RESIDUAIS DE APLAINAMENTOS NA "CHAPADA" DOS VEADEIROS - GOIÁS

Maria Novaes Pinto *

SUMÁRIO

1 — Introdução
2 — O quadro natural
3 — Características geomorfológicas
4 — Características dos residuais
5 — Conclusões
6 — Bibliografia

1 — INTRODUÇÃO

A origem das superfícies aplainadas no Centro-Oeste brasileiro tem sido um tema de interesse para geomorfólogos, geólogos, pedólogos e botânicos, porque a sua presença na paisagem está relacionada com a ocorrência de solos latossólicos, laterita e vegetação de cerrados. A literatura especializada considera essas superfícies, como tendo sido modeladas durante fases de pediplanação. Em estudos recentes, Novaes Pinto (1985a, 1985b) e Novaes Pinto & Carneiro (1984), analisando as superfícies de aplainamento na região de Brasília, concluem pela ocorrência de processos de etchplanação, durante condições tropicais no Terciário, que resultaram na formação de duas superfícies de aplainamento tipo *"etch"*, de topografia plano-ondulada, enquanto que, embutidos nos vales, encontram-se testemunhos de um pediplano, formado por processos de pedimentação e pediplanação em condições de semi-aridez, durante o Plioceno e início do Pleistoceno.

Em virtude das áreas de Brasília e "Chapada" dos Veadeiros constituírem o chamado "espinhaço Brasília-Veadeiros" (Departamento Nacional de Produção Mineral — DNPM 1976; 1971), considera-se fundamental um estudo comperativo das características geomorfológicas, tanto quanto à gênese, como quanto à distribuição espacial das super-

* Doutora em Geografia, Professora Adjunto da Universidade de Brasília. A autora consigna seus agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo suporte por intermédio de auxílio pesquisa, e ao Instituto Superior de Cultura Brasileira, Rio de Janeiro, a oportunidade pela sua participação nos trabalhos de prospecção arqueológica, realizados na chapada dos Veadeiros, em julho de 1982.

fícies cenozóicas. A "Chapada" dos Veadeiros forma a parte superior daquele "espinhaço". Importante divisor de águas, ela está drenada por tributários dos rios Maranhão e Paranã, formadores do rio Tocantins. Constitui-se de superfícies aplainadas, seja como assoalhos levemente inclinados entalhados por veredas ou dissecados por canais fluviais permanentes, ou como residuais isolados, tipo inselbergues, ou serras de topos aplainados.

O presente estudo visa realizar uma análise das características geomorfológicas na "Chapada" dos Veadeiros, baseada na interpretação de imagens de radar, com apoio de uma carta hipsométrica, e controle de campo. Definiram-se os padrões de identificação nas imagens pela conjugação das feições da cobertura vegetal com os elementos de subsuperfície (solo, água, rocha). As superfícies de aplainamento são, então, consideradas, seguindo-se os limites geográficos dos padrões. Utilizando-se as imagens de radar SD.23-V-A e SD.23-V-C, na escala de 1:250.000, construiu-se uma carta de residuais dos aplainamentos, para a área em estudo. A partir das folhas SD.23-Y-A-I (Alto Paraíso de Goiás), SD.23.Y-A-II (Flores de Goiás), SD.23-Y-A-III (São João da Aliança), SD.23-V-C-IV (Araí) e SD.23-V-C-V (Cavalcante), editadas pelo Serviço Geográfico do Exército, na escala 1:100.000, com eqüidistância de 40 metros entre as curvas de nível, foi confeccionada uma carta hipsométrica para a região.

O centro das operações de campo foi a Cidade de Alto Paraíso de Goiás, localizada a cerca de 1.280 metros de altitude. A partir daí, realizaram-se várias excursões nas direções oeste, para a área do Parque Nacional, e para os vales dos ribeirões das Cobras, São Miguel, São Joaquim, e do rio Preto; para leste, contornando a Serra Geral do Paranã, rumo aos vales dos rios São Bartolomeu e Macacão, da bacia do Paranã; para nordeste, via Terezina, até a localidade de Porto Real, às margens do rio Paranã; e para sul, em direção à Cidade de São João da Aliança.

2 — O QUADRO NATURAL

A área em estudo, localizada entre as coordenadas de 13°45' e 14°45'L.S, e de 47°00' e 48°00'L.W (Figura 1), com aproximadamente 13 mil km^2, possui clima semitropical, tipo Aw de altitude, segundo classificação de Köppen; esse tipo de clima se caracteriza por temperaturas médias situadas entre 21° e 22°C, e um regime pluviométrico de longo período de estiagem e chuvas torrenciais de verão. A vegetação predominante é o cerrado, constituído por cerrado propriamente dito, cerradão, campos, mata ciliar e veredas. As superfícies dissecadas possuem mata ciliar mesófila, acompanhando os vales. Nas áreas onde as superfícies são entalhadas por veredas, ocorre uma vegetação hidrófila, com palmeiras típicas, conhecidas por buritis (*Mauritia vinifera Mart.*); à medida que a drenagem se define, a vereda passa a ser substituída pela mata ciliar. Circundando as veredas, em áreas pouco encharcadas, aparece uma vegetação rasteira, com predomínio de ciperáceas; nas áreas secas, espalha-se o cerrado e o cerradão.

Devido a intensa lixiviação e lateritização, os solos são pobres em nutrientes, e muito ácidos. Os solos latossólicos e a laterita cobrem as extensas superfícies e áreas pouco dissecadas. Nos seus bordos ocorrem

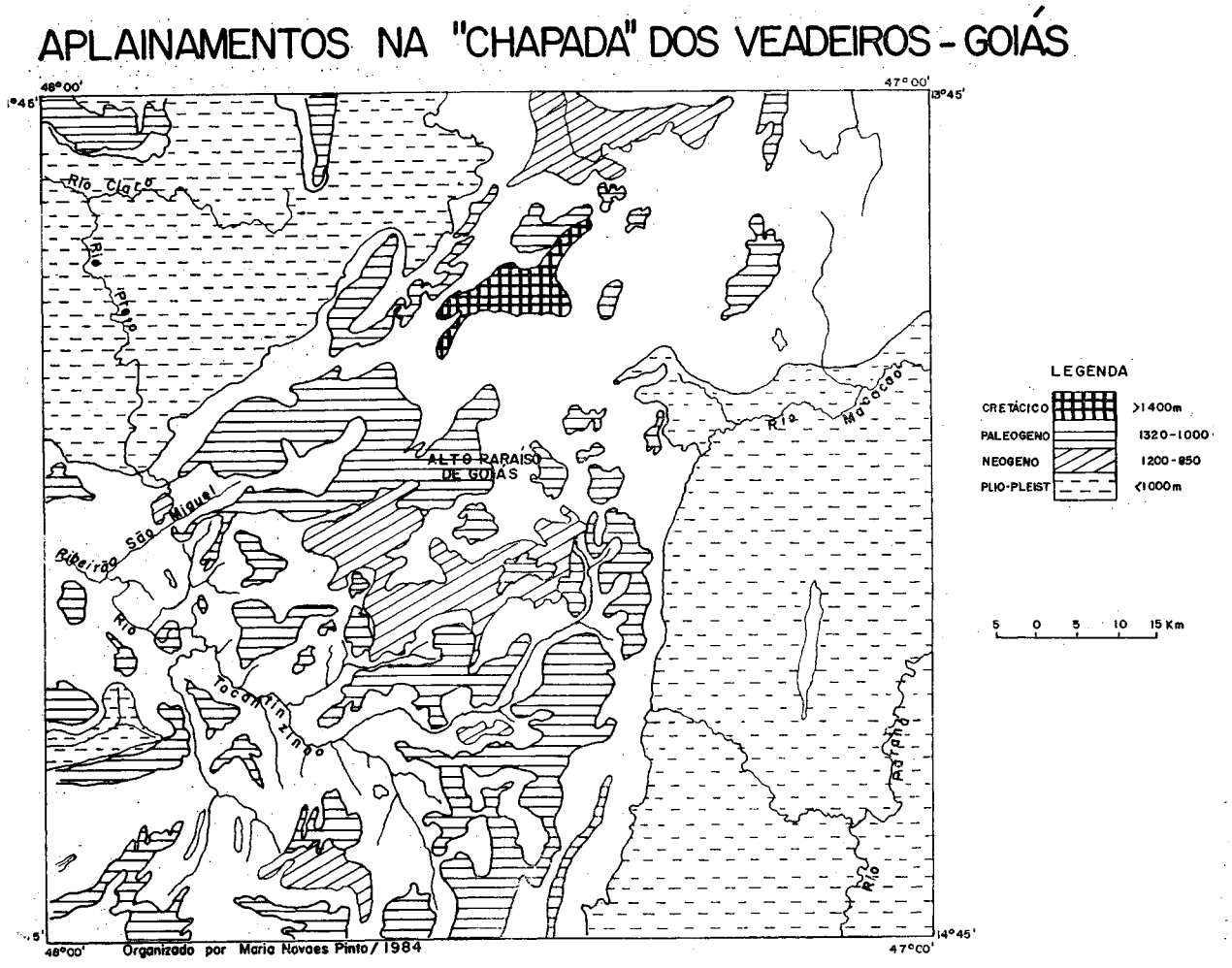

FIGURA 1

regolitossolos pedregosos, com concreções lateríticas e fragmentos de rochas semi-alteradas. É comum encontrar-se o saprólito lateritizado, que aparece em pequenas pastilhas lateríticas sobre xistos e filitos. Nas encostas dos maciços graníticos pode formar-se latossolo mais profundo, onde se desenvolve um cerradão. No sopé das escarpas lateríticas e sobre áreas de quartzitos, existem extensas coberturas arenosas elúvio-coluviais, conhecidas como "areiões" (DNPM, 1981).

A "Chapada" dos Veadeiros é constituída por rochas do Pré-Cambriano "B" (1.100 — 1.700 m. a.) dos Grupos Paranoá e Bambuí, e do Pré-Cambriano "A" (570 — 1.100 m. a.) dos Grupos Araí e Araxá, que estão assentadas sobre rochas migmatitognáissicas e diatexíticas do Pré-Cambriano Indiferenciado do Complexo Basal (Almeida, 1967). O Grupo Paranoá é formado por quartzitos (arenitos quartzíticos) interestratificados com metassiltitos, filtros e argilitos, e conglomerado basal. O Grupo Bambuí constitui-se da Formação Paraopeba, com sedimentos pelítico-carbonáticos com predominância de margas, calcários, e argilitos com ocorrência de quartzitos e arcóseo, e conglomerado basal; e da Formação Três Marias, de arcóseos finos a médios, raramente grosseiros e calcíferos, siltitos e argilitos.

As rochas do Grupo Araí constituem a Formação Arraias, com quartzitos médios a grosseiros, metassiltitos, filitos, arcósios e muscovita-xistos; e a Formação Traíras, com quartzitos finos a grosseiros, metassiltitos, filitos, calco-xistos e calcários. Essas rochas originaram um empilhamento de camadas metamórficas, apresentando-se como uma área bastante acidentada, nas cotas de 300 a 1.300 metros. É o que se verifica na parte setentrional da "Chapada", ao longo do seu bordo oriental, e nas serras onde nascem os rios Preto, Claro, das Almas, Santo Antônio, e das Pedras. O contato do Grupo Araí com o Grupo Paranoá se faz com os metassiltitos, muitas vezes discordantemente. O mais expressivo contato ocorre na margem direita do ribeirão São Miguel, afluente do rio Tocantinzinho, da bacia do rio Maranhão, onde há um conglomerado basal com espessura local de até 1.000 metros. Em Alto Paraíso de Goiás, margas e calcários da Formação Paraopeba estão diretamente em contato transgressivo com as rochas do Grupo Araí, geralmente com um conglomerado basal (DNPM, 1981).

A escarpa da Serra Geral do Paranã, que constitui o limite oriental da "Chapada" dos Veadeiros, está condicionada a uma falha de empurrão que se estende de Formosa, à nordeste do Distrito Federal, até Alto Paraíso de Goiás. Essa falha coloca os quartzitos do Grupo Paranoá sobre os arcóseos da Formação Três Marias, os quais acham-se lateritizados. Do sopé dessa escarpa para leste, desenvolve-se a planície aluvial do rio Paranã.

3 — CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS

A morfologia da "Chapada" dos Veadeiros evidencia-se por extensas superfícies escalonadas, consideradas pela literatura geomorfológica e geológica como extensos pediplanos. Isto devido ao trabalho de King (1956), que determinou relevos extensamente aplainados e áreas dissecadas, ambos de um mesmo ciclo de erosão, escalonados segundo planos paralelos à linha do horizonte. Braun (1971) aplicou as conceituações das superfícies cíclicas de King para o Brasil Central, utilizando fotografias aéreas e cartas geológicas e topográficas. Braun considerou também algumas altas elevações da "Chapada" dos Veadeiros como inselbergues subsistentes de relevo Pós-Gonduano, já muito rebaixados nos pediplanos Sul-Americanos.

No Projeto Brasília (DNPM, 1981), lê-se, à página 17, que nas terras altas das cabeceiras dos rios Maranhão e Paranã, encontram-se restos de uma antiga superfície de aplainamento, nas cotas 1.300-1.400 metros, que provavelmente correspondem ao que King (op. cit.) chamou de Superfície Gonduana, de idade provável cretácea inferior, sendo este o mais alto pediplano que se encontra no Brasil Central, cujos restos são encontrados na "Chapada" dos Veadeiros. Mais adiante, página 18, lê-se que, nas cabeceiras de muitos tributários do rio Maranhão, notam-se restos de uma superfície aplainada, na cota atual de 1.050 a 1.150 metros, que também corresponde ao pediplano Pós-Gonduano, e que as maiores extensões desse pediplano se encontram, entretanto, ao longo do "espinhaço Brasília-Veadeiros", no trecho sul da Cidade de Alto Paraíso de Goiás.

A partir de observações de campo e da interpretação de imagens de radar da área em estudo, e com base nos resultados dos estudos sobre as superfícies de aplainamento na região de Brasília (Novaes Pinto; Novaes Pinto & Carneiro, op. cit.), procura-se determinar a origem e a atual extensão dos residuais de aplainamentos na "Chapada" dos Veadeiros, considerando-se a presença de latossolos e laterita em alguns níveis topográficos, bem como as relações entre a rocha e o material detrítico superficial desses mesmos níveis. Aqueles residuais são constituídos por latossolos e laterita, que evoluíram através de processos de aplainamento tipo *"etch"*, sobre uma superfície cretácica de caráter regional; esses processos ocorreram sob condições tropicais durante o Terciário, em áreas de rochas friáveis e em zonas de fraqueza de rochas resistentes dobradas e falhadas, devido a lixiviação elevada, lateritização intensa, e intemperismo químico na zona de saturação.

4 — CARACTERÍSTICAS DOS RESIDUAIS

A topografia da "Chapada" dos Veadeiros é constituída de níveis escalonados, nas altitudes médias de 1.540, 1.450, 1.250, 1.100 e 850 metros. Como se observa na figura 1, a área possui residuais de quatro superfícies de aplainamento. A mais elevada, acima de 1.400 metros, corresponde ao testemunho de uma ampla superfície de idade cretácica; uma superfície de idade paleogênica, em cotas que variam de 1.320 a 1.000 metros; uma superfície neogênica, embutida na superfície paleogênica, entre as cotas médias de 1.200 e 850 metros; e um pediplano pliopleistocênico, com variados níveis de dissecação, inclinado para os principais talvegues da área; a sua altitude é sempre inferior a 1.000 metros.

4.1 — Residual cretácico

Ao norte da Cidade de Alto Paraíso de Goiás, encontra-se a área mais elevada da "Chapada", de direção SO-NE, em cotas superiores a 1.400 metros. Na altitude média de 1.500 metros, esse residual forma espigões, por estar sulcado por veredas. Em geral, está constituído por morros e serrotes, formados por rochedos nus de quartzitos "Araí", os quais, desde o Mesozóico Superior, formam inselbergues que vêm sendo continuadamente remodelados (DNPM, 1969). Os afloramentos rochosos e morros isolados constituem interflúvios das bacias do rio Tocantins, para sul e sudeste, e do rio Paranã, para norte.

4.2 — Superfície paleogênica

Modelada essencialmente em rochas quartzíticas dos Grupos Paranoá e Araí, essa superfície, constituída por latossolos e laterita, apresenta-se como um assoalho levemente inclinado para as principais drenagens da área, onde sobressaem formas em inselbergues, cristas monoclinais e serras de topos aplainados. Tem sua origem relacionada ao intemperismo químico, que propiciou a formação de uma cobertura detrítica nas áreas de rochas menos resistentes; posteriormente parte

dessa cobertura foi retirada, deixando aflorar a superfície rochosa. Os topos aplainados das serras que emergem do assoalho testemunham o nível do aplainamento original em rochas resistentes à erosão. Exemplos desses residuais são as serras da Boa Vista e do rio Preto, em quartzitos Araí, e as serras Almécegas, das Cobras, do Ferro de Engomar, Conceição, do Segredo e do Silêncio. As duas últimas, de direção SO-NE, são modeladas em metassiltitos e quartzitos finos do Grupo Paranoá. A oeste da Cidade de Alto Paraíso de Goiás, o assoalho está retrabalhado por drenagem quaternária, com entalhe por veredas em vários estágios, apresentando a palmeira buriti em solos hidromórficos, e campos de murundus (Figura 2). Aí estão localizadas as nascentes dos ribeirões das Cobras e Almécegas, e do rio dos Couros, da bacia do rio Tocantinzinho. A leste da Cidade, a superfície encontra-se dissecada pelas nascentes do rio São Bartolomeu, afluente do rio Macacão, da bacia do Paranã. O seu limite oriental se deve ao tectonismo e ao contato estrutural entre rochas resistentes dos Grupos Araí e Paranoá, com rochas tenras do Grupo Bambuí.

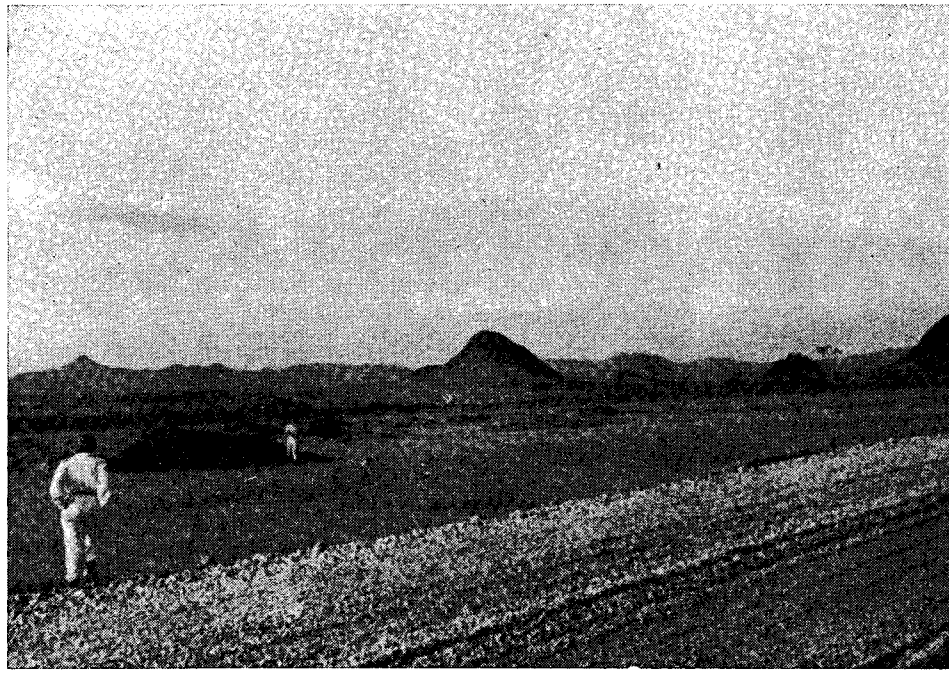

FIG. 2 — Assoalho da superfície paleógena, tipo *"etch"*, capeado por laterita e latossolos, de onde sobressaem relevos em formas variadas e topos regulares. Pedimentos cobrem os sopés dos residuais. A superfície encontra-se entalhada por veredas

4.3 — Superfície neogênica

Residuais dessa superfície encontram-se embutidos na superfície paleogênica, com a qual apresenta descontinuidades. Modelada em rochas tenras, com topografia levemente inclinada para os vales das principais drenagens da área, possui cobertura de laterita vesicular, latossolos, e uma camada delgada de pisolitos associados a sedimentos

de textura grosseira. Corresponde ao assoalho de uma superfície de idade neogênica, totalmente liberada da cobertura detrítica nos seus bordos em conseqüência de basculamentos pliocênicos, e já retrabalhada pelas variações climáticas do Quaternário; os residuais em rochas resistentes constituem pseudomesas, inselbergues, ou morros de formas variadas em virtude do afloramento do substrato rochoso. Pedimentos distribuem-se pelos sopés dos residuais.

4.4 — Pediplano pliopleistocênico

A partir da base das superfícies terciárias, em direção às calhas de drenagem, encontram-se residuais de uma superfície levemente inclinada para os talvegues, constituindo ombreiras, patamares, inselbergues e pedimentos. As características tectônicas e litológicas de cada bacia de drenagem condicionaram as variações em intemperismo dos processos de pediplanação. Exemplos desse pediplano, na cota média de 800 metros, são encontrados ao norte da área em estudo, na região granítica de drenagem do ribeirão dos Bois, e naquela de rochas metamórficas do ribeirão das Pedras. A oeste, na área granítica da bacia do rio Claro, e a leste sobre as rochas do Grupo Bambuí onde estão instalados os tributários do rio Paranã, a erosão intensa praticamente eliminou os residuais desse pediplano, propiciando o desenvolvimento de uma planície aluvial na cota aproximada de 500 metros.

5 — CONCLUSÕES

O estudo da distribuição geográfica das formas de relevo, na "Chapada" dos Veadeiros considerando-se sua gênese e evolução, pôde ser realizado através da análise interpretativa de imagens de radar, com apoio cartográfico e atividades de campo. As conclusões do trabalho indicam que os eventos geomorfológicos na "Chapada" dos Veadeiros têm sido controlados pelo tectonismo e pela litologia de rochas de resistências variadas. Os vales tectônicos formam importantes níveis de base de erosão, propiciando a liberação do material detrítico das superfícies cenozóicas. O assoalho dessas superfícies corresponde a afloramento rochoso parcialmente recoberto de material intemperizado e de laterita; nos seus bordos, entretanto, a liberação de material detrítico é total, e o afloramento rochoso apresenta-se lateritizado; é o que se verifica nos vales tectônicos dos ribeirões São Miguel, São Joaquim, dos Couros, e rio Preto. Este último apresenta importantes quedas d'água no seu curso superior.

O aplainamento das superfícies cenozóicas teria ocorrido por processos de etchplanação sob condições de clima semitropical quente e úmido, durante o Terciário. Nas zonas de fraqueza de rochas resistentes dobradas e falhadas, e em áreas de rochas friáveis, o intemperismo diferencial químico teria produzido mobilização de sesquióxidos e a formação de um regolito residual, o saprólito, sobre uma superfície rochosa irregular que, segundo Mabbutt (1961a) se constitui em frente de intemperismo. Concomitantemente, as superfícies foram rebaixadas através dos mecanismos normais de desnudação, atuando em intensidades variáveis conforme a competência litológica da área. A retirada

do saprólito ocorreu em duas fases: a primeira, no final do Eoceno, com redução da atividade erosiva iniciada no Aptiano (Cretáceo Médio), originando uma superfície tipo *"etch"* de idade paleogênica; e a segunda fase, durante o Plioceno, quando uma reativação tectônica propiciou basculamento nos bordos das superfícies e transporte do regolito para níveis inferiores, em direção às calhas de drenagem. Formou-se assim uma superfície tipo *"etch"* de idade neogênica, levemente inclinada para os talvegues.

A alteração climática do semi-úmido para o semi-árido, no final do Plioceno, associada às modificações dos níveis de base locais, propiciou o entalhamento da superfície neogênica. Ocorreu, por isso, uma retração do desenvolvimento da cobertura vegetal, e ativação do intemperismo físico. Como conseqüência, verificou-se o rebaixamento das áreas próximas às calhas de drenagem, e a redução da área superficial neogênica, por pedimentação nas encostas suaves. Nas zonas entalhadas, retomou-se o processo normal de lateritização. A modificação climática progressiva culminou com a semi-aridez, durante o Pleistoceno Inferior, formando-se um pediplano pela coalescência dos pedimentos, levemente inclinado para as calhas de drenagem; isto em virtude do alargamento dos vales por erosão lateral e remontante. Inselbergues, pedimentos e glacis constituem testemunhos desse pediplano, de idade pliopleistocênica. As variações climáticas quaternárias aprofundaram os vales, e modelaram as encostas. Fases pluviais provocaram dissecação nas rochas tenras, reorganizando-se as redes de canais, com aprofundamento dos talvegues, e formação de novos tributários. Nas encostas remanescentes de níveis pedimentados, formaram-se patamares e ombreiras.

Atualmente, a erosão fluvial reduz os residuais das superfícies tipo *"etch"*, por meio de dois processos: um deles, é o entalhe pelas veredas, com predomínio da erosão lateral e conseqüente acumulação de material colúvio-aluvial nas encostas suaves, e lenta erosão linear; o outro processo ocorre em virtude de uma maior atividade de erosão linear e regressiva sobre a erosão lateral, ampliando assim, a área de dissecação dessas superfícies. Sobre o pediplano, a erosão fluvial tem atuado com intensidades variadas, propiciando ou não a instalação de uma planície aluvial.

Variações de intensidade dos eventos tectônicos na "Chapada" dos Veadeiros, com falhas inversas e contatos litológicos por falha de empurrão com cavalgamento, são responsáveis por uma diferenciação no modelado em relação à região de Brasília. Enquanto nesta o anticlinório, em forma isoclinal, favorece a presença de uma superfície paleogênica tipo *"etch"*, em dois níveis (> 1.200 m e 1.200 — 1.000 m), sustentados por quartzitos do Grupo Paranoá, na "Chapada" dos Veadeiros os residuais desse etchplano localizam-se entre as cotas médias de 1.250 metros na região de Alto Paraíso de Goiás, e 1.000 metros no médio curso do rio Tocantinzinho. São assoalhos liberados parcialmente de cobertura detrítico-laterítica.

Por outro lado, a superfície neogênica, igualmente tipo *"etch"*, se apresenta, na região de Brasília, no nível de 1.100 a 1.000 metros; na "Chapada" dos Veadeiros ela forma uma superfície levemente inclinada para os principais vales do seu entorno; encontra-se embutida na superfície paleogênica, e se distribui geograficamente desde a cota máxima aproximada de 1.200 metros, na depressão ocupada pelo córrego da Boa Vista e pelos rios das Cobras e dos Couros, entre as serras da Boa Vista e das Cobras, até a cota mínima de 850 metros na bacia do rio Tocantin-

zinho. O pediplano pliopleistocênico, tanto na região de Brasília como na "Chapada" dos Veadeiros, tem seus residuais abaixo da cota de 1.000 metros, embutidos nas superfícies cenozóicas, ou dissecados pelo rebaixamento dos principais talvegues da área. A presença de residuais de uma superfície de aplainamento de idade cretácica ocorre na "Chapada" dos Veadeiros, em virtude da existência de quartzitos resistentes do Grupo Araí.

Tanto na região de Brasília como na "Chapada" dos Veadeiros, a passagem de uma feição geomorfológica para outra se dá, normalmente, de maneira brusca, evidenciando, sempre, o controle litológico ou tectônico. Da mesma forma que para a região de Brasília, os antigos conceitos admitidos para a evolução geomorfológica da área na "Chapada" dos Veadeiros devem ser revistos. Entretanto esta nova visão apresentada, fundamentada na análise de imagens de radar e controle de campo, sustentada por informações de áreas correlatas, não encerra o problema, sugerindo, apenas, mais uma questão para futuras discussões.

6 — BIBLIOGRAFIA

AB'SABER, A. N. Contribuição à geomorfologia da área dos Cerrados. In: ———. *Simpósio sobre o Cerrado*, São Paulo, USP. 1963.

———. *Da participação das depressões periféricas e superfícies aplainadas na compartimentação do planalto brasileiro*. São Paulo, 197 p. Tese (Livre Docência) — Universidade de São Paulo, 1965.

ALMEIDA, F. F. M. de. Observações sobre o Pré-Cambriano na região central de Goiás. *Congresso Brasileiro de Geologia*. Curitiba, (26), 1967.

———. Origem e evolução da plataforma brasileira. *Boletim da Divisão de Geologia Mineral*, Rio de Janeiro, (241), 1967. 36 p.

BERGER, Z.; AGASSY, J. Near-surface groundwater and evolution of structurally controlled streams in soft sediments. In: LaFLEUR, R. G., ed. *Groundwater as a geomorphic agent*, Boston, Allen & Unwin, 1984. p. 59-77.

BIGARELLA, J. J.; SILVA, J. X. Pediplanos, pedimentos e seus depósitos correlativos no Brasil. *Boletim Paranaense de Geografia*, Curitiba, (16/17):117-51, 1965.

BRAUN, O. P. G. Contribuição à geomorfologia no Brasil Central. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, IBGE, *32*(3):3-39, 1971.

BÜDEL, J. Die "Doppelten Einebnungsflächen" in den feuchten Tropen. *Zeitschrift für Geomorphologie*, (1):201-28, 1957.

CARNEIRO, P. J. R. *Modelos de interpretação de imagens de sensores remotos aplicados ao planejamento regional e urbano;* área de estudo: Brasília. Lisboa, 132 p. Tese (doutorado) — Universidade Nova de Lisboa, 1984.

CARTA GEOLÓGICA DO BRASIL AO MILIONÉSIMO. Folha Brasília SD. 23, Brasília, DNPM, 1976.

FAIRBRIDGE, R. W. *The encyclopedia of geomorphology*. Pensylvania, Dowden, Hutschinson & Ross, 1968. (Encyclopedia of Earth Series, 3).

GARNER, H. F. *The origin of landscape;* a synthesis of geomorphology. New York, Oxford University Press, 1974.

GEOGRAFIA DO BRASIL. Região Centro-Oeste. Rio de Janeiro, IBGE, v. 4, 1977.

GEOLOGIA da porção oriental da Província do Tocantins. O. Marini et alii. In: ALMEIDA, F. F. M. de.; HASSUI, Y. *Geologia do Pré-Cambriano brasileiro,* São Paulo, Edgard Blücher, 1984.

HIGGINS, C. G. Piping and sapping: development of landforms by groundwater outflow. In: LaFLEUR, R. G. *Groundwater as a geomorphic agent,* Boston, Allen & Unwin, 1984. p. 18-58.

KING, L. C. A geomorfologia do Brasil Central. *Revista Brasileira de Geografia,* Rio de Janeiro, IBGE, *18*(2):147-265, 1956.

———. *The morphology of the Earth.* 2. ed., Edinburg, Oliver & Boyd, 1967. 726 p.

LESER, H. *Feld-und Labor-methoden der geomorphologie.* Berlin, De Gruyter Lehrbuch, 1977.

MABBUTT, J. A. Basal surface or weathering front. *Proc. Geol. Assoc.,* 72(3):357-8, 1961.

———. A stripped land surface in Western Australia. *Transp. Paps. Inst. Br. Geogs., 29*:101-14, 1961.

———. The weathered landsurface of Central Australia. *Zeitschrift für Geomorphologie,* (9):82-114, 1965.

MC FARLANE, M. J. Morphological mapping in laterite areas and its relevance to the location of economic minerals in laterite; lateritisation processes. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON LATERITISATION PROCESSES, 1980. *Proceedings* ... p. 308-17.

NOVAES PINTO, Maria. *Superfícies de aplainamento na bacia do rio São Bartolomeu;* Distrito Federal/Goiás. Inédito.

———. *Caracterização morfológica do curso superior do rio São Bartolomeu;* Distrito Federal. Inédito.

———; CARNEIRO, P. J. R. Análise preliminar das feições geomorfológicas do Distrito Federal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEÓGRAFOS, 4, 1984, São Paulo. *Anais* ... 1. 2, v. 2, p. 190-213.

PROJETO Brasília-Goiás. Relatório final. O. Barbosa et alii. Petrópolis, DNPM/PROSPEC, 1969.

———. Geologia e inventário dos recursos minerais. Ministério das Minas e Energia, Brasília, DNPM, 1969.

PROJETO BRASÍLIA. Geologia e inventário dos recursos minerais da região central do Estado de Goiás. Rio de Janeiro, DNPM, 1981. (Série Geológica, 18. Seção Geologia Básica, 13).

SEGOVIA, A. V.; FOSS, J. E. Land forms and soils of the Tropics. In: LaFLEUR, R. G., ed. *Groundwater as a geomorphic agent,* Boston, Allen & Unwin, 1984. p. 59-77.

THOMAS, M. F. An approach to some problems of landform analysis in tropical environments. In: WHITTOW, H. B.; WOOD, A. D., eds. *Essays in Geography,* Reading, Austin, Miller, 1965. p. 118-44.

TWIDALE, C. R. *Analysis of landforms.* Sydney, John Willey, Australasia Pty, 1976.

———. Role of subterranean water in landform development in tropical and subtropical regions. In: LaFLEUR, R. G., ed. *Groundwater as a geomorphic agent,* Boston, Allen & Unwin, 1984. p. 91-134.

WAYLAND, E. J. Pediplains and some other erosion platforms. *Annual Report and Bulletin.* [of the] Geological Survey Dept., Protectorate of Uganda, *1,* (74):376-7, 1933.

RESUMO

O objetivo do presente estudo é utilizar imagens de radar em análises de superfícies de aplainamento. Os residuais identificados são considerados a partir de uma revisão dos conceitos atualmente adotados para aquelas superfícies. Os resultados mostram a presença de residuais de quatro superfícies de aplainamento: superfície cretácica, acima de 1.400 metros; superfície paleogênica, entre cotas de 1.320 a 1.000 metros, constituída de um assoalho resultante de um aplainamento tipo *"etch"*, posteriormente modelada por condições ambientais quaternárias, onde sobressaem relevos de topos aplainados, testemunho do nível da superfície original; superfície neogênica, embutida na superfície paleogênica, entre cotas de 1.200 e 850 metros, igualmente constituída por assoalho tipo *"etch"*, com residuais da superfície original; e pediplano pliopleistocênico, voltado para as calhas de drenagem, em cotas inferiores a 1.000 metros, cuja intensidade de dissecação está relacionada com a tectônica e a litologia das bacias de drenagem. Finalmente é feita correlação da gênese desses residuais com aqueles recentemente identificados para a região de Brasília.

ABSTRACT

The aim of this study is the use of radar image to analyse planation surfaces. Identified residuals are considered from a revision of concepts adopted for those surfaces from specialized literature. The results of the study show the presence of residuals of four planation surfaces: cretaceous surface, above 1.400 m; paleogeneous surface, between 1.320 to 1.000 m, formed by a floor as result of etchplanation processes, later featured by quaternary environmental conditions; above this surface there is a relief with same niveau of original planation; neogeneous surface, inside the paleogeneous surface, between 1.200 and 850 m, also formed by a floor type "etch", with residuals of original surface; and plio-plestocenic pediplan, below 1.000 m altitude, with inclination to fluvial channels; the dissection intensity is related with the structure and litology of the fluvial basins. Finally correlation is done with origin of these residuals with those of the Brasilia region recently identified.

Este artigo foi recebido pela Superintendência do Centro Editorial — CEDIT, no dia 31 de julho de 1985.

COMUNICAÇÕES

ANÁLISE COMPARATIVA DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS DA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO E A REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

Celeste Rodrigues Maio *

SUMÁRIO

1 — Introdução
2 — Poluição das águas
2.1 — Análise do relevo
2.2 — Poluição das águas, segundo as bacias hidrográficas
3 — Poluição do ar
4 — Bibliografia

1 — INTRODUÇÃO

Ao participar da série de projetos sobre as questões ambientais, relativas à programação sobre as Regiões Metropolitanas brasileiras, o Departamento do Meio Ambiente (DEMAM), Superintendência de Recursos Naturais (SUPREN), da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), fez constar de suas atividades os levantamentos físico, social e econômico das Regiões Metropolitanas do Rio de Janeiro e de São Paulo, Região Metropolitana de Belo Horizonte

* A autora é geógrafa da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística — IBGE; mestre em Ciências (geografia) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ); professora de Geografia e orientadora educacional da Secretaria de Educação do Estado do Rio de Janeiro.

(Minas Gerais) e Região Metropolitana de Porto Alegre (Rio Grande do Sul).

Os estudos voltam-se, especificamente, para os problemas de poluição que recebem, nos capítulos sobre o meio físico, tratamentos diferentes, isto é, quando se refere à poluição das águas eles evidenciam os processos morfogenéticos e, quando se refere à poluição do ar eles ressaltam a questão do relevo, e, neste último, a sua importância quanto a altitude e exposição de vertentes, declividade, associadas à natureza e direção das massas de ar.

O projeto que iniciou a programação é o referente ao estudo comparativo das condições do meio físico, entre as Regiões Metropolitanas do Rio de Janeiro e de São Paulo, e logo tratados, nesta comunicação, sob as questões que qualificam as águas e o ar.

A fim de se promover estudos sobre os problemas ambientais, é necessário levantar-se, primordialmente, algumas idéias sobre as formas de poluição que aparecem nos despejos industriais e nos esgotos sanitários.

O procedimento analítico ambiental visa, por conseguinte, a enfocar a influência que os meios biótico e abiótico exercem sobre a qualidade das águas e do ar. Na medida em que, para entender os problemas de poluição, deve-se concebê-los como fenômenos eminentemente específicos e localizados, destacam-se o relevo, o clima e as bacias hidrográficas, entre os fatores de maior realce, no trabalho. Isto porque o estudo do meio físico, alicerçando o conhecimento das fontes e focos poluidores, favorece a identificação dos problemas gerais que perturbam o desenvolvimento das Regiões Metropolitanas brasileiras. Quando as ocorrências são constatadas cientificamente, elas podem auxiliar a efetivação de ações prioritárias e imediatas das "áreas problemas", em suas diversas escalas de grandeza, oferecendo subsídios aos planejamentos, tanto no âmbito regional quanto no federal e estadual.

Como o trabalho refere-se ao estudo da poluição hídrica e aérea nas Regiões Metropolitanas do Rio de Janeiro e de São Paulo, promove-se o levantamento dos fatores naturais e sua influência na poluição, como fundamento ao estudo dos impactos ambientais registrados nessas Regiões.

2 — POLUIÇÃO DAS ÁGUAS

A influência do relevo nas modalidades de poluição que afetam as Regiões Metropolitanas do Rio de Janeiro e de São Paulo é inerente aos processos morfogenéticos e morfoclimáticos específicos das regiões intertropicais. O estudo desse relacionamento implica, por conseguinte, na observação e análise do comportamento de leis reguladoras da evolução do meio ambiente, no sentido delas indicarem como e quanto condicionam a concentração dos tipos de poluentes.

As diferentes formas de interação das variáveis acima referidas, sobre as quais o ser humano é parte atuante, mostram os processos evoluídos no tempo e no espaço.

Para que se alcance a complexidade desses fenômenos, é necessário entregá-los, também, à responsabilidade da geomorfologia climática que, no seu dinamismo, envolve princípios favoráveis ao reconhecimento das fontes e dos focos poluidores.

As duas Regiões Metropolitanas acham-se incluídas no domínio morfoclimático tropical úmido. Isto significa que, em ambas, as variáveis se interam de maneira a predisporem o relevo à erosão ativa, quanto à evolução dos núcleos de poluição.

As Regiões Metropolitanas do Rio de Janeiro e de São Paulo opõem-se a partir, mesmo, dos aspectos geográficos primários, como a posição geográfica, situação, extensão, presença ou não da orla marítima.

2.1 — Análise do relevo

2.1.1 — Modelado regional

A Região Metropolitana do Rio de Janeiro, com 6.464 km² de extensão, apresenta os 14 municípios, localizados em sítios diferentes — litorâneos ou interioranos.

As unidades municipais ocupam as vertentes barlavento da "serra" do Mar, drenadas pelos afluentes da margem direita da bacia do rio Paraíba do Sul.

Os limites intermunicipais coincidem com as características morfológicas regionais de tal forma que apenas um Município, o de Petrópolis, ocupando os extremos setentrionais, estende-se pelo reverso da "serra" do Mar. Os demais municípios recebem grande influência das correntes aéreas marinhas que alcançam os patamares dissecados pelos rios, na frente daquela unidade de relevo.

O divisor de águas que separa as duas grandes unidades está, de leste para oeste, sobre os níveis de 2.000 a 1.000 metros, alcançando a planície alveolar do Quitandinha e atingindo 1.300 metros próximo à "serra" do Couto.

Entre os limites setentrionais da Região Metropolitana e a baixada, há desníveis altimétricos, variando entre 2.000 e 0 metros, sobre os quais as formas de relevo estão afetadas por contínuos processos de dissecação, devido à ação erosiva remontante desenvolvida pelos cursos d'água cujas direções NE-SO e NO-SE caracterizam os padrões fluviais estruturais.

Tal continuidade, expressa entre os setores norte dos Municípios de Magé e de Nova Iguaçu, é alternada por relevos de estruturas alcalinas condicionantes de padrões semi-radiais.

Observa-se, entretanto, nos locais, à jusante das encostas, dos piemontes e dos glacis, formas colinosas, elaboradas sobre o substrato cristalino e cristalofiliano, sobre as quais a morfogênese esculpiu perfis convexos, onde são freqüentes a presença de cicatrizes indicadoras de uma remota ocupação irracional.

Vertendo as encostas abruptas, os canais de drenagem, obedientes, inclusive, aos padrões dendríticos, carreiam grande quantidade de sedimentos e de poluentes que assoreiam os talvegues. Em conjunto, esses canais envolvem a Baía de Guanabara e assumem um caráter centrípeto, de grandes proporções como padrões fluviais, indicadores dos impactos ambientais registrados comumente nas baixadas e fímbrias litorâneas. Eles se interpenetram pelos maciços costeiros, e alinhamentos que correspondem às seções deslocadas da "serra" do Mar, pelos movimentos crustais da unidade soerguida, em maiores proporções, no Brasil Sudeste.

A ela, as formas litorâneas filiam-se, através de suas identidades lito-estruturais, do complexo cristalino brasileiro, sob as mesmas modalidades morfogenéticas e morfoclimáticas regionais.

A série de vales suspensos, colos, planícies alveolares e depressões tem sido ocupada, tal como nas áreas montanhosas, desordenadamente, provocando a desorganização da drenagem, e com ela, o desequilíbrio ambiental.

No extremo ocidental da Região Metropolitana do Rio de Janeiro esse nível, sem prejudicar a sua característica contínua ao longo das elevações, chega a atingir as proximidades do litoral, sob forma de ombreiras, cristas e morros isolados na planície, aspectos esses envolventes, também, de todos os maciços litorâneos, evidentes através de sua periferia, nos prolongamentos, dominantemente de direção NE-SO (direção brasileira).

Enquanto o nível 250-500 metros é periférico à montanha, o de 500-1.000 metros notabiliza-a pela sua interiorização regional, até os extremos setentrionais dos limites da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

A eles correspondem os trechos serranos mais significativos, nos quais a população se expandiu melhor, dominando as áreas mais amenas, do ponto de vista climático. Existe correspondência, pois, entre esse nível e a direção dos principais cursos fluviais, como o Piabanha, Preto, Fagundes, ao longo dos quais estão concentradas as indústrias do alto da "serra", responsáveis pelos despejos geradores da poluição das águas.

Limitando-se com esse nível, ao longo das duas margens do rio Piabanha, expandem-se as encostas superiores a 1.000 metros de altitude, em maior expressão à margem esquerda do curso. A dissemetria acentua-se ao se estabelecer o contato com níveis superiores a 1.500 e 2.000 metros, evidentes no setor norte-oriental, inexistentes ao sul da área serrana. Eles são representativos das escarpas mais vigorosas onde se assinalam a Pedra do Sino (2.218 m) e o Dedo de Deus (1.675 m).

Desses locais para montante, o divisor de águas existente entre o Município de Petrópolis e os municípios meridionais é atingido pela drenagem dos afluentes da margem direita da bacia do rio Paraíba do Sul.

A evolução geomorfológica dessa área opera-se em função da dissecação fluvial através de erosão regressiva que desenvolveu série de planícies alveolares, cujo exemplo é a do Quitandinha, afetada, consideravelmente, pelos problemas ambientais, mormente ao se examinar a exposição de suas encostas a favor das correntes aéreas que aí causam chuvas de relevo, geradoras de aguaceiros e subida do nível freático.

É o divisor de águas da "serra" do Mar que estabelece, enfim, as diferenças de padrões morfológicos e domínios morfoclimáticos entre as áreas drenadas pelas bacias dos rios dirigidos para o norte, adaptados às estruturas regionais e aqueles nas vertentes opostas, dirigidos para o sul, afetados também pelas faces de regime torrencial carreadores de grande fluxo de sedimentos.

Com esses fatos, as baixadas fluviomarinhas representam amplos receptáculos onde se avolumam crescentes áreas de focos poluidores que agravam os problemas ambientais.

Os maciços litorâneos apresentam indícios dos mesmos processos intempéricos físico-químicos que afetam a área serrana. Ao seu sopé

desenvolvem-se espessos mantos coluviais que se limitam com as baixadas, sob a forma de cones, pelos cursos d'água, onde os sedimentos participam da formação de praias, restingas e planícies.

Com a evolução dessas formas planas e baixas, dominantemente silicosas, na formação contínua de novos "spits", dá-se o represamento dos trechos salinos, esboçando a gênese das lagunas, combinada à ação marinha.

O nível 0-250 metros, referente às formas baixas e às colinas, é interceptado por alinhamentos rochosos de 250-500 metros de altitude que se associam aos níveis elevados da mencionada frente de bloco falhado em direção ao oceano.

Os níveis inferiores representam, por conseguinte, ilhas e acidentes submersos — com a mesma identidade litológica-estrutural do interior, mas que servem de pontos de apoio à gênese dos esporões arenosos evoluídos em praias, restingas e tômbolos.

Quanto aos Municípios litorâneos extremos são os de Maricá (a leste) e Mangaratiba (a oeste) que apresentam maiores dificuldades na participação da vida econômica da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

A Região Metropolitana de São Paulo expande-se por 7.951 km² de superfície, compreendendo 37 municípios situados no reverso da "serra" do Mar.

A Região Metropolitana de São Paulo é, por conseguinte, um contraste paisagístico em relação à Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Em ambas as Regiões as escarpas do planalto Atlântico estabelecem com os seus reversos continentais um relevo assimétrico, embora em São Paulo os abruptos sejam mais contínuos e evidentes do que no Rio de Janeiro, onde eles se apresentam com vários degraus e patamares dissecados. As curvas de nível de 800-1.000 metros, na borda costeira paulista, são representativas do nível mais elevado dessa subunidade morfológica. A partir dessas altitudes, em direção ao interior, os aspectos do relevo envolvem colinas de topos arredondados, de altitude média, planícies alveolares, em calhas, emolduradas por alinhamentos de cristas de rochas mais resistentes. Em conjunto, a Região Metropolitana de São Paulo situa-se num compartimento de planalto, dos mais significativos do Brasil Sudeste, e conhecido como planalto Paulista. Interpretando e definindo as paisagens individualizadas do relevo interiorano do Estado de São Paulo, no que diz respeito aos municípios da Região Metropolitana, Ab'Saber [1], assim sintetiza, à página 65:

"Em termos de fisiografia geral brasileira, a região de São Paulo é um pequeno compartimento topográfico de grande moderalização morfológica no extremo conjunto dos maciços antigos que constituem a porção sudeste do Planalto Atlântico" (Parágrafo 2).

E adiante prossegue o mesmo autor:

"Comporta-se como um dos reversos continentais mais suaves do Planalto Atlântico, em face do gigantesco alinhamento de escarpas da "serra" do Mar residindo, nisso, um dos principais fatores de sua originalidade geográfica" (Parágrafo 3).

---

[1] Ver Bibliografia, 1.

A essas considerações do autor acresce-se, ainda, o fato de que a Região Metropolitana de São Paulo apresenta fracas amplitudes entre os níveis topográficos, embora do ponto de vista morfológico mostre algumas similitudes com a morfologia geral do Brasil Tropical Atlântico, dominada por outeiros, morros baixos e convexos, alvéolos hierarquizados e planícies intermontanas.

Em contato com a paisagem ondulada, as formas mais elevadas, os alinhamentos de cristas representam-se como divisores de água, na grande Região Metropolitana. Nos extremos setentrionais está a "serra" da Cantareira, nos Municípios de Careiras e Mairiporã com o de São Paulo, e dominada pelo nível 850-1.100 metros. A nordeste, a "serra" de Itapeti, nos Municípios de Mogi das Cruzes e Guararema, é um nítido e bem embasamento Pré-Cambriano, no Brasil Sudeste, com cristas orientadas NE-SO (direção brasileira). Trata-se do divisor de águas entre as bacias fluviais do Alto Tietê e do Paraíba do Sul. De suas vertentes norte, sul e leste fluem cursos como ribeirão Guararema, ribeirão Itapeti e córrego Comprido em demanda à bacia do Paraíba do Sul. Nesse trecho, no Município de Guararema, ao nível de 600-800 metros de altitude, está a anomalia hidrográfica representada pelo "cotovelo de captura de Guararema", isto é, local de ruptura fluvial da drenagem antiga que unia os altos cursos das duas bacias. Os canais pequenos, na área, têm padrões essencialmente dendríticos e os cursos médios expressam a influência estrutural da crosta através de seus perfis retilíneos, em ambas as bacias.

Os extremos orientais da Região Metropolitana de São Paulo estão no Município de Salesópolis onde se encontram as cabeceiras dos rios Tietê e Paraitinga, separados aí pelos alinhamentos das "serras".

A sudeste, o maciço de Bonilha, ao nível 850-1.050 metros de altitude, marca outro setor elevado que envolve a Região Metropolitana, no Município de São Bernardo do Campo. A sudeste, entretanto, a Região Metropolitana limita-se com os contrafortes setentrionais da "serra" de Paranapiacaba em cujas vertentes nascem os cursos formadores do rio São Lourenço. Esse curso compõe uma alta bacia, a 800-1.000 metros de altitude e percorre os Municípios de Cotia, Itapecerica da Serra e Juquitiba, representando, este último, o extremo sudoeste da Região, já a nível de 600-800 metros. O rio São Lourenço que na Região Metropolitana de São Paulo, tem a direção NE-SO (direção brasileira) deságua no rio Turvo, a oeste, fora da Região, formador do rio Paranapanema, na bacia do rio Paraná.

Os relevos montanhosos afigurados como limites naturais da Região Metropolitana de São Paulo, estabelecem com o centro contraste paisagísticos. Enquanto os primeiros associam-se ao modelado esculpido sobre o Pré-Cambriano Antigo e da Série São Roque, litologicamente mais resistente, a outra ampla unidade é atravessada pelo Espigão Central, de direção SE-NO (direção Caraíba), destacando um sistema de colinas, de altitudes relativamente homogêneas. Esse alinhamento é o divisor de águas dos rios Tietê e Pinheiros, muito dissecado em patamares cujos os mais baixos estão a 740-745 metros de altitude.

As superfícies gerais que abrangem toda a região de São Paulo enquadram-se em alguns níveis já conceituados no Brasil Sudeste, como

sejam: 1.100-1.300 metros superfície das cristas médias — Martonne [2] —, datada do Cretáceo; 920-950 metros — superfície Itapecerica-Cotia — datada do Paleogeno e 800-820 metros, datada do Plio-Pleistoceno — Ab'Saber [3] que é a superfície de São Paulo.

Embutida nas duas primeiras superfícies, a "superfície de São Paulo" dispõe-se entre os maciços de Bonilha e a vertente meridional da "serra" da Cantareira e morro de Jaraguá (1.138 m), contornando as faldas do maciço Cotia-Itapecerica até a "serra" do Itapeti.

Seus confins orientais e ocidentais estão respectivamente a montante do Município de Mogi das Cruzes e no Município de Osasco.

Trata-se de uma superfície sedimentar, resultante da colmatagem conseqüente da dissecação dos relevos mais vigorosos periféricos, sobre o assoalho cristalino e cristalafiliano do embasamento brasileiro. Haveria, portanto, uma drenagem essencialmente labiríntica e de grande complexidade morfológica.

Os terrenos fluviolacustres ter-se-iam, por conseguinte, coalescidos na antiga bacia e se entulhado gradativamente, com sedimentos finos, associáveis às rochas e minerais daquelas elevações referidas.

Nessas paisagens dominam aspectos morfológicos de perfis suaves, com topos aplainados nas quais se encaixa o sítio urbano da Cidade de São Paulo e que são designados, em conjunto, por Ab'Saber [4] como "Bacia Fluvial de compartimento de planalto". Existe nela, entretanto, uma subcompartimentação, dos pontos de vista topográficos e geomorfológicos.

Os níveis dissecados na "superfície de São Paulo" correspondem a terraços mais elevados, isto é, 740-745 metros e 760-770 metros de altitude; os níveis de terraços mais baixos estão entre 724-728 metros e 728-735 metros de altitude; os primeiros estão identificados ao longo dos rios Tietê e Pinheiros e seus afluentes maiores, e os segundos margeam cursos menores. Esses níveis de terraços, bem como as várzeas, vestígios de meandros seccionados de antigos leitos, são provas evidentes de uma paleodrenagem labiríntica na bacia de São Paulo cujas reminiscências ainda são fatores para a contribuição de planos inundáveis e altamente poluídos.

Se o objetivo do presente capítulo é o de se pesquisar a maneira dos aspectos morfogenéticos e morfoclimáticos se arranjarem, para se tentar identificar os problemas do meio ambiente, deve-se, conseqüentemente, ressaltar-se as variáveis principais atuantes sobre essas áreas do domínio ou província morfoclimáticas das regiões serranas tropicais úmidas.

2.1.2 — Ação dos processos morfogenéticos

A estrutura quebrante e a litologia do embasamento cristalino interam-se com o comportamento climático nos trópicos úmidos, na aceleração dos processos intempéricos. Os domínios estruturais, a série de alinhamentos de cristas, fraturas e escarpas são paralelos à margem costeira, isto é, na direção NE-SO (direção brasileira), sobre os quais

[2] Ver Bibliografia, 6 e 7.
[3] Ver Bibliografia, 1.
[4] Ver Bibliografia, 1.

adaptaram-se os vales, como o do Paraíba do Sul. Opondo-se a tal lineação geral, o rio Tietê segue direção NO-SE (direção brasileira) para o rio Paraná.

Do ponto de vista litológico trata-se de áreas cratonizadas do Escudo Brasileiro Pré-Cambriano, alicerçado pelas rochas cristalinas e cristalofilianas.

A crosta do Brasil Sudeste, em questão, mantém os registros das tensões tectônicas, manifestados através de sucessivos eventos geológicos. Os sistemas de falhas e fraturas já referidos provocaram deslocamentos do bloco continental em direção ao mar. Essas frentes ou rebordos de bloco falhado apresentam-se, morfologicamente distintos entre as demais regiões estudadas, como se insinuou linhas atrás. Um basculamento compensatório, no dinamismo tectônico, refletiu-se com os declives suaves para o interior, mostrando-se irregularmente atingido e remodelado pela erosão entre as duas Regiões Metropolitanas. Os minerais dominantes, nos gnaisses e granitos, os feldspatos e micas são muito susceptíveis à decomposição química em argilas que, pela sua propriedade impermeável, retêm planos encharcados ou representam planos de deslizamento dos materiais conduzidos às baixadas. Outros componentes se desagregam e como os anteriores interceptam a topografia. A par dos mesmos efeitos ambos se aliam, para provocar as alterações na real beleza fisionômica dessas paisagens. Os componentes estruturais da crosta encerram setores que auxiliam a evolução de tais processos, isto é, através do grande número de linhas de fraqueza. As diáclases, fraturas, juntas, diques, xistosidade, além de numerosas, elas se cruzam, em alguns locais onde a ação do intemperismo pode, particularmente, avançar. Observa-se neles, desde a sua fase embrionária, o aparecimento de pequeninos nichos retentores de núcleos onde se inicia a aglutinação dos agentes poluidores.

As rochas aflorantes apresentam, através das linhas ortogonais dos desplacamentos, locais onde se desenvolvem os focos poluidores que se anastomosam. Com a desagregação desses blocos em relação à unidade morfológica a que pertencem, desenvolvem ao sopé das elevações, setores de retenção da umidade, representativos de complexos planos de poluentes. Na constituição geológica comum ao arcabouço cristalino das duas Regiões Metropolitanas, acresce-se à de São Paulo as rochas e minerais da Série São Roque, predominada por granito mignatitos associados; calcáreos e dolomitos; calcoxitos e calcosilicatos; quartzitos; filitos, metarenitos e metaconglomerados.

As rochas constituem, por conseguinte, nas duas Regiões Metropolitanas, além dos eventos histórico-geológicos, quadros morfológicos diversos, estabelecidos pela posição dos setores mais resistentes que representam, como em São Paulo, a moldura viva das paisagens interiores, esculpidas estas nos terrenos mais recentes. De outro modo, os sistemas morfogenéticos facilitaram às duas regiões, uma degradação acentuada das vertentes, revestindo-as de possantes mantos de regolitos e colúvios que atingem o contato com as baixadas.

A variabilidade dos aspectos morfológicos, dentro do quadro geral físico apresentado, constitui um problema complexo para a pesquisa e interpretação das fontes e dos aspectos do meio receptor da poluição, nas duas Regiões Metropolitanas.

Os padrões morfológicos alternam-se desde a fímbria litorânea até os setores serranos, e sob a influência da altitude e a exposição de suas

vertentes podem constituir elementos neutralizantes da ação poluidora. Nesse particular, considera-se como fator nocivo à preservação da natureza, o elemento humano, através de sua ancilar e recente maneira desorganizada de ocupar o solo.

Nos relevos montanhosos e nos maciços os degraus e patamares estruturais concentram numerosos matacões, por vezes, constituindo "furnas". Identificados em vários locais, tanto das regiões litorâneas como das serranas, eles são outros centros de concentração das águas percoladas mas que podem constituir, se devidamente valorizados, excelentes áreas de lazer.

Os vales suspensos de falha correspondem aos locais da estrutura quebrante, onde se destacam formas anfiteátricas, são alvéolos evoluídos pela ação regressiva fluvial, contendo planícies, muitas vezes terciárias, de ocupação antiga. O homem, buscando uma topografia mais suave, neles se estabeleceu, ocupando irracionalmente as vertentes sulcadas, hoje, por ravinas careadoras de poluentes. As planícies alveolares constituem, pois, receptáculos de concentração de poluentes, nos trechos de rutura de declive ou à sua jusante.

As pesquisas de campo efetuadas sobre o relevo das Regiões Metropolitanas do Rio de Janeiro e de São Paulo cada vez mais confirmam a interdependência dos estudos de poluição associáveis aos princípios dinâmicos da geomorfologia. Nessas análises pode-se deduzir a sua importância fundamental porque muitos aspectos do modelado mostram como a morfogênese remonta a flutuações paleoclimáticas, com mecanismos de natureza diferentes e alternados no tempo geológico.

Alguns aspectos geomorfológicos, tão peculiares a ambas as Regiões Metropolitanas, tais como patamares e seqüências alveolares, registram fases de paradas e retomadas de erosão, constatadas pela história geológica regional, e que foram significativas para aquela predisposição do relevo à retenção dos núcleos de poluição já referidos.

Os fatores próprios à morfogênese tropical úmida atual informam sobre o estado de equilíbrio em que se encontram as encostas nas duas Regiões Metropolitanas, associado ao inadequado uso do solo. As encostas representam assim, um dos mais valiosos campos para a interpretação dos estudos de poluição na paisagem, não só por concentrarem os poluentes em diversos planos altimétricos, mas também porque é através delas que os múltiplos volumes são conduzidos às baixadas, sob múltiplas formas de carreação.

O homem que as tem ocupado, rompendo o equilíbrio ecológico, provoca a aceleração do movimento das águas que percola, lixívia e transporta o solo, com os elementos bióticos, provocando, à jusante, intensa perturbação no meio ambiente, gerando planos de concentração de poluentes.

O problema de poluição nessas áreas é ancilar, conforme informam os cronistas coloniais e observadores posteriores que, ao deixarem nos relatórios e mapas as impressões hostís das paisagens, ajudam a deduzir os problemas dos primeiros habitantes, face a tipos de poluição já existentes na época, afeitos, dominantemente, às condições naturais. Essas referências são notadamente atribuídas às baixadas quentes, úmidas e insalubres cujos problemas impeliram os habitantes às elevações, em suas diversas lutas pela sobrevivência.

Aspectos assistemáticos dessa ocupação do solo concorreram para legar aos dias presentes um quadro físico geral alterado crescentemente

pelas formas de depredação dos recursos naturais que ampliam as fontes geradoras de poluição. Como conseqüência, sobrevem a erosão das encostas, entalhadas por profundas cicatrizes de voçorocas que devem ser objeto de constantes atenções, quanto à preservação do meio ambiente. As encostas devem ser examinadas, portanto, quanto ao seu perfil, forma, declividade, espessura do regolito, exposição, distribuição espacial, extensão, densidade da rede hidrográfica e armazenamento d'água.

Os fatores pedogenéticos, originando latossolos e solos podzólicos, as derrubadas, as queimadas, o ataque às pedreiras, revelam a depredação dos recursos naturais, oriunda de formas impróprias de exploração. Enfim, a diminuição das áreas verdes implica no aumento de núcleos geradores de problemas ambientais que se agravam, crescentemente, acompanhando a pressão demográfica e o desenvolvimento econômico das duas mais importantes Regiões Metropolitanas brasileiras. Acresce-se ainda que elas estão inseridas no "tipo de domínio ou província morfoclimática das regiões serranas tropicais úmidas, contendo paisagens de mares de morros" Ab'Saber [5] e Deffontaines [6].

Nessas áreas mamelonizadas, as encostas são convexas, interceptadas por colos que vertem os blocos e sedimentos deslocados das encostas concentradas de poluentes.

Outras formas de relevo que se destacam na paisagem são os "pães-de-açúcar", que constituem "relíquias" preservadas pelo intemperismo atual, evoluídas por condições paleomáticas diferentes. Eles mantêm, à jusante de suas escarpas, rampas de sedimentos retentores de planos úmidos. A sua identificação nas baixadas fluviomarinhas é muito significativa, no sentido de representarem locais favoráveis à interpretação da evolução paleo-ambiental. Em alguns casos, essas formas-testemunho estabelecem setores de modificação de espécies vegetais não mais existentes hoje. Esse desaparecimento referido pela bibliografia regional, quanto à interferência humana, está, inclusive, atestado, não só por ação predatória, mas por alterações espontâneas e naturais do meio ambiente, através dos tempos.

As baixadas do Estado do Rio de Janeiro formam paisagens que concentram variados e sérios problemas de poluição. Nas suas planícies a morfogênese filia-se aos mecanismos gerais dos climas quentes e úmidos das áreas intertropicais, influenciadas, ainda, pelas condições dos ventos marinhos e pelo mar. Existe uma justaposição de sedimentos, ora dominantemente argilosos (impermeáveis) ora arenosos (permeáveis), motivando encharcamentos ou armazenamentos.

São áreas conseqüentes da colmatagem estabelecida pela sedimentação atual e antiga. Por ocasião das chuvas torrenciais, quando os processos erosivos se aceleram nas encostas, os sedimentos são carreados pelos cursos de talvegues baixos que se ligam a canais. Os problemas se agravam, quando estes, ao desembocarem nas lagunas, formadas pela interceptação das restingas, provocam assoreamentos que estabelecem sistemas fluviolagunares muitas vezes influenciados pelas marés. Nesses locais proliferam colônias de espécies natantes, como por exemplo, a *Eichornia* sp (Pontederiácea) que obstrui as embocaduras dos canais

[5] Ver Bibliografia, 2.
[6] Ver Bibliografia, 3.

retendo complexos focos de poluentes, como os procedentes de esgotos sanitários, óleos, adubos, inseticidas, herbicidas e outros.

Em algumas lagunas já se tem registrado o afastamento de pescado devido à sua alta poluição.

Há nas lagunas, ainda, focos de hematófagos, embora já se tenha referências de que as mesmas tiveram suas condições ambientais diversas da atual, isto é, as águas eram límpidas e piscosas. Conclui-se por conseguinte que o desenvolvimento urbano e rural abalaram os ecossistemas lagunares da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

Essas alterações do meio ambiente nas baixadas são perceptíveis ainda através da comparação entre documentos escritos e cartográficos antigos e a realidade local de hoje, pois elas foram pontos de estabelecimentos de engenhos.

Tanto a colmatagem quanto o assoreamento dos canais têm reflexos em direção às praias. Eles são, na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, mais constantes e de maior extensão do que os de erosão. A retificação do litoral, por conseqüências de restingas, dificulta o escoamento dos canais para o mar. Algumas praias expressam as associações dos processos morfogenéticos agindo sobre os sedimentos fluviomarinhos. Estes, condicionados às oscilações das vagas e dos rios, chegam às planuras perdendo-se entre os solos inconsistentes.

Nos locais defendidos pela ação abrasiva marinha desenvolvem-se os complexos dos manguezais.

Sobre a topografia plana onde proliferam as raízes pneumatóforas, principalmente as da *Rhizophora mangle* (*Rhizophoreaceae*) prendem-se sedimentos que, em alguns lugares, como em torno da Baía de Guanabara, transformam tais localidades em extensos e graves centros de poluição.

2.2 — Poluição das águas, segundo as bacias hidrográficas

A posição das bacias hidrográficas em relação às condições do relevo e às áreas de atividades humanas mais aceleradas, é o fato inicial no estudo da poluição das águas. Os sistemas hidrográficos diferem muito entre as duas Regiões Metropolitanas. Na Região Metropolitana do Rio de Janeiro a bacia do rio Paraíba do Sul é a mais importante, mas interessando aos estudos apenas os afluentes da margem direita.

Nos maciços litorâneos, a drenagem é centrífuga, constituída por pequenos cursos transportadores dos poluentes das águas industriais e rurais.

O estudo das bacias hidrográficas leva ao procedimento de métodos quantitativos, quanto à erosão regressiva dos cursos e aos processos de sedimentação e assoreamento. A densidade de drenagem e a densidade hidrográfica devem ser medidas. O volume d'água, a velocidade e descarga desses rios têm demonstrado a modificação no meio ambiente, tendo, por causa, a devastação das matas, e por efeitos, a erosão das encostas e poluição das águas [7].

Representam papel importante, na poluição das bacias hidrográficas, o substrato rochoso e a topografia onde elas se desenvolvem. Os poluentes têm sido registrados, também, nos numerosos reservatórios da

[7] Ver Bibliografia, 5.

Região Metropolitana de São Paulo, na medida em que, com o represamento dos cursos, a água torna-se mais poluída, constatando-se altas taxas de material poluente em suspensão.

Com o assoreamento resultante das derrubadas de árvores consecutivas nas cabeceiras dos rios e do movimento de solos, o corpo líquido diminui de volume, fazendo com que a flora e fauna tendam a desaparecer pela falta gradativa de oxigenação.

Mas a qualidade das águas nas bacias hidrográficas é alterada fundamentalmente pelo número de indústrias, atividades de mineração agropecuária, estradas mal orientadas e favelas que proliferam em suas proximidades. As condições hidrogeológicas das bacias hidrográficas variam também em áreas de águas artesianas, de acordo com as diferentes profundidades do lençol freático.

A despeito das obras hidráulicas realizadas na Região Metropolitana de São Paulo, que reduziram enormemente as áreas inundáveis, os problemas de poluição ainda são graves.

A rede hidrográfica, integrada pelo Alto Tietê, foi retificada para favorecimento da expansão urbana. É de se compreender, no entanto, que muitas conseqüências oriundas dos repetitivos ciclos de inundações tivessem não só deixado em alguns locais trechos com depressões, encharcáveis, mas também porque os atuais terrenos enxutos herdaram uma predisposição ao armazenamento maior de umidade, diante da inconsistência pedológica.

Planos silicosos, argilosos, várzeas dissecadas, meandros cortados, terraços fluviais dos rios Tietê e Pinheiros são afetados pelas águas das chuvas que os interceptam, contribuindo para o represamento dos poluentes.

Uma revisão aos documentos cartográficos antigos deixa conclusões sobre a transformação paisagística, ao longo do labiríntico traçado do rio Tietê, conduzindo Ab'Saber [8] a considerar, até certo tempo atrás, "a mais importante planície de meandros situada em compartimento de planalto no Brasil".

As grandes modificações ambientais operadas sobre o quadro físico da Região Metropolitana de São Paulo redundaram, entretanto, numa complexa expansão urbana — industrial, responsável pelos maiores índices de poluição do Brasil Sudeste. Neles acham-se inclusas as áreas de ocupação das baixadas, a proliferação de instalações industriais variadas, especulações imobiliárias, vias de trânsito e outros.

A visão atual dos problemas associados ao meio ambiente e neste a poluição, em maior alcance, expõe aos técnicos uma situação das mais alarmantes para os habitantes nessas Regiões.

A exemplo dos resultados apresentados pelas Regiões Metropolitanas do Rio de Janeiro e de São Paulo, cada vez se tornam necessariamente conhecidos os estudos dos processos do modelado, proporcionados pela geomorfologia que oferece excelentes esclarecimentos para a elaboração de cautelosos planos de alterações das paisagens.

Todos esses agentes fornecedores de poluentes, através das bacias hidrográficas, de comportamento hidráulico tão diversos, podem, ainda, serem conduzidos à orla marítima, sensivelmente prejudicada, em

---

[8] Ver Bibliografia, 1.

alguns locais da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Os núcleos de maior concentração situam-se nas proximidades das embocaduras fluviais, poluindo as praias que recebem, as vezes, os dejetos através de vagas e correntes de transporte que os apreendem distantes desses locais. Logo, as modificações biológicas marinhas se observam, através da alteração do plâncton e do desvio do pescado. As proximidades dos terminais marinhos, navios, tanques, refinarias e embarcações constituem outros focos poluidores.

As imagens de Landsat, canais 5 e 7, mostram algumas formas de poluição, segundo as características morfológicas regionais.

A imagem correspondente ao canal 5 transparece os contrastes entre a vegetação da mata (vertentes meridionais das "serras" e maciços), em tom escuro e as capoeiras (cinza mais claro), campos e vegetação de restingas (cinza muito claro). Notam-se as áreas devastadas em tons esbranquiçados.

A grande penetração da luz na água deixa a perceber os trechos de sedimentação. Em torno da baía de Sepetiba observam-se vários níveis de cinza, a partir da embocadura dos canais onde os tons mais claros até os mais escuros em direção às ilhas de Marambaia e Grande, fato este que reflete a natureza variável dos sedimentos dominantemente escuros, próximos ao continente, para os sedimentos dominantemente argilosos, ao longo e no fundo das enseadas.

Os trechos arenosos apresentam maior reflectância nas linhas de praias e restingas, nitidamente perceptíveis nesse canal.

Na Baía de Guanabara, entretanto, registra-se variação de teor de sedimentos em suspensão nos corpos d'água. Nessa unidade é perceptível um número aproximado de 12 tons de cinza que refletem grande complexidade da natureza dos poluentes, como sejam os provenientes de indústrias, esgotos sanitários e outros.

A imagem mostra no setor ocidental da Baía de Guanabara grande mancha escura correspondendo a poluição dos óleos das refinarias e mais ao norte as manchas mais claras, relativas a outros poluentes e manguezais. A nordeste da Baía de Guanabara há outras manchas escuras.

No canal 7 os setores que apresentam grande absorção de energia pela água e o tipo de vegetação mais evidente localiza-se em função dos ambientes onde as águas permanecem mais longo tempo. Aqui, portanto, nota-se melhor a direção dos canais condutores de poluentes que podem ser associados a posições dos focos de poluição, constatados no canal 5. Não se dão a perceber, entretanto, as informações sobre a condição interna desses corpos d'água nem mesmo nas represas. Divisam-se, entretanto, as planícies de inundação cobertas de vasa e manguezais. O canal 7 mostra, ainda, as linhas principais do relevo, isto é, as escarpas da "serra" do Mar.

Para se promover o estudo de poluição nas regiões de domínio morfoclimático tropical úmido dois elementos devem ser considerados como principais: a morfologia (ou relevo), tratada em seus aspectos evolutivos e o clima atuante em vários tipos de regiões sujeitas à poluição. Tais considerações gerais devem servir de advertência aos pesquisadores que labutam com os problemas de recursos naturais e sua influência no meio ambiente, realçando, conseqüentemente, o grande papel desenvolvido pela geomorfologia dinâmica, na medida em que a

crosta terrestre, bem como o seu modelado, pode revelar os aspectos da poluição nas suas mais profundas causas naturais, a par da interferência do ser humano na modificação das paisagens.

3 — POLUIÇÃO DO AR

Quanto ao estudo das bases físicas relativas à predisposição dos focos poluidores, as Regiões Metropolitanas do Rio de Janeiro e de São Paulo são afetadas por poluentes que estão na dependência da posição das fontes de poluição, das condições do relevo e da dinâmica atmosférica.

As paisagens das duas Regiões Metropolitanas são afetadas por processos geomorfológicos complexos, sendo raros e locais os exemplos de processos simples. Essa complexidade baseia-se na atuação dos sistemas morfoclimáticos de ação dominantemente química. E a fim de se conhecer melhor a ação poluidora do ar é necessário realçar os principais parâmetros meteorológicos como sejam o dinamismo e a natureza das massas de ar, a direção dos ventos e a temperatura, cuja variabilidade condiciona-se também ao relevo.

As chuvas têm importância maior quanto ao seu ritmo e freqüência do que quanto a quantidade total caída, durante um ano, ficando assim, mais representativa na interação relevo-solo-vegetação e atividades humanas. A umidade nos trópicos tem ação química e mecânica conduzindo as rochas à decomposição e à desagregação.

O modelado dessas Regiões é afetado pela hidratação, hidrólise, oxidação e dissolução, dominados pela biostasia que se reduz em direção ao interior do continente. O grau de armazenamento da água, a evaporação e o escoamento variam, segundo as feições topográficas.

O período de chuvas finas e contínuas é muito mais eficaz, pela oportunidade de maiores concentrações locais e reações sobre os minerais e rochas. As grandes quedas, entretanto, desenvolvem um papel mecânico, na elaboração de torrentes que já encontram o solo predisposto à movimentação, como se tem verificado nas duas Regiões Metropolitanas.

A topografia desenvolve, entretanto, o papel de anteparo às penetrações das massas de ar acarretadoras de violentos aguaceiros. Elas sofrem ascensão e precipitação ao impacto com as escarpas da "serra" do Mar, modificando-se sensivelmente nas encostas sotavento desses relevos. Esse efeito de *foëhn* constata-se ao longo do vale do Paraíba do Sul.

No Município de Petrópolis esse fator se constata registrando-se índices de umidade e movimentos de massa, acompanhados de grande poluição nas águas, na Cidade do mesmo nome. Para o interior, entretanto, distante dos efeitos orográficos, há trechos menos poluídos, como os circundantes a Correias, onde o ar é mais seco e mais saudável.

Conseqüentemente, locais próximos, mas situados em condições diferentes quanto aos fatores climáticos e ao domínio do ser humano, apresentam-se diversamente favoráveis à geração de poluentes.

As queimadas fornecem detritos e fumaça para as camadas aéreas superiores. Os poluentes das fábricas podem ser conduzidos a longa distância e afetar outros locais, como ocorre na poluição química, proveniente de Cabo Frio.

Grande fluxo de veículos, exploração de pedreiras, são outras fontes geradoras de poluição aérea. Todos os elementos da poluição aérea, aqui abordados, são próprios das duas grandes Regiões Metropolitanas e constituem ao mesmo tempo fatores da poluição sonora, peculiares aos centros de maior desenvolvimento econômico do Brasil Sudeste.

As duas Regiões Metropolitanas, embora embutidas no grande domínio morfoclimático tropical úmido, afeitas às combinações de muitas variáveis comuns que as predispõem à erosão ativa, geradora de núcleos de poluição, opõem-se, entretanto, quanto às posições assumidas nos relevos montanhosos da "serra" do Mar.

A análise das formas de relevo e da topografia, comparativamente, elaborada, demonstra as diferenças amplimétricas entre os níveis de ambas. Enquanto na Região Metropolitana de São Paulo observa-se fraca amplitude, estabelecida entre os níveis de 800-1.300 metros de altitude, na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, os níveis colocam-se entre 0-2.000 metros de altitude. Quanto à primeira referida assentada diretamente sobre as elevações do planalto Paulista, apresenta-se à salvaguarda das penetrações das massas de ar, através dos vales litorâneos, como ocorre no Rio de Janeiro.

As características do relevo da Região Metropolitana de São Paulo resumem-se a séries de alinhamentos montanhosos periféricos como a "serra" da Cantareira (ao norte), a 850-1.100 metros de altitude, nos Municípios de Caieiras e Mairiporã; "serra" do Itapeti, nos Municípios de Mogi das Cruzes e Guararema, típico alinhamento de direção SO-NE, (direção brasileira) e significativo do ponto de vista morfológico regional porque é o divisor de águas entre as bacias do Tietê e do Paraíba do Sul; no Município de Guararema os níveis estão entre 600-800 metros de altitude; a sudeste está o maciço de Bonilha entre 850 e 1.050 metros, no Município de São Bernardo do Campo.

A sudeste da Região Metropolitana, nas vertentes setentrionais da "serra" de Paranapiacaba, o rio São Lourenço entre 1.000 a 800 metros de altitude, dissecando as áreas abrangidas pelos Municípios de Cotia, Itapecerica da Serra e Juquitiba, para jusante até os níveis de 600-800 metros de altitude.

Esses alinhamentos serranos são importantes, não só pelo que representam em função da direção e penetração das massas de ar, mas também pelo seu condicionamento às situações atmosféricas do interior da Região Metropolitana. Nesta dominam colinas arredondadas, de altitude média, patamares dissecados, como os que constituem o Espigão Central, entre 740 e 745 metros de altitude e planícies com rios meândricos e várzeas.

Os níveis topográficos, na Região Metropolitana de São Paulo foram esquematizados por Ab'Saber [9] como:

[9] Ver Bibliografia, 1.

SUPERFÍCIES GERAIS:

1.100-1.300 metros de altitude, associável à superfície de cristas médias, de Martonne [10] e datada do Cretáceo; 920-950 metros de altitude; superfície Itapecerica-Cotia, datada do Paleógeno e 800-830 metros de altitude, superfície de São Paulo, datada de Plio-Pleistoceno.

Na "bacia fluvial de compartimento de planalto" há níveis de dissecação situados entre 740-745 metros e 760-770 metros de altitude; 724-728 metros e 728-735 metros de altitude, conforme Ab'Saber [11].

As condições do relevo na Região Metropolitana do Rio de Janeiro compõem uma forma, aproximadamente, triangular, aberta para o oceano, através de várias unidades de planícies. As características físicas condicionam os limites intermunicipais regionais, fazendo com que apenas um Município, o de Petrópolis, ocupando os extremos setentrionais dessa região, estenda-se pelo reverso da "serra" do Mar. Os demais municípios, ou dominam os patamares dissecados pelos rios, terraços e piemontes, na frente dessa unidade morfológica, ou ocupam os interflúvios baixos e o litoral, onde é maior a influência das correntes aéreas [12].

Observa-se, ao longo do rio Piabanha, evidente dissimetria morfológica que se acentua nas proximidades dos contatos com níveis superiores a 1.500 e 2.000 metros de altitude, representativos nesta última das escarpas mais íngremes, assinaladas pela Pedra do Sino (2.200 m de altitude e Dedo de Deus — 1.696 m de altitude).

Limitando-se com esse nível, ao longo das duas margens do mencionado rio, as vertentes entre 1.000 e 1.500 metros de altitude tem maior expressão, principalmente, à margem esquerda do rio e se tornam muito importantes no extremo ocidental da Região Metropolitana, por constituir o divisor de águas entre os rios afluentes da margem direita da bacia do Paraíba do Sul que apresenta direções várias nessa área.

O nível de 500-1.000 metros de altitude notabiliza-se por ser representativo dos primeiros trechos em demanda do reverso da "serra" do Mar.

A interiorização regional do nível é notável por atingir os extremos setentrionais, identificando-se, ora na continuidade da faixa meridional montanhosa, ora nos núcleos mais elevados dos maciços esparsos nas baixadas. Dessas altitudes para o sul, os desníveis do relevo estão afetos a degraus notabilizados por contínuos processos de erosão regressiva, vinculada aos cursos d'água de direções SO-NE (direção brasileira) ou NO-SE (direção Caraíba), conforme o predomínio das estruturas regionais. A seqüência desses níveis está no setor norte dos Municípios de Magé e Nova Iguaçu.

O nível de 250 a 500 metros de altitude identifica-se com os patamares inferiores das "serras", constituindo o rebordo meridional de toda a unidade montanhosa. A ele filiam-se, também, alguns testemunhos à jusante e é representativo da franja meridional da "serra" das Araras.

---

[10] Ver Bibliografia, 6.

[11] Ver Bibliografia, 1.

[12] Ver Bibliografia, 4.

A oeste, esse nível, sem prejudicar a sua presença ao longo de outras elevações, chega a atingir as proximidades litorâneas, sob a forma de ombreiras, cristas e morros isolados na planície. É o nível de periferia montanhosa, formando o piemonte da "serra" do Mar, na vertente barlavento.

É um dos níveis regionais mais significativos porque através deles, devido à sua acessibilidade, a ocupação humana se expandiu para galgar as áreas de clima mais ameno do que o das baixadas quentes e úmidas.

Existe correspondência entre esse nível e a direção dos principais cursos fluviais, como Piabanha, Preto e Fagundes, através dos quais se desenvolvem os centros industriais "da serra".

Os aspectos físicos próprios ao nível 250-500 metros de altitude, envolvem também todos os maciços litorâneos, deixando evidentes, na sua periferia, os lineamentos dominantemente de direção SO-NE (direção brasileira).

Esses níveis limitam-se com os compreendidos entre 0 e 250 metros de altitude, representados por terraços, colinas ilhas, dunas, lagunas e restingas; eles cominam a maior parte da superfície da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

Entre os aspectos do modelado figuram os que são dispostos em alinhamentos dissecados alternados por vales. Tanto no alto da "serra" quanto nas baixadas, os vales favorecem a concentração dos poluentes do ar, como se verifica na Região Metropolitana do Rio de Janeiro ao longo do Piabanha.

Na Região Metropolitana de São Paulo, o vale do Tietê, ocupa a "bacia de comportamento" em cujo interior os níveis topográficos não se distanciam muito entre si. É, por natureza, diante das disposições anfiteátricas, já referidas, um grande concentrador de poluição do ar, altamente significativo pelo envolvimento do grande número de fontes geradoras de poluentes.

Nos vales e bacias compartimentadas, portanto, as camadas de ar frio mais densas, retêm-se nos níveis inferiores, concorrendo para a determinação anormal de gradiente térmico, provocando acentuada estabilidade atmosférica. Embora essa Região se caracterize pelas grandes aglomerações urbanas, e, portanto, altamente ocupadas por edifícios, não se observa dispersão do ar significativa.

Nas planícies amplas, a existência dos poluentes do ar são mais suscetíveis à mobilidade pela atuação das brisas de vale, isto é, correntes aéreas que nascem entre o vale e a planície, e as brisas de encosta, ou seja, aquelas existentes entre o fundo e o cume do vale. Esses fatos levam a se estudar a poluição do ar, verificando-se as direções e freqüência predominantes dos ventos, em relação às fontes poluidoras e sua variabilidade durante todo o ano. Esse fenômeno de inversão térmica altera-se, ainda, segundo a posição dos focos poluidores.

Um perfil realizado entre os Municípios de Itaguaí e de Petrópolis mostra as diferenças registradas, desde a baixada, no piemonte e na vertente sotavento da "serra". A tabela 1 reflete a influência do modelado sobre tais disparidades, isto é, os postos Ecologia Agrícola, Rio Douro, Tinguá e Xerém apresentam decréscimo térmico, à medida do seu afastamento em relação ao mar. Sensível modificação térmica observa-se em Petrópolis, mas com expressiva diferença também altimétrica e onde a poluição do ar, na área serrana é mais significativa porque a

inversão térmica encontra excelentes condições naturais para a estabilidade do ar, aliadas às instalações industriais que aí se concentram, nesse trecho do Município.

Ao norte, entretanto, em Araras, a altitude decresce, aumentando o índice térmico, em virtude também da ampliação do vale do Piabanha, local onde as brisas de relevo mobilizam o ar poluído.

Uma observação, à mesma tabela, percebe-se a modificação térmica, ao longo do perfil.

No mesmo sentido, pode-se concluir quanto à influência dos ventos portadores de unidade que modificam suas características, após penetrarem no reverso da "serra". Tais observações podem ser associadas às posições das curvas de nível.

O fenômeno da inversão térmica, ao qual se prende a poluição do ar, ocasionada pela expansão (ação térmica elevada diurna) e contração (baixa térmica, noturna) sobre a superfície prende-se ao deslocamento vertical dos poluentes.

TABELA 1

DIFERENÇAS TÉRMICAS E PRECIPITAÇÃO EM RELAÇÃO À ALTITUDE EM ALGUNS MUNICÍPIOS DA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO

POSTOS (MUNICÍPIOS)	ALTITUDE (m)	PRECIPITAÇÃO (mm)	TEMPERATURA (°C)
Mangaratiba (Fazenda Lopo)	60	2 185,3	—
Itaguaí (Ecologia Agrícola)	33	1 291,7	22,7
Nova Iguaçu (Rio Douro)	127	2 092,1	21,7
Nova Iguaçu (Tinguá)	125	2 268,2	21,7
Duque de Caxias (Xerém)	144	2 599,6	21,3
Petrópolis (Petrópolis)	895	2 001,6	17,9
Petrópolis (Araras)	820	1 603,9	18,3
Petrópolis (Pedro do Rio)	645	1 167,4	—

A situação atmosférica pode ser, entretanto, alterada pela ação de sistemas aéreos diferentes, capazes de conduzir os poluentes a outros locais. Conseqüentemente, os foços poluidores podem se localizar muito distante das fontes poluidoras. É, por exemplo, o que se passa com os poluentes industriais, ocorrentes na indústria química de Cabo Frio afetando até os limites dos municípios orientais da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

As queimadas fornecem detritos e fumaças para as camadas aéreas superiores.

O grande fluxo de veículos, estacionamentos, exploração de pedreiras são outras fontes geradoras de poluição do ar, nas duas Regiões Metropolitanas.

As fontes de poluição, de naturezas idênticas, produzem, conseqüentemente, focos de poluição diversos, entre as duas Regiões Metropolitanas, tendo em vista a posição geográfica peculiar a cada uma e toda a soma de condicionamentos morfológicos e meteorológicos.

As áreas vizinhas ao mar são atingidas pelos cristais de cloreto de sódio (Na CL), cloreto de magnésio (Mg CL_2), cloreto de cálcio (CA CL_2), brometo de potássio (KBr) e outros que impregnam os nevoeiros e brumas. Depositados sobre o continente, esses elementos provocam um tipo de poluição corrosiva, atingindo instalações e até mesmo o modelado terrestre.

Outras modalidades de poluição do ar referem-se às partículas do polem, de esporos, componentes orgânicos voláteis, bactérias microbianas, compostos orgânicos azotados que afetam o bem estar humano.

Logo, para se conhecer a poluição atmosférica, é imprescindível fazer-se um inventário sobre as condições físicas-meteorológicas. Isto porque a topografia desenvolve papel de anteparo às penetrações das massas de ar acarretadoras de violentos aguaceiros. Elas sofrem ascensão e precipitação no impacto com as escarpas da "serra" do Mar modificando-se sensivelmente, nas encostas sotavento desses relevos. Esse efeito de *foëhn* constata-se ao longo do vale do Paraíba do Sul.

No Município de Petrópolis, por exemplo, esse fato se constata registrando-se índices de umidade e movimentos de massa, acompanhados de grande poluição nas águas, na Cidade do mesmo nome. Para o interior, entretanto, distante dos efeitos orográficos, há trechos menos poluídos, como os circundantes a Correias, onde o ar é mais seco e mais saudável.

Para a poluição atmosférica é importante conhecer não só o comportamento médio dos elementos meteorológicos, mas também a variação de seu comportamento no tempo e no espaço. É através das correlações do comportamento dos poluentes e dos elementos meteorológicos que se pode verificar que, de um ano para outro, a influência climatológica nem sempre é a mesma em igual época do ano.

A média do comportamento dos elementos climatológicos dá uma visão dos meses que mais favorecem a poluição atmosférica e dos que não a favorecem. Já, através de uma análise anual do clima, verifica-se que há anos em que as condições meteorológicas podem ser bastante favoráveis à poluição durante todo ano, e outro em que tem-se o inverso.

Pode-se admitir com base em pesquisas anteriores que o predomínio de calmarias de elevado número de nevoeiros e névoa seca, bem como de inversões térmicas, contribuem para o aumento da poluição do ar.

Nos meses frios, normalmente, a poluição atmosférica aumenta, conjugando-se vários fatores determinantes desse comportamento, como por exemplo, baixas temperaturas e inversões térmicas freqüentes.

As inversões térmicas podem ocorrer também em altitudes, devido a ventos de diferentes direções e diferentes temperaturas. Nesses casos registra-se em altitudes um movimento contínuo de descida do ar, o que vai levar à formação de uma inversão de altitude. A presença destas inversões para a poluição é que, com o ar inferior mais frio, e portanto mais pesado, ficam retidos todos os poluentes nele lançados até que a massa de ar desapareça, o que contribui para uma grande concentração de poluentes sobre a área.

Com observações de temperatura do ar em altitudes feitas em quase todas as partes do mundo, deve-se concluir que, normalmente, em média, a temperatura declina de 0,6°C para cada 100 metros de altitude. Porém, em alguns casos, ao invés de decrescer com a altitude,

a temperatura aumenta até um determinado nível, continuando a declinar a seguir. Esse fenômeno é considerado de inversão térmica ou simplesmente inversão.

Já na estação quente, ou no verão da região, nota-se que as condições meteorológicas não favorecem tanto a poluição, e as variações dos índices em uma região, deve-se mais a atuação dos ventos e ao tipo de sítio em que a cidade encontra-se inserida. Se há uma atividade poluidora em certa região situada em um vale ou próxima de morros ou maciços que mudam a direção dos ventos locais, estes acentuam condições favoráveis à poluição do ar, principalmente propiciando a formação constante de nevoeiros e inversões térmicas.

As chuvas têm importância maior quanto ao seu ritmo de freqüência do que quanto a quantidade total caída, durante um ano, ficando assim mais representativa na interação relevo-solo-vegetação e atividades humanas. E a umidade dos trópicos tem ação química e mecânica conduzindo as rochas à decomposição e à desagregação, completanto a soma de variáveis influentes sobre as questões ambientais próprias ao Brasil Sudeste.

4 — BIBLIOGRAFIA

1 — AB'SABER, Aziz Nacib. Geomorfologia do sítio urbano de São Paulo. Boletim 219, Geografia 12, São Paulo, 1957. 343 p. USP.

2 — ———. Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil. Geomorfologia, São Paulo, (9):20-6, 1970. Instituto de Geografia, USP.

3 — DEFFONTAINES, Pierre. Geografia humana no Brasil. *Revista Brasileira de Geografia,* Rio de Janeiro, IBGE, *1*(11):19-67, jan. 1939.

4 — MAIO, Celeste Rodrigues. Contribuição da geomorfologia aos estudos de poluição. Geografia e Planejamento, São Paulo, (37), Instituto de Geografia, USP, 1981. 14 p.

5 — ———. Influências Geomorfológica na poluição da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Boletim Geográfico, Rio de Janeiro, (256):159-61, jan./mar. 1978.

6 — MARTONNE, Emmanuel De. Problemas morfológicos do Brasil tropical atlântico. *Revista Brasileira de Geografia,* Rio de Janeiro, IBGE, *5*(4):523-50, out./dez. 1943.

7 — ———. Problemas morfológicos do Brasil tropical atlântico. *Revista Brasileira de Geografia,* Rio de Janeiro, IBGE, *6*(2):155-78, abr./jun. 1944.

Esta comunicação foi recebida pela Superintendência do Centro Editorial — CEDIT, no dia 05 de novembro de 1985.