

EVENTOS PLUVIAIS CONCENTRADOS SOBRE A GRANDE SÃO PAULO OCORRIDOS EM 1991: SEUS REFLEXOS NA VIDA URBANA

*Edson Cabral**

*Emanuel Fernando Reis de Jesus***

RESUMO – Este trabalho aborda algumas considerações sobre os principais eventos pluviais concentrados, ocorridos na região metropolitana de São Paulo, durante o primeiro trimestre de 1991, e que afetaram de forma substancial a vida da cidade. As ações antrópicas imponderadas sobre o espaço urbano vêm contribuindo de forma significativa para o surgimento de inúmeras áreas de risco, portanto, locais susceptíveis ao problema das inundações. As conseqüências desse problema, na área em estudo, são cada vez mais imprevisíveis a cada ano, caracterizando desta forma uma verdadeira situação de calamidade.

ABSTRACT – This paper focuses some considerations about the main concentrated pluvial events occurred in the metropolitan area of São Paulo during the first three months of 1991. These rains affected profoundly the city life. Imprudent and irresponsible man made actions on the urban space have significantly contributed for the appearance of several hazard-prone areas, therefore, locations susceptible to floodings. Its consequences, in the area of study, are each rainy season more unpredictable, what characterizes a true calamitous situation.

I CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

O estudo do clima urbano, nas últimas décadas, vem se constituindo num dos capítulos de grande relevância no contexto da Climatologia.

Inúmeros trabalhos desenvolvidos nessa linha de pesquisa coincidem em assinalar o papel singular da cidade sobre o ambiente atmosférico local.

O sistema urbano constitui, em sua essência, um fator responsável pela produção de um ambiente atmosférico muito peculiar, decorrente da ação do homem sobre o espaço.

A nível das escalas inferiores do clima, a capacidade do homem em alterar o mesmo é evidenciada através de alterações significativas na dinâmica de alguns

* Geógrafo – Telecomunicações Aeronáuticas S/A (TASA)

** Prof. Adjunto do Dep. de Geografia do Instituto de Geociências da UFBA. Prof. Adjunto do Dep. de Ciências Humanas e Filosofias da UEFS. Prof. Titular do Dep. de Geografia do Inst. de Filosofia e Ciências Humanas da UCSal.

elementos como a temperatura, a precipitação pluviométrica, a umidade do ar e os ventos, dentre outros. Entretanto, a nível das escalas superiores, as pesquisas recentes têm demonstrado que o grau de interferência do homem sobre os mecanismos genéticos do clima são, de certa forma, insignificantes.

As ações antropogênicas são responsáveis diretas pelas alterações do ambiente local e, particularmente, do clima urbano. Tais ações refletem-se diretamente no balanço energético entre a superfície e a atmosfera local, conjugada à intensa impermeabilização do solo, à diminuição das áreas verdes, ao crescente adensamento das edificações, além do calor gerado pela dinâmica urbana.

Esses aspectos concorrem para a instalação do fenômeno de ilha térmica e significativas alterações nos atributos pluviais a nível local, inclusive com relação à composição química das precipitações (chuva ácida).

Trabalhos realizados por LANDSBERG (1956), CHANDLER (1965), LOWRY (1967), CHANGNON (1969) ATKINSON (1971, 1977) HUFF & CHANGNON (1972), SANDERSON et alii (1973), HARNACK et alii (1975) BORDREVIL (1977), SANDERSON & GORSKI (1978) e JONES & JIUSTO (1980), demonstraram a influência do efeito da urbanização sobre a precipitação pluviométrica nas áreas urbanizadas.

Esses estudos evidenciaram importantes aspectos relacionados com a precipitação no que diz respeito à intensidade, sazonalidade e distribuição espacial. Os fenômenos da natureza, em linhas gerais, são caracterizados por uma certa flexibilidade no seu ritmo. Em termos climáticos, a partir do momento em que a excepcionalidade se acentua num determinado local, repercutindo de forma negativa sobre o espaço, tem-se o chamado "desastre climático". Do ponto de vista teórico-conceitual, o impacto climático de natureza extrema é atribuído a todo episódio não frequente, a partir da análise da sucessão habitual dos tipos de tempo (SORRE, 1951).

A concepção de normalidade, no que se refere ao clima em particular, não obedece rigorosamente a preceitos da estatística convencional; porém, para a abordagem geográfica do clima, o mais importante é o grau de repercussão, no espaço regional, dos efeitos emanados da seqüência dos tipos de tempo anormais (RIBEIRO, 1984).

Como ressonância das situações anômalas da pluviosidade sobre o espaço urbano, tem-se, dentre outros problemas, aqueles provenientes das enchentes.

As enchentes constituem fenômenos naturais que podem resultar nas inundações das várzeas, no momento em que a vazão suplantia a capacidade de escoamento nos canais de drenagem. Atribui-se o agravamento das inundações, nas cidades, às modificações introduzidas tanto na bacia de drenagem como no terreno. No que diz respeito às áreas urbanas, este problema é extremamente preocupante em função das alterações físicas introduzidas na bacia fluvial (assoreamento dos cursos d'água, estrangulamento dos leitos através de obras e outros), e finalmente a ocupação inadequada nas margens dos rios e nas encostas vulneráveis a processos erosivos.

Diante das considerações apresentadas, procuramos enfocar, neste trabalho, um problema comum a muitas cidades brasileiras em cuja maioria vem se agravando

A referida região emerge no contexto latino-americano como uma das áreas mais densamente ocupadas, com um contingente populacional em torno de 15 198 863 habitantes aproximadamente (Censo 1991, FIBGE) e ocupando uma área de cerca de 8 051 km². A Grande São Paulo, bem como outras áreas metropolitanas brasileiras, apresenta um crescimento urbano desordenado, decorrente sobretudo da forte pressão demográfica que traz, dentre outras conseqüências, o elevado nível de degradação do meio físico e social, em função da expansão do tecido urbano. No que se refere à literatura existente a respeito do clima da área em estudo, foram realizados inúmeros trabalhos, dos quais destacamos os de BELFORT DE MATOS (1925), JUNOT (1940, 1943), FRANÇA (1946), MONTEIRO (1964), OCCHIPINTI & SANTOS (1965), TOLEDO (1973), TARIFA (1976), CONTI (1978, 1979), RAYKOWSKI (1983), GOMES (1984), LOMBARDO (1985), SOARES & DIAS (1986), LOMBARDO ET ALLI (1989), dentre outros.

No tocante ao problema das inundações propriamente dito, verificamos que, na literatura geográfica ao nível de Brasil, o tema ainda merece um grau de exploração maior. Contudo, destacamos os trabalhos realizados por AMARANTE e (1960), PASTORINO (1971), MONTEIRO (1980), PASCHOAL (1982) e OLIVEIRA & FIGUEIRÔA (1984).

II RELEVÂNCIA DO TEMA

A ocorrência de chuvas extremamente copiosas e sucessivas enchentes, ao longo de vários anos, vêm se constituindo uma das características herdadas de uma urbanização cada vez mais intensa.

A cronologia das enchentes na cidade de São Paulo data desde a sua fundação. MONTEIRO (1980) assinala que os primeiros jesuítas e colonizadores portugueses edificaram suas moradias, tendo a preocupação de evitar as áreas susceptíveis às inundações. Em se tratando de um fenômeno considerado como "impacto meteoroclimático", a questão das enchentes vem se agravando cada vez mais nas últimas três décadas, com repercussões das mais diversas, nos diferentes segmentos da sociedade. A partir dos anos 60, constatamos que houve um agravamento substancial deste problema em virtude da efetiva consolidação da urbanização. Por outro lado, a pressão urbana também contribuiu para que os órgãos públicos implantassem avenidas próximas aos principais rios da cidade, aproveitando os espaços ainda vazios.

O Quadro 1, a seguir, apresenta um breve retrospecto sobre a cronologia das principais enchentes ocorridas na cidade de São Paulo, desde o ano de 1962 até 1991, assinalando também os respectivos meses em que foram registradas.

O ano de 1991, mais particularmente, não fugiu à regra de tantos outros atingidos pela ocorrência de episódios pluviais concentrados, responsáveis pelos transtornos das inundações.

**QUADRO 1 – OCORRÊNCIAS DE EVENTOS PLUVIAIS COMPROMETIDOS
PELAS INUNDAÇÕES EM SÃO PAULO**

Ano/Mês	Registros nos principais diários da Capital
JAN/1962	'Mortes e Inundações causadas pelo forte temporal de domingo' O Estado de São Paulo, 09/1/1962
FEV/1962	'Transbordou o Tietê, atingindo extensas áreas de São Miguel' O Estado de São Paulo, 03/2/1962 'São Miguel: Novos aguaceiros impedem a regressão do Tietê' O Estado de São Paulo, 04/2/1962
JAN/1964	'Chuvas provocam novas enchentes em São Paulo' O Estado de São Paulo, 30/1/1964
JAN/1965	'Um panorama das enchentes de ontem à noite em São Paulo' O Estado de São Paulo, 20/1/1965
MAR/1966	'Chuva mata, espalha detritos e pára os transportes, a luz e o gás' Jornal da Tarde, 12/3/1966
MAR/1968	'Inundação arrasa casas no ABC' Folha de São Paulo, 26/3/1968
NOV/1969	'A chuva de volta após 3 anos... benvindos a Veneza' O Estado de São Paulo, 20/11/1969
DEZ/1971	'Inundações, trânsito parado: foi a chuva de ontem' Folha de São Paulo, 29/12/1971
JAN/1972	'As chuvas voltaram a inundar São Paulo' 'Foi a maior chuva do verão paulistano' O Estado de São Paulo, 25/1/1972
MAR/1972	'Foi a maior chuva da Zona Norte, em 22 anos' Jornal da Tarde, 10/3/1972
FEV/1973	'A chuva de ontem à tarde provocou inundações em bairros da Zona Leste e paralisou o trânsito no centro' Jornal da Tarde, 27/2/1973
OUT/1973	'Chuva provoca morte, inundações e colisões' O Estado de São Paulo, 19/10/1973 'Vários bairros principalmente na Zona Leste, tiveram o problema das enchentes' Jornal da Tarde, 31/10/1973

Continuação

NOV/1973	'Aguaceiro do fim de semana matou 7 pessoas e deixou 154 desabrigados, castigando intensamente a região de Sto. Amaro e do Ipiranga' O Estado de São Paulo, 20/11/1973
DEZ/1973	'A cidade inunda mais uma vez' O Estado de São Paulo, 20/12/1973
OUT/1974	'Chuva provoca inundação em 11 pontos da cidade' O Estado de São Paulo, 29/10/1974
DEZ/1975	'Duas mortes e vários desabamentos, as chuvas estão de volta' Jornal da Tarde, 01/12/1975
JAN/1976	'Os dramas de 24 horas na cidade inundada' O Estado de São Paulo, 30/01/1976
FEV/1976	'Glicério, Parque D. Pedro, Marginal do Tietê e Cambuci foram violentamente afetados pelas chuvas' Folha de São Paulo, 08/2/1976
NOV/1978	'A rotina das enchentes' Jornal da Tarde, 07/11/1978
FEV/1980	'A invasão do Tamanduateí' Jornal da Tarde, 21/02/1980 '5 mil desabrigados em S. Miguel' O Estado de São Paulo, 28/2/1980
ABR/1980	'Inundações e congestionamento após a chuva da madrugada' O Estado de São Paulo, 01/4/1980
DEZ/1980	'Chuvas inundam ruas e casas na cidade e 50 ficam desabrigados' O Estado de São Paulo, 03/12/1980 'Zona Norte sofrendo com as chuvas' Jornal da Tarde, 23/12/1980 'Em São Paulo, mais um dia de inundação' O Estado de São Paulo, 24/12/1980
JAN/1981	'Enchentes: 5 mil pessoas socorridas' Jornal da Tarde, 20/1/1981
FEV/1981	'Rio transborda, os trens ficam parados' O Estado de São Paulo, 11/2/1981
NOV/1981	'Temporal alaga a cidade' O Estado de São Paulo, 10/11/1981

Continuação

DEZ/1981	'Chuvas na cidade causam mais cheias e desabamentos' Estado de São Paulo, 10/12/1981 'A maior chuva dos últimos três meses' O Estado de São Paulo, 24/1/1981
DEZ/1982	'Com a chuva, destruição e morte' Jornal da Tarde, 30/12/1982
FEV/1983	'A chuva que parou a cidade' O Estado de São Paulo, 02/2/1983 'A cidade ilhada' Jornal da Tarde, 02/2/1983
JUN/1983	'Calamidade em São Paulo' O Estado de São Paulo, 10/6/1983
JAN/1987	'Mais mortes, mais desabrigados' O Estado de São Paulo, 28/1/1987
DEZ/1988	'A chuva parou São Paulo' Jornal da Tarde, 22/12/1988
JAN/1989	'Chuva forte alaga São Paulo' O Estado de São Paulo, 25/1/1989
FEV/1989	'Enchente, destruição e desabrigo' Jornal da Tarde, 10/2/1989
ABR/1989	'Inundação paralisa Anhangabaú' O Estado de São Paulo, 01/4/1989
JAN/1991	'Chuva provoca inundação em São Paulo' O Estado de São Paulo, 15/1/1991
FEV/1991	'Temporal transtorna a cidade' O Estado de São Paulo, 05/2/1991
MAR/1991	'Oito horas de chuva forte arrasam São Paulo' Folha de São Paulo, 20/3/1991

As estatísticas recentes apontam para um crescimento significativo dos pontos críticos de inundações na cidade. Em 1978 havia aproximadamente 125 desses pontos; em 1982 o número era da ordem de 246; e em 1991 esse número já atingia cerca de 420 pontos aproximadamente.

O Quadro 2 assinala a evolução dos pontos críticos de inundações na cidade de São Paulo, no período de 1978-1991.

**QUADRO 2 – EVOLUÇÃO DOS PONTOS CRÍTICOS DE ENCHENTES
NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO**

Período	Nº de pontos críticos	Acréscimo (%)
1978/79	125	-
1979/80	147	17,60
1980/81	185	25,85
1981/82	246	32,97
1991	420	70,74

Fonte: SEMPLA (1991).

Diante desses elementos, partiu-se para uma análise global da questão, com vistas a oferecer uma contribuição sobre as consequências desses episódios pluviais concentrados, projetadas na vida urbana.

Convém ressaltar que os efeitos negativos que geralmente acompanham episódios meteoroclimáticos são quase sempre enfatizados em inúmeras pesquisas. Em contrapartida, não devem ser negligenciados alguns aspectos benéficos para o meio ambiente.

Sem dúvida, as precipitações de caráter torrencial ocorridas sobre uma área urbana, contribuem para uma diminuição da quantidade de poeira em suspensão na baixa atmosfera e na dispersão de poluentes, propiciando (num primeiro momento) uma melhoria da qualidade ambiental; contudo, tal caráter de precipitação é menos eficaz no que diz respeito à ação despoluidora da troposfera, quando comparada com as de caráter contínuo.

Vale lembrar ainda a importância das precipitações torrenciais no tocante ao abastecimento dos recursos hídricos como um todo.

Portanto, seria oportuna a investigação desses fenômenos em seus diferentes aspectos, tais como a sua ocasionalidade, frequência, magnitude e ressonância (positiva ou negativa) sobre o espaço geográfico.

III MATERIAIS E MÉTODOS

O elemento utilizado como suporte para o desenvolvimento deste trabalho, consistiu dos dados pluviométricos anuais fornecidos pelo Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo (IAG-USP); pelo Centro Regional de Meteorologia e Climatologia de São Paulo, pertencente ao Ministério da Agricultura e Reforma Agrária (CRMCS/MARA); pelo sistema Regional de Proteção ao Voo de São Paulo (SRPV/SP) e Telecomunicações Aeronáuticas S.A. (TASA) pertencentes ao Ministério da Aeronáutica (MAER); e pelo Departamento de Águas e Energia

Elétrica de São Paulo (DAEE/SP), pertencente à Secretaria de Obras e Meio Ambiente de São Paulo (SOMA/SP).

Como referencial climático na área em estudo, optou-se pelas estações meteorológicas localizadas no Mirante de Santana, Água Funda, Cidade Universitária e Aeroportos de Congonhas e Guarulhos, complementadas pelos dados pluviométricos pertencentes ao DAEE.

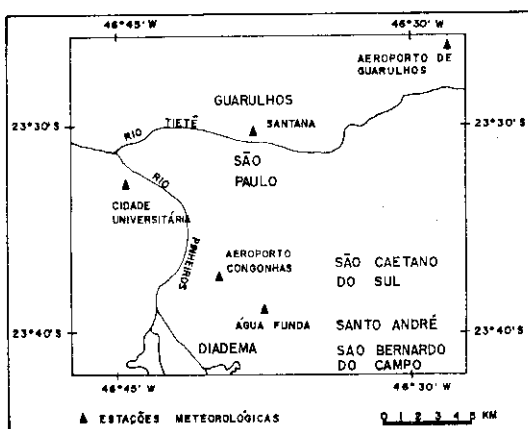


Fig. 2 - Localização das estações meteorológicas.

Para efeito de análise da variabilidade interanual da precipitação pluviométrica, recorreu-se aos totais de dados referentes à série de 1975 a 1990, para as cinco estações citadas (Fig. 3), enquanto que, para se verificar a intensidade dos eventos extremos no referido trimestre, utilizaram-se os dados diários da precipitação pluviométrica dos postos escolhidos.

Em complementação aos dados de superfície citados, foram empregadas cartas sinóticas diárias, fornecidas pelo Departamento de Hidrografia e Navegação do Ministério da Marinha (DHN/MM), referentes ao horário das 1 200 UTC e, após uma triagem, selecionaram-se aquelas que estavam diretamente vinculadas aos episódios críticos.

Como documentação de apoio, recorreu-se aos registros publicados pelos principais jornais de São Paulo (O Estado de São Paulo, Jornal da Tarde e Folha de São Paulo) que enfatizaram a dimensão do fenômeno no trimestre em estudo.

Para a verificação do alcance social das inundações, foram obtidos dados junto à Secretaria do Bem-Estar Social do Município de São Paulo (SEBES/PMSP), referentes aos locais afetados por inundações, desmoronamentos e desabamentos. De posse desses dados, partiu-se para a sua representação cartográfica (Fig. 4).

Para efeito de análise do trimestre escolhido, foram selecionados os eventos ocorridos nos dias 03, 04, 14 e 15, correspondentes a janeiro de 1991; dias 01, 04,

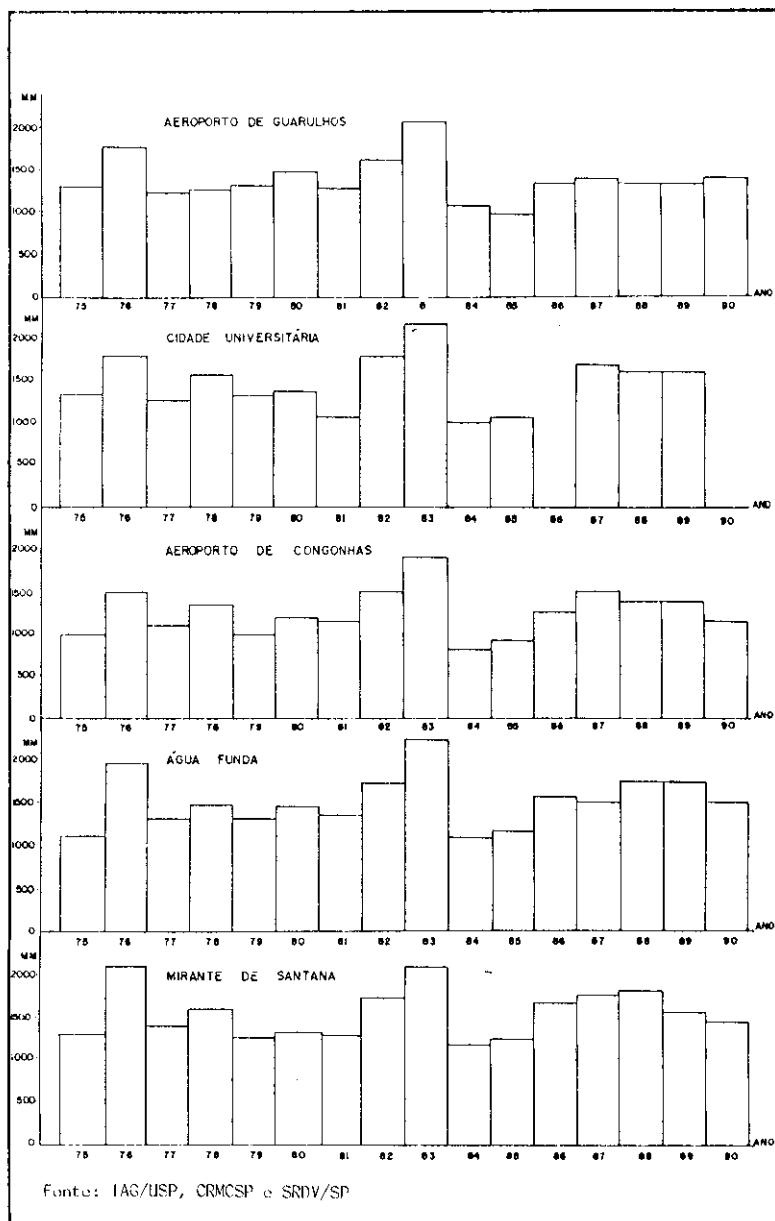


Fig. 3 - Alturas pluviométricas anuais.

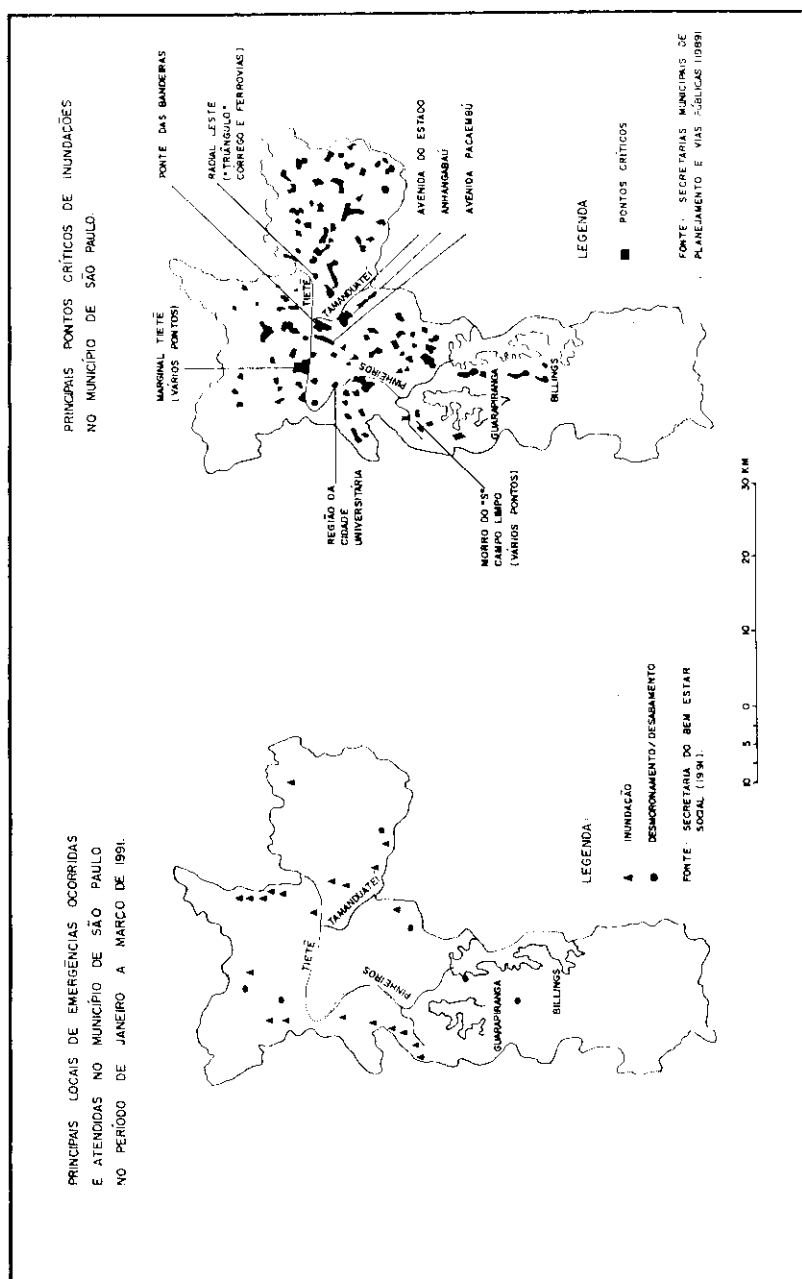


Fig. 4 - Locais afetados por inundações, desmoronamentos e desbastes.

05 e 06, correspondentes a fevereiro de 1991; e dias 04, 05, 11 e 19, correspondentes a março de 1991.

A escolha das datas mencionadas baseou-se, sobretudo, na ocorrência de precipitações que repercutiram no espaço urbano, com consequências calamitosas para a Região Metropolitana de São Paulo.

Devido à sua magnitude, o episódio referente ao dia 19 de março de 1991 mereceu maior destaque no transcurso deste trabalho. Para melhor compreensão desse episódio, recorreu-se às imagens dos satélites meteorológicos GOES (18/3/91, 1 800 UTC) e METEOSAT C 19/3/91, 1 430 UTC), para fins de complementação das informações sinóticas.

Posteriormente, utilizaram-se os dados de intensidade de precipitação obtidos junto ao radar meteorológico de Ponte Nova, pertencente ao DAEE e localizado no município de Biritiba Mirim (a 65 km a leste do município de São Paulo). O produto extraído para o desenvolvimento deste trabalho, obtido por meio das informações do radar é denominado CAPPI (Constant Altitude Plan Position Indicator), cujo programa possibilita o mapeamento das intensidades de precipitações médias ou máximas contidas num raio de aproximadamente 180 km, com um rastreamento no plano vertical entre as altitudes de 1,5 a 18,0 km.

A escolha do referido produto deveu-se à possibilidade do acompanhamento da evolução do sistema meteorológico sobre a área em estudo; para tanto, foram selecionados os CAPPI relativos às médias de intensidades de precipitação a uma altitude de 3,0 km e referentes aos seguintes horários: 05:13, 07:43, 09:03, 10:43, 12:43, 14:03, 15:03, 16:13, 16:53; 17:53: 18:43; 19:03 e 20:23 UTC.

Os dados dos postos pluviométricos possibilitaram a elaboração de carta de isoietas referente ao episódio em questão.

IV O SÍTIO URBANO NO CONTEXTO CLIMÁTICO REGIONAL

A Região Metropolitana de São Paulo está inserida, em linhas gerais, numa área de relevo pouco dissecado em relação ao seu entorno, abrangendo quase totalmente a bacia do alto Tietê, que se inscreve no quadro regional através de um compartimento de características singulares no Planalto Atlântico. A referida região é delimitada nas suas porções setentrionais e meridionais pelos terrenos cristalinos da Serra da Cantareira e da Serra do Mar, respectivamente, enquanto que o Planalto de Ibiúna corresponde ao seu limite, a oeste e o Planalto de Salesópolis, a leste.

A nível de compartimentação geomorfológica, AB'SABER (1957) identificou vários níveis topográficos caracterizados por diferentes feições, que se alternam entre maciços residuais, colinas de feições tabulares, patamares e rampas, colinas terraceadas, terraços fluviais e superfícies de acumulação.

Do ponto de vista altimétrico, a atual área atingida pelo processo da urbanização situa-se entre 720 a 800 m aproximadamente, sendo que as altitudes compreendidas entre 720 e 724 m correspondem ao nível dos talvegues e das planícies

de inundação.

A nível de sítio urbano de São Paulo, encontramos um mosaico de compartimentos geomorfológicos, sobressaindo-se, em primeiro plano, as colinas de topo aplainado correspondendo ao espigão central (Avenida Paulista), colinas de espigões secundários terraceados, patamares e rampas, antigos terraços fluviais e extensas planícies contíguas sujeitas a inundação.

Imprime-se, portanto, sobre esse sítio original as derivações resultantes do próprio dinamismo urbano (adensamento das edificações, impermeabilidade dos terrenos, formação de "canyons urbanos"), proporcionando, assim, significativas alterações sobre as propriedades físicas do ar acima da cidade.

Face à heterogeneidade topomorfológica imposta pelo sítio e acrescida das

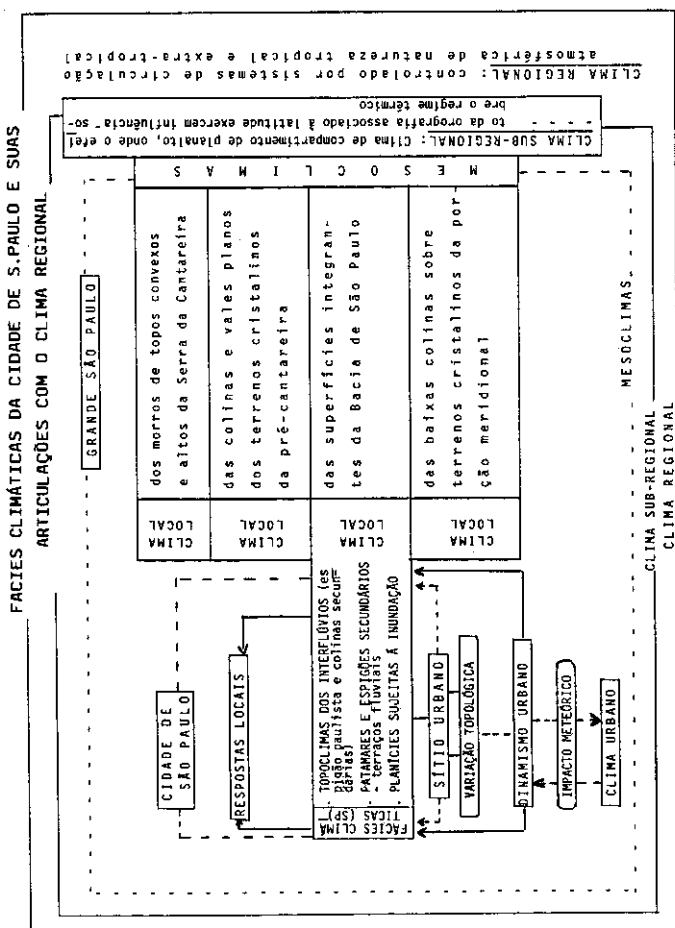


Fig. 5

derivações antrópicas, podem ser identificadas, no plano local, diferentes fácies climáticas embutidas no clima da cidade (topo e microclima). Na Fig. 5 podem-se evidenciar os diferentes níveis de organização geográfica do clima, desde o plano do clima local, até o seu enquadramento na escala regional.

O meio urbano assim configurado, ao nível das escalas inferiores do clima, produz respostas locais, onde os efeitos dos "impactos meteóricos" concentrados concorrem para uma desorganização expressiva do espaço urbano.

Do ponto de vista da dinâmica climática, a área em estudo situa-se numa faixa transicional, influenciada pela atuação de sistemas de circulação tropical e extra-tropical, além da participação dos sistemas de circulação secundários.

Os sistemas atmosféricos produtores do tempo na região estão relacionados à atuação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul e às influências da passagem do Anticiclone migratório Polar.

As características do tempo, associadas à participação do primeiro sistema, são marcadas por condições de estabilidade atmosférica em grande parte do ano e, em contrapartida, as perturbações de natureza frontal estão associadas às situações de instabilidade oriundas do confronto entre esses dois sistemas meteorológicos citados.

Na esfera local, os fatores do clima já mencionados, conjugados ao efeito da orientação do relevo (exposição das vertentes), da topografia e do uso do solo em geral concorrem para a caracterização da tipologia climática da área.

A situação geográfica em que se encontra a mancha urbana de São Paulo, em relação ao seu entorno, contribui para a formação de processos termodinâmicos peculiares, entre os quais se destaca a formação de ventos locais (catabáticos e anabáticos).

A área em estudo sofre ainda a freqüente penetração da brisa marítima, preferencialmente no início da tarde, atingindo inicialmente a sua porção mais ao sul, após a transposição da Serra do Mar, influenciando, de forma significativa, as condições de umidade, como também atenuando as condições térmicas na área urbana e, por vezes, gerando a ocorrência de precipitação.

Em paralelo, a intensificação do fenômeno da ilha de calor sobre a cidade propicia contrastes térmicos expressivos com a periferia, resultando numa circulação local convergente (periferia-área urbana).

Por ocasião dos meses de verão, o forte aquecimento da superfície é responsável pela intensa atividade convectiva que se instala sobre a cidade, acarretando a formação de células de instabilidade localizadas, gerando precipitações de caráter torrencial.

Trabalhos recentes realizados por KOUSKY e CASARIN, 1986; NOBRE, 1988; SATYAMURTI et alii, 1988, associam a atividade convectiva registrada no verão sobre o sudeste brasileiro à presença da Zona de Convergência do Atlântico Sul (Z.C.A.S.), nitidamente identificada nas imagens de satélites meteorológicos por uma longa faixa de nebulosidade sujeita a instabilidade e com orientação de NW-SE.

Convém ressaltar que, no período compreendido entre a primavera e o verão,

a participação das descontinuidades frontais proporciona a ocorrência de episódios pluviiais concentrados sobre a área em questão, sobretudo no momento em que ocorre o bloqueio dos sistemas frontais.

A nível de impacto meteórico, as chuvas intensas produzidas por "tipos de tempo especiais", constituem aquelas em que, num certo espectro rítmico, são capazes de produzir grandes distúrbios areolares, visto que o atual uso do solo intensifica o grau de comprometimento não só nas tradicionais áreas de risco (várzeas) mas também em outras, outrora não afetadas pelo fenómeno das inundações.

V ANÁLISE EPISÓDICA

A distribuição sazonal das chuvas sobre a Região Metropolitana de São Paulo apresenta dois períodos bem definidos, sendo o de maior concentração aquele compreendido entre outubro e março. Em que pese a marcha estacional das precipitações pluviométricas exibir um padrão semelhante ao regime pluviométrico do tipo tropical, contudo, não se define um período de estiagem do ponto de vista climatológico. Tal característica decorre, principalmente não só dos aspectos de natureza dinâmica, mas, também, em função do controle exercido pela orografia conjugada à sua posição latitudinal.

A maior parte da área de estudo está inserida na faixa compreendida entre as isoietas de 1 300 e 1 500mm anuais, aproximadamente.

No primeiro trimestre de 1991, foram registrados expressivos valores concernentes à precipitação pluviométrica na Grande São Paulo. Os três primeiros meses do referido ano registraram alturas pluviométricas na ordem de 310mm, 234mm e 471mm aproximadamente, com um total acumulado na ordem de 1 015mm para o primeiro trimestre (IAG/USP, 1991). Para efeito comparativo, a Fig 6 evidencia a magnitude da intensidade das chuvas ocorridas na área em estudo em relação à década anterior.

Os episódios críticos ocorridos no período de janeiro a março de 1991 foram associados, sobretudo, ao efeito da passagem de sistemas frontais sobre a área e que, por vezes, os referidos sistemas se mantiveram na condição de semi-estacionários sobre o Estado de São Paulo.

Tais eventos não estiveram associados a anomalias produzidas por sistemas de circulação atmosférica de escala global, como foi o caso das grandes precipitações pluviométricas no ano de 1983, principalmente sobre o Brasil meridional, que foram atribuídas ao fenómeno conhecido por El Niño. O referido fenómeno é considerado como um parâmetro de variabilidade interanual do clima em grande escala.

O vertiginoso grau de expansão urbana que vem se efetivando na Grande São Paulo desde os anos 60, tem contribuído de maneira substancial para a multiplicação dos locais susceptíveis ao fenómeno das inundações

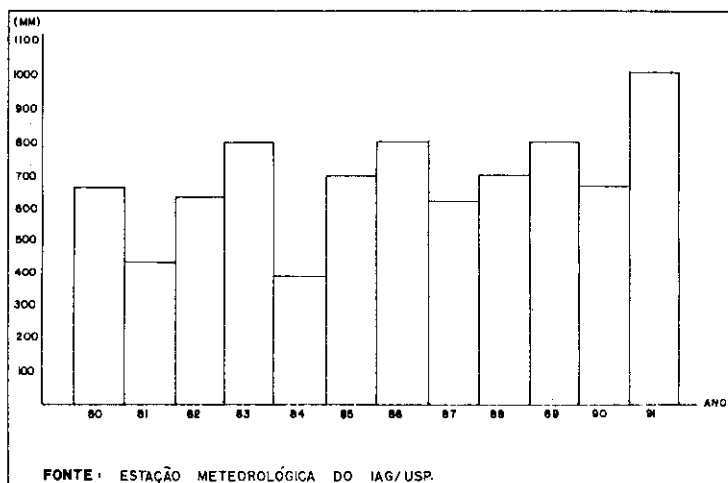


Fig. 6 - Alturas pluviométricas ocorridas nos meses de janeiro a março, no período de 1980 à 1991.

O Quadro 3 apresenta os principais eventos ocorridos nos diversos setores da Grande São Paulo e suas respectivas consequências no plano social. Os setores leste e sul da cidade de São Paulo constituíram-se naqueles mais afetados pelas inundações, sobretudo nos locais considerados como fundos de vale.

A atual infra-estrutura de que dispõe a área urbanizada não vem mais suportando o caráter torrencial das chuvas que, conjugado a fatores de intervenção antrópica, se manifesta diante deste quadro através da aceleração de processos erosivos, movimentos de massa, entupimentos de bueiros e rompimento de galerias pluviais antigas que, nessas circunstâncias, são subdimensionadas para captar o volume de água precipitada.

Nesses termos, projeta-se na vida urbana uma verdadeira situação de colapso nos diversos segmentos da sociedade que, por vezes, se manifesta por inúmeras perdas materiais e humanas.

Tais considerações reforçam o grau de imprevisibilidade com relação à intensidade dos efeitos emanados desses episódios.

Durante o período compreendido entre os dias 01/3 a 19/3/1991, o volume acumulado de precipitação pluviométrica foi de aproximadamente 310.6mm, enquanto que o normal das precipitações relativas ao mês de março é da ordem de 159.1mm aproximadamente. Ainda com relação ao mês de março do referido ano, constatamos que as chuvas que precederam ao episódio do dia 19, apesar de menos intensas, foram bastante eficazes na articulação e na manutenção de entraves para a vida urbana.

O dia 19 de março de 1991 registrou cerca de 121mm de precipitação na Estação Meteorológica da Água Funda (Zona Sul de São Paulo) e valores bastante

QUADRO 3 – EPISÓDIOS PLUVIAIS OCORRIDOS NA GRANDE S. PAULO E SEUS REFLEXOS SOBRE A CIDADE

DATA	SETOR MAIS Atingido	LOCOS	CONSEQUÊNCIAS REGISTRADAS	ABERTURA PLUVIOM. mm/24 h (*)	SITUAÇÃO SINÓTICA NO ESTADO DE S. PAULO
03.01.91	Zona Leste	Marginal Tietê, Tatupá, V. Camilo, V. Manchester, Pq. Maria Luiza	Alagamento das avenidas e residências	70.3	Frente fria com rápido deslocamento entre RS e SP.
04.01.91	Zona Leste	Proximidades do Corrego Aricanduva e na Avenida Radial Leste		21.1	
14.01.91	Zona Sul	Campo Limpo (Jd. M. Sampaio, Pq. Everest, Jd. Niterói), Santo Amaro (prox. Rio Jovibarba) Área central	103 famílias desabrigadas, desabamento de 20 residências e ruas e reatificação inundadas Paralisação do Sistema Ferroviário (CBTU) e ruas inundadas pelas rias Jiquiri e Euzebio	43.0 63.1	Sistema frontal atuando sobre o litoral de SP e RJ.
15.01.91	Francos da Rodovia				
01.02.91	Zona Sul	Campo Limpo e Capela do Socorro	3 pessoas mortas, 100 famílias desabrigadas, desabamento de casas e atividades agrícolas	24.0	Sistema frontal atuando na altura do litoral de SP
04.02.91	Toda a cidade	Marginal Tietê e Pinheiros, Avenidas Dr. Arnaldo, Pacaembu, 9 de Julho, 23 de Maio, Washington Luis, Ipiranga, Rebouças, Liberdade, Ricardo Jereb, Capela do Socorro, Capela Redondo	6 pessoas mortas, 263 pessoas desabrigadas, 15 pessoas feridas, atividades agrícolas, desabamento de casas e equipamentos por toda a cidade, 10% de cidade ficou sem energia elétrica, paralisação da linha Leste-Oeste do Metrô e interrupção da ponte aérea	26.5	Sistema frontal sobre SP atuando com extrema área de instabilidade.
05.02.91	Zona Leste	Av. Sapopemba, Av. Radial Leste	Desdobramento dos problemas do dia anterior	13.2	Sistema frontal em fase de dissipação na altura do litoral de SP
	Zona Sul	Campo Limpo, Santo Amaro, Av. República do Líbano	Desabamento de laje de galeria de águas pluviais	15.7	
06.02.91	Zona Leste	Avenida Radial Leste e proximidades do Corrego Aricanduva	Congestionamentos, interrupção no fornecimento de energia elétrica, veículos amassados pelas águas	33.5	Sistema de baixa pressão sobre o estado de SP, associado a mecanismo pre-frontal
04.03.91	Toda a cidade	Marginal Tietê e Pinheiros, Vale do Anhangabaú, Avenidas 23 de Maio, 9 de Julho, Versador José Diniz e Pacaembu, Lgo. do Socorro, Via Guilherme e Ipiranga	1 pessoa morta, 2 pessoas feridas, alagamento de avenidas e casas e interrupção da rede de telefonia	70.9	Sistema frontal sobre o estado de São Paulo
05.03.91	Toda a cidade de São Paulo	Marginal Tietê e Pinheiros, Av. Rebouças, Jardim Jaguari	1 pessoa morta, 13 desabamentos, inundação no Casaguar, atividades agrícolas e colapso no trânsito	8.8	Sistema frontal semi-estacionário sobre toda a região Sudeste
11.03.91	Toda a cidade	Vale do Anhangabaú, Av. 9 de Julho, Bairro do Jaguari, Pça. Panamericana, Corrego Pinheiros e Favela do Jaguari e Marginal Tietê	Congestionamento de 13 km na ponte da Av. Euzebio Marinho, colapso no trânsito, alagamentos sob as pontes, União, Freguesia do Ouricuri, queda de árvores e inundação de praças.	36.3	Sistema frontal sobre o Estado de São Paulo
19.03.91	Vários municípios da Grande São Paulo	Marginal Tietê e Pinheiros, Estrada da USP, Ipiranga, Butantã, Av. Pacaembu, Pq. D. Pedro II, Saco-Bernardo do Campo, São Carlos do Sul, Diadema, Pinheirinho e Mauá	20 pessoas mortas, 100 pessoas desabrigadas, grandes congestionamentos em S.P., transbordamento do rio Tietê, desabamentos e inundações de casas, serviços públicos, interrompidos, 12000 chamadas ao Corpo de Bombeiros, calamidade no ABC paulista.	121.0	Chegada rápida de sistema frontal que se encontrava sobre o RS e cujo núcleo se deslocou e atingiu a grande São Paulo na madrugada de 19.03.91.

(*) Estação mais próxima do evento.

expressivos (superiores a 50 mm) na maioria dos postos pluviométricos da área em estudo. As oito horas de chuvas intensas registradas sobre a Grande São Paulo, concentradas mais precisamente entre os horários de 05:40 às 13:37, aproximadamente, foram suficientemente satisfatórias para proporcionar as maiores inundações já registradas nos últimos doze anos na região compreendida pelo ABC Paulista, além de afetarem substancialmente as operações de pouso e decolagem nos aeroportos.

O quadro sinótico sobre o Estado de São Paulo apresentou, por aquela ocasião, a penetração rápida de um sistema frontal que se encontrava em processo de oclusão nas imediações do litoral do Rio Grande do Sul no dia anterior (18 de março). Tal sistema coincidiu com a presença da zona de Convergência do Atlântico Sul sobre o sudeste brasileiro, que pode ser constatada através das imagens de satélites meteorológicos, ver figura 7.

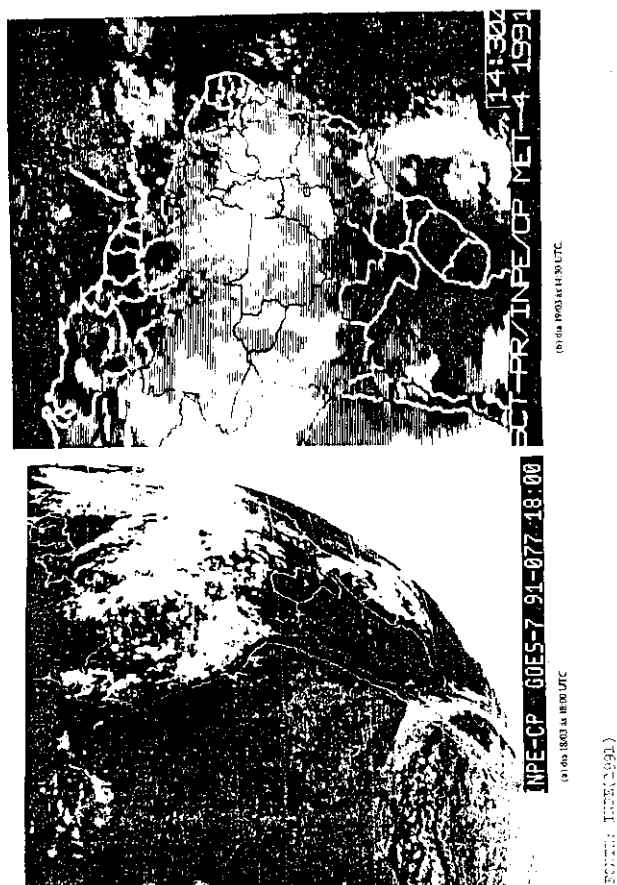


Fig. 7 - Imagens do canal infravermelho.

Ainda em relação ao dia 19 de março, o acompanhamento da entrada e evolução do sistema frontal sobre o Estado de São Paulo pode ser avaliado nos 3 CAPPI que registraram as taxas de precipitação para os horários de 05:13, 12:43 e 18:43 UTC (Figs. 8a, 8b e 8c).

Os referidos CAPPI foram adaptados, para uma melhor representação das intensidades de precipitação ocorridas para aqueles horários, sendo que a maior concentração pluviométrica pode ser observada na Fig. 8b, que corresponde ao horário das 09:43 local.

As chuvas registradas na data mencionada (19/03) para aquela estação (Água Funda), representaram cerca de 23,8% do total das alturas pluviométricas para todo o mês de março, conforme pode ser observado na Fig. 9.

A situação de calamidade que a região metropolitana vivenciou naquela ocasião ressalta uma situação conflitante entre o desenvolvimento urbano desordenado em contrapartida com a falta de um programa efetivo de controle das inundações urbanas por parte daqueles que detêm o poder nas suas diferentes esferas.

Faça a esses entraves, verifica-se que o número de pessoas atingidas por essa situação emergencial tem sido cada vez mais expressivo, conforme os dados constantes nos arquivos da Secretaria Municipal do Bem-Estar Social do Estado de São Paulo.

As questões aqui suscitadas nos levam a refletir sobre o significado do sítio urbano como recurso natural e patrimônio ambiental de fundamental importância sobre o qual se edificou a paisagem urbana atual. Para tanto, é necessário uma política disciplinadora sobre as diferentes formas de uso e manejo do solo urbano.

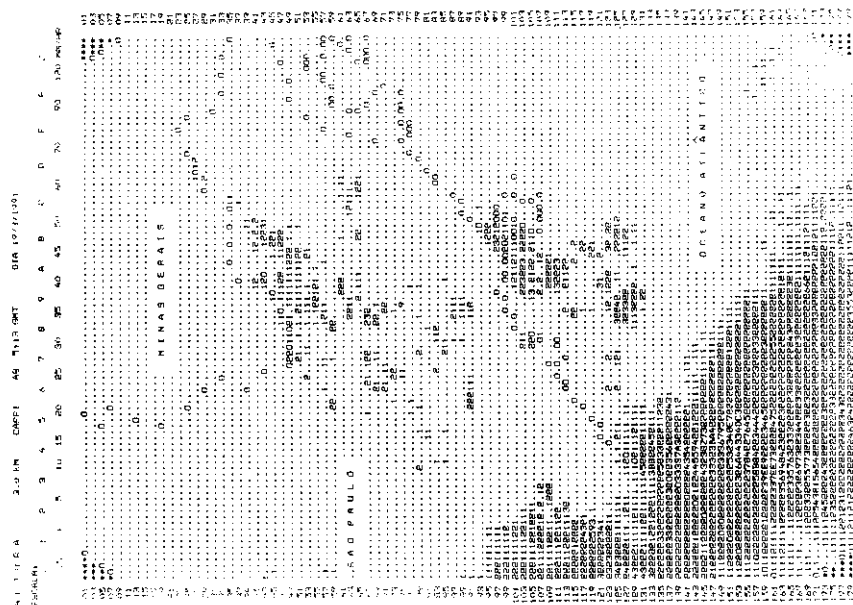


Fig. 8a.

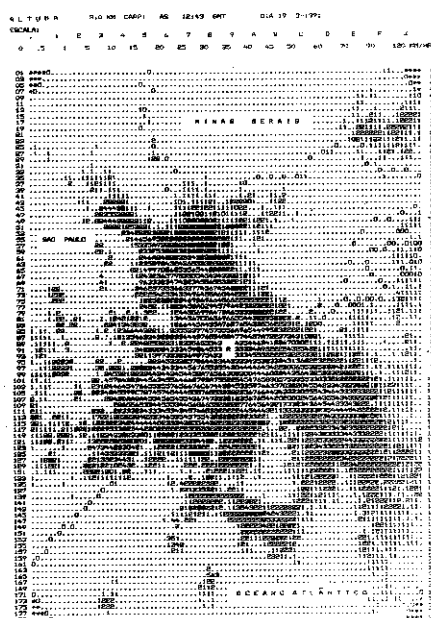


Fig. 8b.

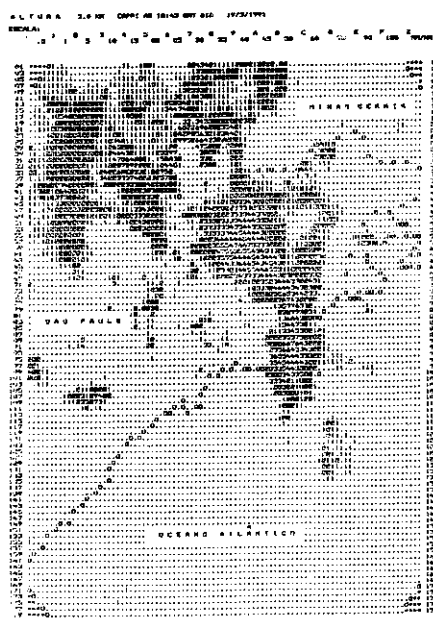


Fig. 8c.

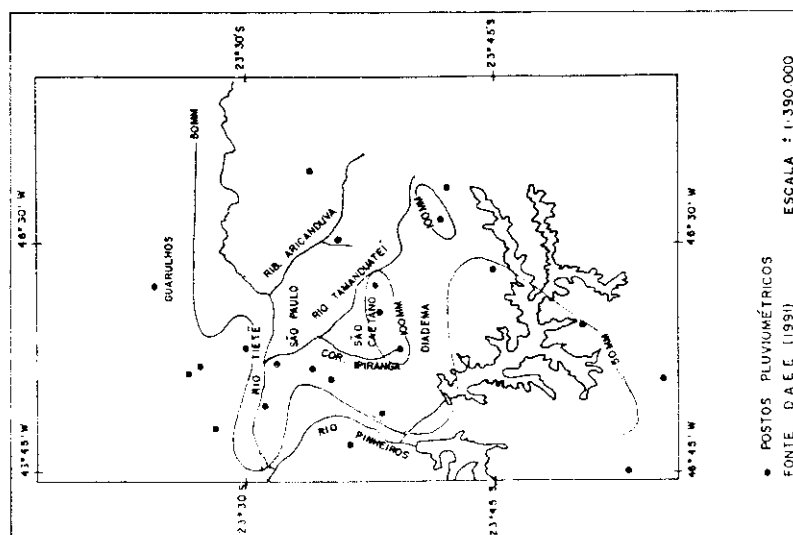


Fig. 8d. - Cartas de isoietas 19 de março de 1991

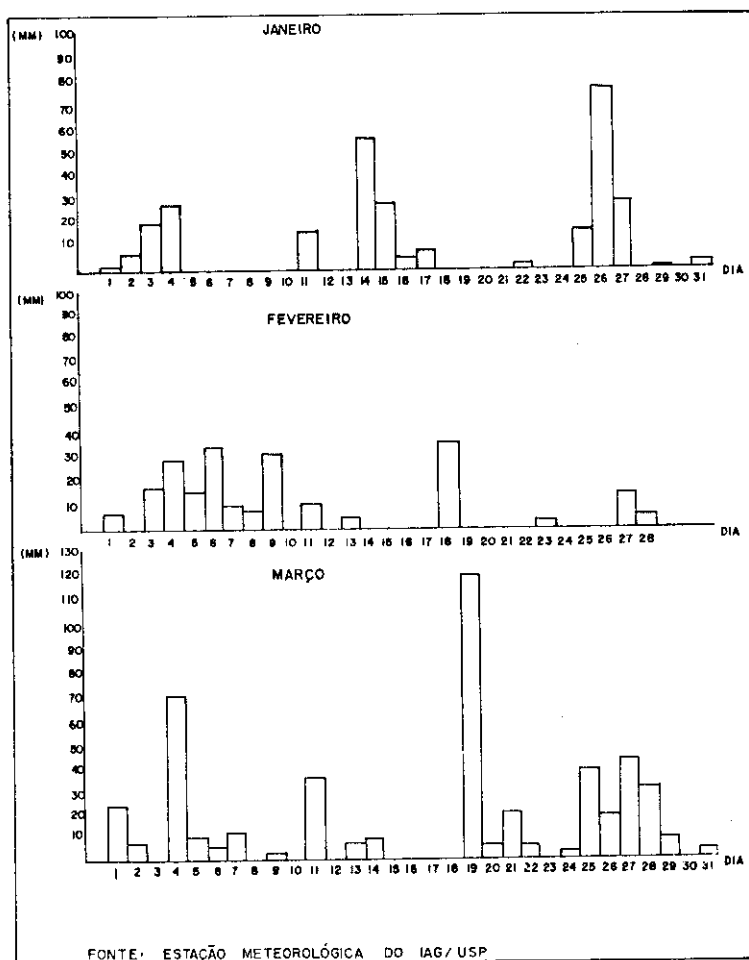


Fig. 9 – Alturas pluviométricas diárias ocorridas nos meses de janeiro, fevereiro e março.

VI CONSIDERAÇÕES FINAIS

A gênese das grandes inundações que atingem inúmeras áreas urbanas situadas em latitudes tropicais não são oriundas somente de totais pluviométricos elevados, mas, sobretudo, da ação antropogênica que se inscreve, na maioria das vezes, de forma inadequada sobre o espaço físico.

Face a essa questão, a sociedade cada vez mais propicia uma pluralidade de áreas susceptíveis ao fenômeno das inundações; por outro lado, apesar do avanço tecnológico com relação ao monitoramento e previsão meteorológica para essas situações, constatamos que existe um descompasso no que se refere à imprevisibilidade decorrente das consequências daqueles fenômenos sobre o espaço urbano. As inundações decorrem de inúmeros fatores, dentre os quais um solo altamente impermeabilizado e incapaz de absorver rapidamente uma grande quantidade de chuvas de caráter torrencial. Este fato favorece a ação das enxurradas no transporte de toda qualidade de entulhos e resíduos provocando o entupimento das bocas de lobo e o assoreamento das galerias pluviais subterrâneas, possibilitando a estagnação das águas e, conseqüentemente, gerando inundações nos locais topograficamente mais baixos.

As inundações verificadas na Grande São Paulo vêm apresentando, principalmente nas últimas duas décadas, um elevado grau de recorrência e com significativa repercussão no quadro social, suscitando cada vez mais um interesse multidisciplinar pela questão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A.N. Geomorfologia do sítio urbano de S. Paulo. *Bol. da Fac. de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de S. Paulo*, n. 12, S. Paulo, 1957.
- AMARANTE, A.P. Problemas da Erosão e do Escoamento das águas na cidade do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Geografia*, IBGE, 1960. V. 22, n. 4, p. 637-650.
- ATKINSON, B.W. The Effect of an Urban area on the Precipitation from a moving thunderstorm. *J. Appl. Meteorol.*, n.10, p.47-55, 1971.
- _____. Urban effects on precipitation: An investigation of London's influence on the severe storm in August 1975. Occasional Paper 8, 31 pp, Department of Geography, Univ. of London, 1977.
- BELFORT de Matos, J. N. O clima de São Paulo, Serviço Meteorológico do Estado de S. Paulo 1925.
- BORDREUIL, C. Influence de l'urbanisation sur la pluviometrie de la Region Marseillaise, *La Meteorologie*, n. 9, p. 91-100, 1977.
- CHANDLER, T.J. The Climate of London, Hutchinson University Library Publishers Londres, 1965.
- CHANGNON, S.A. Recent studies of Urban effects on precipitation in the United States, *Bull. American Meteorol. Soc.*, n. 50, p.411-421, 1969.
- CRISTOFOLLETTI, A. Concepções geográficas na análise do sistema ambiental. II ENESMA, (3) Conferências e Painéis, 206-218, Florianópolis, SC, 1989.
- CONTI, J.B. Urbanização e Poluição: o caso de S. Paulo. *O Estado de São Paulo*, São Paulo, 19/nov./1978. Suplemento Cultural.
- CONTI, J.B. Crescimento urbano e mudanças climáticas *O Estado de S. Paulo*, São Paulo, 09 set. 1979. Suplemento Cultural.
- FRANÇA, A. Estudo sobre o clima da bacia de S. Paulo. Boletim LXX da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras (FFCL) da USP, n.1, p.59,1946.
- GOMES, A.M. Distribuição espacial da precipitação e sua variabilidade na bacia hidrográfica

- do alto Tietê. São Paulo, 1984. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo, 1984.
- HARNACK, R.P. et al. Selected cases of convective precipitation caused by the Metropolitan area of Washington J. Am. Meteorol. n. 14, p.1050-1060, 1975.
- HUFF, F.A. CHANGNON, J.R. Climatological Assessment of Urban effects on precipitation at St. Louis. J. Appl. Meteorol. n.11, p.823-842, 1972.
- JONES, P.A. JIUSTO, J.E. Some local Climate trends in four cities of New York State. J. Appl. Meteorol. n.19,p.135-141, 1980.
- JUNOT, L.R. Estudo da Temperatura da cidade de S. Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA, 9., 1940. ANAIS... Florianópolis, 1940. v.2,p.460-488.
- _____. As chuvas da cidade de S. Paulo. *Arquivo de Higiene e Saúde Publica*, v.8, n.18, p.9-90, 1943.
- KOUSKY, V.E. e CASARIN, D.P. Anomalias da precipitação no sul do Brasil e variações na circulação atmosférica. *Revista Brasileira de Meteorologia*, n.1,p.83-90, 1986.
- LANDSBERG, H.E. *The Climate of Towns: Man's role in changing the face of Earth* Chicago: The University of Chicago Press, 1956.
- LOMBARDO, M.A. *Ilha de Calor nas Metrôpoles: O exemplo de S. Paulo*. São Paulo: Hucitec, 1985.
- LOMBARDO, M.A., et. al. A expansão urbana da cidade de São Paulo e a variação temporal da temperatura. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE MEIO AMBIENTE, 2., 1989. ANAIS... Florianópolis, UFSC, 1989. v.1, p.13-21.
- LOWRY, W.P. The Climate of cities. *Sci. American*, n.217; p.15-23, 1967.
- MONTEIRO, C.A.F. Environmental problems in S. Paulo metropolitan area: the role of urban climate with special focus on flooding. Symposium on Geographical Aspects of Environmental problems in Highly Urbanized territories. 24 th International Geographical Congress. União Geográfica Internacional, Japan, 1980.
- _____. A dinâmica climática e as chuvas no Estado de S. Paulo. *Estudo geográfico sob forma de Atlas* F.F.C.L. de Rio Claro, 1964.
- NOBRE, C.A. Ainda sobre a Zona de Convergência do Atlântico Sul: A importância do Oceano Atlântico. *Climanálise*, v.3, n.4. p.30-33, 1988.
- OCCHIPINTI, A.G. SANTOS, P.M. *Análise das máximas intensidades de chuvas na cidade de S. Paulo*. São Paulo: Instituto Astronômico e Geofísico (IAG) USP, 1965.
- OLIVEIRA, M.C. de FIGUEIRÔA, S.F.M. Enchentes em S. Paulo, um problema do século passado. *Revista do Instituto Geológico*, n. 5, p.55-58, 1984.
- PASCHOAL W. - As inundações no Cambuci: percepção e reação do habitante e usuário de uma área central da metrópole a um de seus problemas mais sérios. São Paulo, 1982. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1982.
- PASTORINO, J.A. O problema das enchentes na região de S. Paulo *Caderno de Ciências da Terra*, n.19, 1971.
- RAYKOWSKI, J.A.S.A. Acumulações extremas de precipitação em São Paulo no período 1975-1980: Estudo sinótico de casos individuais. São Paulo, 1983. (Dissertação de Mestrado em Meteorologia) – Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo, 1983.
- RIBEIRO, A.G. Seca, geada e incêndios no ano de 1963. *Boletim de Geografia da Universidade Estadual de Maringá*, v.2, n.2, p.24-30, 1984.
- ROSA, F.S. *Metrópole e representação cartográfica: o sistema cartográfico metropolitano de São Paulo*. São Paulo, 1989. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia

- Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1989.
- SANDERSON, M. et al. Three aspects of the urban climate of Detroit – Windson *J. Appl. Meteorol*, n. 12, p.629-638, 1973.
- SANDERSON, M. & GORSKI, R. The effect of Metropolitan Detroit - Windson on precipitation *J. Appl. Meteorol*, n. 17, p.423-427, 1978.
- SATYAMURTI, P. et al. Zona de Convergência do Atlântico Sul. *Climanálise*, v.3, n.3, p.31-35, 1988.
- SOARES, J.R. DIAS, M.A. F.S. Probabilidade de ocorrência de alguns eventos meteorológicos extremos na cidade de S. Paulo. *Revista Brasileira de Meteorologia* (n. 1, p.67-75, 1986.
- SORRE, M. Les fondements biologiques, les fondements de la géographie humaine 3. ed. Paris, Armand Colin, 1951, Tomo 1.
- TARIFA, J.R. Sobre um programa de Climatologia Experimental na região metropolitana de S. Paulo. *Boletim Paulista de Geografia*, n. 52, p.101-116, 1976.
- TOLEDO, G.S. Tipos de tempo e categorias climáticas na bacia do alto Tietê: ensaio metodológico. São Paulo, 1973 Tese (Doutorado em Geografia).