amarelos e Vermelho-Escuros eutróficos nas colinas. Nos alinhamentos serranos predominam Cambissolos e Podzólicos Vermelho-Escuros eutróficos pouco profundos. A vegetação original compreende floresta subcaducifólia a caducifólia. Delimita-se, a sul pelo planalto da região serrana e, a norte pelo planalto sul-capixaba e, estende-se a oeste pela zona da mata mineira, limitada a leste pela baixada campista. Seus principais rios são Pomba, Muriaé e Itabapoana.

Assemelha-se com o médio vale do Paraíba do Sul em seus aspectos físicos e o processo de ocupação humana, apresentando contudo, um clima mais seco com estiagem prolongada. A pluviosidade nesta região sofre ligeiro aumento do litoral para o interior, apresentando diminuição no vale do Paraíba, chegando a média de 1300mm, na divisa com Minas Gerais. O rigor climático das regiões supracitadas, demandam investimentos em irrigação e controle de erosão para um desenvolvimento agro-ecológico satisfatório, sendo que a recomposição da vegetação é necessário.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A problemática ambiental, cresce em importância na medida em que os recursos naturais escasseiam quer seja pelo demanda ou má utilização

Nesse sentido o inventário do meio físico através da elaboração de bases temáticas, banco de dados associados utilizando-se de técnicas computacionais de geoprocessamento e sensoriamento remoto são necessários.

A análise realizada no Estado do Rio de Janeiro, foi possível, graças a essas bases temáticas conjugadas e analisadas em Domínios Geoambientais bem como uma satisfatória rede pluviométrica com dados consistidos.

Para o objetivo proposto, dentro das informações disponíveis em escala regional, conseguiu-se satisfatória espacialização geográfica da abordagem climato-ambiental do estado, o que certamente, abrirá caminho para trabalhos em escala de detalhe a nível municipal e micro-bacias para um reordenamento do espaço bem como monitoramento ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANEEL (1999). Agência Nacional de Energia Elétrica. Banco de dados hidrometeorológicos, CD-ROM.
- BARBIÉRE, E.; BIASI & KRONEMBERGER, D. M. P. (1994) Climatologia do litoral Sul-Sudeste do estado do Rio de Janeiro (um subsídio à análise ambiental). Cadernos de Geociências-IBGE-Diretoria de Geociências, v.12, p.57-73.
- BERNARDES, L. C. M. (1952) Tipos de Clima do Estado do Rio de Janeiro. IBGE, conselho Nacional de Geografia. Revista Brasileira de Geografia, v.14 1-2, p. 57-80.
- BRANDÃO, A. M. P. M. (1992). As alterações climáticas na área metropolitana do Rio de Janeiro: Uma provável influência do crescimento urbano. *In: Natureza e Sociedade no Rio de Janeiro* (Abreu, M.^a org.) RJ. Mun. Cult./DGDI-Biblioteca Carioca, 21: 143-200p.
- BRANDÃO, A. M. P. M.; SILVEIRA JUNIOR, D. R.; TAVARES, J. C. & DANTAS, M. E. (2000). *Mapa de Isoietas do Estado do Rio de Janeiro*. Estudo Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro, Brasília, CPRM-DEGET, mapa.
- BRASIL. (1992). Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia-DNMET. Normais Climatológicas (1961-1990), 83p.
- CIDE- Centro de Informações de Dados do Estado do Rio de Janeiro. (1996). Anuário Estatístico do Estado do Rio de Janeiro, 350p.
- DANTAS, M. E.; SHINZATO, E.; MEDINA, A. I. M.; SILVA, C. R.; PIMENTEL, J.; LUMBRERAS, J. F.; CALDERANO, S. B.; CARVALHO FILHO, A.; MANSUR, K. & FERREIRA, C. E. O. (2001) *Diagnóstico Geoambiental*. Estudo Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro, Brasília, CPRM-DEGET, 38pp.

- NIMER, E. (1971). Análise dinâmica da precipitação pluviométrica na região serrana do Sudeste do Brasil especialmente na Serra das Araras. Fundação Instituto de Geografia de Estatística. Revista Brasileira de Geografia, nº 3, ano 33 jul/set. p 53-162
- NIMER, E. (1972). Climatologia da Região Sudeste do Brasil: Introdução à Climatologia Dinâmica - Subsídios à Geografia Regional do Brasil. Revista Brasileira de Geografia, nº 1, ano 34, p 3-48.
- NIMER, E. (1989). Climatologia do Brasil. *Análise dinâmica da precipitação pluviométrica na região serrana do Sudeste, especialmente na Serra das Araras*- Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2ª edição, p.79-167.