

SUBSÍDIOS DA PESQUISA DE BASE PARA A GESTÃO AMBIENTAL NA ÁREA DA BACIA DO PARAIBUNA - SP

Antonio Carlos Colangelo*

ABSTRACT

One important purpose for to stablish environmental planning is to reduce the enviromental impacts with respect to the humam activity. This supose the knowledge about pedogeomorphic dynamics and too evaluate the threshold of the variables involvedwith these processes. If the processes are impossible to mapping, their morphological efects yes. Superficial formations and scars are elements easily identified and delineated in the stereoscopic model of airphotos. We propuse in this paper one new approach to the identification of geomorphic indicators for the mapping of geodinamics unities and their evolutionary prognostic for the environmental decision making and policy.

INTRODUÇÃO

Neste artigo são apresentados alguns resultados obtidos de um levantamento preliminar que tem por objetivo fornecer dados para a efetivação de zoneamento ambiental e diretrizes de pesquisa, com base na caracterização de sistemas de relevo e sua dinâmica atual (sistema de erosão) na área do Núcleo Santa Virgínia. Os sistemas físico e biótico terrestres apresentam três características fundamentais: são dinâmicos por natureza, são meios anisotrópicos por excelência e seus elementos constituintes apresentam multiescalareidade. Particularmente, quanto aos sistemas morfogenéticos, estes se caracterizam pela ação continuada de conjuntos de processos erosivos específicos, interfluviais e fluviais, os quais, para uma dada área, constituem a própria expressão da dinâmica do meio físico que a ela está vinculada.

CONSIDERAÇÕES ACERCA DO MEIO FÍSICO TERRESTRE

O meio físico terrestre, à superfície, agrega originalmente os seguintes elementos: *rocha, clima, relevo, solo, água e organismos*. Dentre tais elementos, os de mais fácil acesso a partir do modelo estereoscópico montado com fotografias aéreas verticais são, sem dúvida, o relevo e a cobertura vegetal que se manifestam nos modelos estereoscópicos, montados, através da geometria das formas dos padrões texturais e de uma infinidade de tons de cinza. Cumpre lembrar que alguns aspectos estruturais da cobertura vegetal e o uso da terra são também outros elementos de acesso relativamente fácil, porém não tão imediato como no caso das formas de relevo.

(*) Professor do Departamento de Geografia – FFLCH/USP.

As formas de relevo são o resultado, no tempo e no espaço, da interação entre fatores endógenos (tipos de rochas, processos e estruturas litotectônicas) e fatores exógenos (os tipos de clima e sua dinâmica – variações de umidade, temperatura, etc...). Por esta mesma razão a morfogênese tem uma forte relação com os materiais de superfície, incluindo a cobertura pedológica, e a dinâmica da água. Os fluxos hídricos superficiais são em grande parte controlados, qualitativa e quantitativamente, pelas formas de relevo e pelo tipo de "formação superficial" (material superficial inconsolidado), além da própria cobertura vegetal. Partindo-se do princípio de que existe também uma forte correlação entre formas de relevo e materiais superficiais (formações superficiais), podemos afirmar ser possível inferir através das formas de relevo sobre certas características vinculadas tanto às formações superficiais, quanto às coberturas pedológicas.

Com relação a este trabalho, foi possível identificar nove tipos distintos de depósitos coluviais, dentre os quais estão os de movimentos de massa planares, muito freqüentes na área do Núcleo Santa Virgínia. Para responder da maneira mais objetiva possível aos problemas operacionais postos pelo "Plano de Gestão" para a área do "Parque Estadual da Serra do Mar" é imprescindível uma avaliação criteriosa da interação entre os fatores acima referidos e a dinâmica da água fluvial e interfluvial, a qual viabiliza, regula e interage com uma infinidade de processos físicos, químicos e biológicos.

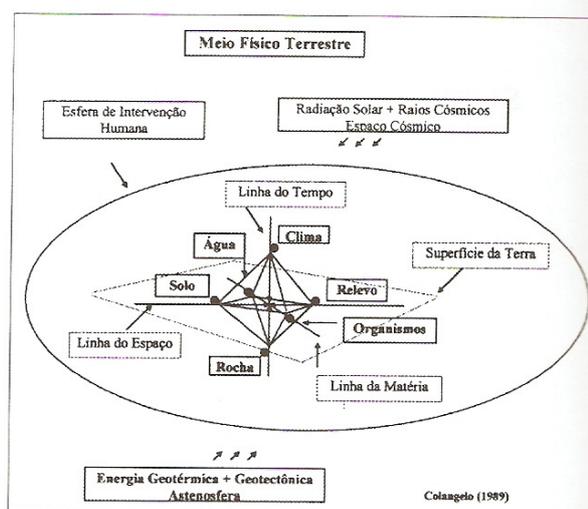


Figura1 – Os seis elementos constituintes do "Meio Físico Terrestre" à superfície da Terra, agrupados em três pares antagônicos e complementares: [clima ↔ rocha], [relevo ↔ solo], [água ↔ organismos]. Cada par define um eixo ou linha, respectivamente: [linha do tempo], [linha do espaço] e [linha da matéria].

A hidrodinâmica de superfície e subsuperfície está diretamente conectada com a dinâmica dos materiais inconsolidados: alteritas e coberturas pedológicas. É o tipo de hidrodinâmica que vai caracterizar os distintos *sistemas de erosão*, os quais se vinculam a seus respectivos *sistemas morfogenéticos*, que por sua vez são identificáveis na "Paisagem" através de conjuntos de *sistemas de relevo*, os quais exibem padrões característicos. Já que tais sistemas de relevo são visualizáveis diretamente no *modelo estereoscópico* construído a partir das fotografias aéreas verticais, sua utilização é imprescindível, tanto na fase de caracterização preliminar quanto na de detalhamento, posterior. Por isto, para a proposta de um zoneamento preliminar foram caracterizadas, na área do Núcleo Santa Virgínia, unidades diferenciadas em função dos tipos de "morfologia do relevo"

e da distribuição (arranjo espacial) dos tipos de “*formações superficiais*”, com base em método de fotointerpretação estabelecido por Colangelo (1989, 1991 e 1995), já aplicado às áreas de Paraibuna e São Luis do Paraitinga.

CARACTERIZAÇÃO E DINÂMICA DO MEIO FÍSICO NA ÁREA DO NÚCLEO SANTA VIRGÍNIA

Localizado em área do Parque Estadual da Serra do Mar, parte no Município de São Luís do Paraitinga e parte nos Municípios de Ubatuba e Cunha, o Núcleo Santa Virgínia encontra-se na Macro-unidade Geomorfológica do “Planalto Atlântico Paulista”, no reverso imediato às escarpas da “Serra do Mar”, ocupando área de 4.894,20 ha. O relevo é predominantemente escarpado, tipicamente serrano com vertentes retilíneas, sendo as declividades fortes e os vales em “V” bem marcados na Paisagem. Os topos das cristas encontram-se entre as cotas de 960 e 1160 m, na área do Núcleo propriamente dito, mas podem atingir até 1585 m, como no caso da “Serra do Alto Grande”, localizada a 9 Km da sede, na Bacia do Ribeirão Grande ou do Palmital, afluente do Paraibuna. As amplitudes topográficas interfluviais (topo – fundo de vale) variam entre 60 e 500 m nesta área. A colúviação é conspícua nos fundos de vale, estando vinculada à ocorrência de processos de movimentos coletivos de solo, principalmente planares, dado o forte controle lito-estrutural existente. Secundariamente os movimentos rotacionais (“slumps”) são identificados, havendo também a presença de cones de detritos, rampas e outros tipos de colúviação envolvendo desde deposição de fina camada de partículas individuais, nas vertentes, (“colúviação

pelicular”, Colangelo, 1995) até importantes “avalanches de detritos”, que neste caso comportam depósitos bem mais espessos.

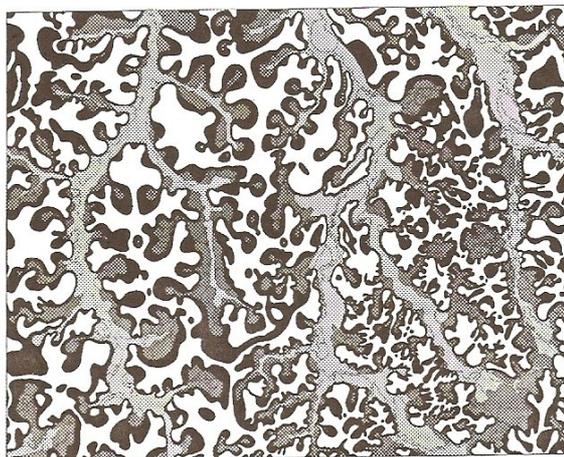


Fig.1: Área amostral borba. Distribuição da rede de eluviação interfluvial (branco), da franja de iluviação interfluvial – domínio de ocorrência dos volumes Bt – (preto), dos depósitos colúviais (cinza escuro) e dos depósitos alúviais (cinza claro).

Devido ao forte entalhe e encaixe às estruturas dos canais fluviais e seus vales (em “V” fechados), os depósitos alúviais são, em geral, pouco extensos e descontínuos, ficando restritos aos fundos de vale. Entretanto, quando os vales se abrem em alvéolos, controlados por soleiras, níveis de base locais constituídos por travessões de rocha resistentes, tais depósitos alúviais são um pouco mais expressivos, estando sempre parcialmente recobertos por colúvios, principalmente quando se desdobram em níveis de terraço fluvial, o que é bastante freqüente devido ao forte entalhe fluvial verificado neste sistema morfogênico, submetido a clima tropical úmido e epirogênese positiva. Isto ocorre porque nestes sítios há uma mudança acentuada na relação incisão de “talvegue”(canal fluvial)/ recuo das vertentes, de

modo que as soleiras rochosas funcionam como diques a represar sedimentos a montante e a controlar a presença de rápidos e cachoeiras a jusante. Do ponto de vista da ocupação humana, foram justamente estas áreas de alvéolos os locais preferenciais para o desenvolvimento dos "Bairros", que marcaram a história da ocupação deste setor de "alto vale" do rio Paraíba do Sul.

O embasamento rochoso é constituído preferencialmente por granitóides, do Proterozóico Superior, Domínio do Complexo Embu (Fernandes, 1991). O controle das lito-estruturas sobre o relevo é notável, não só determinando os padrões da rede de drenagem, mas também parte considerável da morfologia interfluvial (vertentes). O sistema de estruturas principal está orientado segundo o rumo chamado "direção brasileira" (NE-SW), e apresenta forte mergulho (entre 44° e 82°) para NNW, com predomínio das estruturas subverticais. A drenagem principal (rios de ordem maior) é fortemente controlada pelo rumo da direção brasileira, sendo subsequente a ele, enquanto os afluentes de menor ordem estão controlados pelas fraturas tectônicas, orientados ortogonalmente em relação às estruturas principais, na direção NW-SE. Quando o mergulho das estruturas litológicas é menor, da ordem de 40°, os vales apresentam-se notavelmente assimétricos, estando a maior declividade vinculada à vertente discordante ao mergulho das lito-estruturas. Tomada em conjunto, a rede de drenagem fluvial apresenta padrão dendrítico podendo passar a sub-retangular. Regionalmente, os cursos de maior ordem apresentam um excelente paralelismo concordante à "direção brasileira", como no caso do Paraibuna, Paraitinga e do próprio Paraíba do Sul (Almeida, 1964). O regime do escoamento dos rios de ordem menor é, na área do Núcleo, predominantemente *rápido* ou *torrencial* (número de Froude $F > 1$), sendo tal torrencialidade devida a dois fatores: o fator climático (alta

pluviosidade) combinado ao fator estrutural (presença de inúmeros travessões de rocha resistentes e desníveis tectônicos).

A cobertura pedológica é geralmente pouco profunda, com não mais de 1 metro, considerados os horizontes A e B, nas vertentes com declividades acima de 30°, e está classificada na carta de solos do Estado de São Paulo (CSSN, 1960) como sendo dos tipos: "Solos de Campos do Jordão", nos topos dos compartimentos mais elevados, com embasamento rochoso de filitos, granitos e gnaisses; "Latosolos Vermelho Amarelo orto", muito profundos (e2,0m), em compartimentos com relevo de morros, com material de origem formado por granitos e gnaisses, e; "Latosolos Vermelho Amarelo fase rasa", bem menos profundos que a unidade anterior (d1,2m), ocorrendo sobre filitos, xistos, gnaisses e granitos.

As fortes declividades do terreno (25°-45°) somadas às características mecânicas deste tipo de solo, do material de alteração subjacente e ao clima tropical muito úmido (2800 mm de chuvas anuais, em média), torna realmente surpreendente constatar que, ainda assim, estes materiais pedológicos e de alteração de rocha se sustentam nas vertentes por um período de tempo que, poderíamos dizer, é relativamente longo para a escala humana e dadas as precárias condições em que se encontram, do ponto de vista do seu equilíbrio mecânico. Já quanto à escala do tempo geológico, podemos dizer que esta área incorpora um dinamismo extremo, mesmo considerados os últimos 11.000 anos da época holocênica, de modo que os materiais de vertente estariam, nesta perspectiva, como que escoando continuamente para jusante sob a ação dos mais diversos tipos de processos, tanto fluviais como interfluviais.

A vegetação nativa na área do Núcleo é a Floresta Atlântica, que tem um dinamismo fi-

tossociológico muito ajustado à dinâmica morfo-genética do relevo, onde os movimentos de massa desempenham um papel central. Algumas espécies não teriam lugar neste ecossistema caso não fossem abertas periodicamente clareiras pelos movimentos de massa, facilitando desta forma o acesso à luz, muito escassa nos estratos inferiores na mata pluvial tropical. Outro aspecto de interesse refere-se ao fato de os escorregamentos produzirem depósitos correlativos que, do ponto de vista geocológico, correspondem a ambientes muito especiais, com materiais texturalmente heterométricos e mais espessos que os de montante, o que lhes confere maior porosidade e permeabilidade, além de permitir o armazenamento de maior quantidade de umidade. Estes depósitos, também ricos em matéria orgânica trazida das partes mais altas, constituem ambiente propício ao maior desenvolvimento da vegetação, de modo que sobre estes materiais, geralmente alojados nos sopés das vertentes, verifica-se a maior estatura do dossel florestal.

Os movimentos coletivos de solo constituem um elemento geocodinâmico extremamente importante na área em questão, tendo sido mapeados nove tipos diferentes depósitos coluvionares a eles vinculados, perfazendo um total de cerca de 1900 unidades mapeadas em uma área de 150 Km², nas proximidades de São Luís do Paraitinga (Colangelo, 1995). Deste total, 750 são constituídos de depósitos correlativos a escorregamentos rotacionais ("slumps"), os quais predominam nas áreas de "morros mamelonizados" ("policonvexos, ou meias-laranjas"). Já na área do Núcleo Santa Virgínia, onde o relevo é predominantemente escarpado, serrano, os processos de vertente predominantes são os escorregamentos planares, ou translacionais. Anteriormente, Cruz (1974), De Ploey et al. (1978) e De Ploey & Cruz (1979) já haviam tratado do movimento de massa como elemento integrado à dinâmica evolutiva

nas vertentes florestadas do "Brasil Tropical Úmido", as quais constituem sistemas altamente dinâmicos, como é o caso das escarpas da serra do mar.

Por todas as razões que acabamos de expor, um "Plano de Gestão" para áreas de conservação como as do Parque Estadual da Serra do Mar, onde se inclui o Núcleo Santa Virgínia, deve contemplar a análise geomorfológica e a realização de prognóstico com mapeamento das áreas de risco de ocorrência de movimentos de massa, além de um diagnóstico sobre os processos erosivos emergentes.

ZONEAMENTO PRELIMINAR COM BASE NO MAPEAMENTO DE UNIDADES DE RELEVO: METODOLOGIA

1 - Elementos Fundamentais

Na qualidade de proposta preliminar para o zoneamento ambiental foi feito, na área do Núcleo Santa Virgínia, um mapeamento de Unidades de Relevo a partir de fotografias aéreas na escala 1:25.000 (do ano de 1962). Os resultados foram transpostos para base topográfica em escala 1:50.000.

Nesta primeira avaliação foram considerados os seguintes elementos:

1- *formações superficiais* (materiais autóctones e depósitos: coluviais e aluviais).

2- *morfologia do relevo* (condicionantes de dispersão e de concentração de drenagem).

3- *morfometria do relevo* (cobertura em área, orientação e declividade das vertentes).

4 - *risco de ocorrência de movimentos de massa* (com base nos resultados obtidos nos itens anterior-

res e nos ensaios rápidos de campo sobre a resistência ao cisalhamento dos materiais de vertente).

2 - Critérios de identificação das unidades de relevo

Cinco "Unidades de Relevo" foram identificadas e delimitadas na carta 1:50.000. Para tal, foram utilizados na sua identificação os seguintes critérios:

1- *Morfologia das vertentes.*

2- *Amplitudes topográficas e declividades no domínio interfluvial.*

3- *Extensão e tipo de coluvionamento em vertentes e nos fundos de vale.*

4- *Extensão das planícies aluviais alveolares.*

Dos critérios de primeira ordem acima referidos é possível estabelecer inferências preliminares sobre os seguintes fatores vinculados ao meio físico:

1- *Profundidade da cobertura pedológica* (Horizontes A e B): a partir da morfologia das vertentes, declividades e tipo de embasamento rochoso.

2 - *Regime dos cursos fluviais* (fluvial ou torrencial): num primeiro momento, a partir da presença ou ausência de depósitos fluviais e declividade do canal.

3 - *Variabilidade na vazão dos rios*: a partir da extensão e tipologia do coluvionamento nas vertentes e nos fundos de vale, o que constitui fator de controle sobre o efeito de retenção hídrica

hipodérmica, que batizamos de "*efeito esponja*" Colangelo (1995).

4 - *Maior ou menor susceptibilidade a cheias*: a partir da maior ou menor variabilidade apresentada pela vazão dos rios.

5 - *Maior ou menor susceptibilidade à ocorrência de escorregamentos*: a partir da morfologia do relevo (morfo-indicadores), declividades, profundidade das coberturas pedológicas e posicionamento relativo das lito-estruturas em relação às faces das vertentes.

3 - As unidades de relevo mapeadas

Nesta primeira abordagem, foram identificadas cinco (5) unidades de relevo distintas na área do Núcleo Santa Virgínia. Duas unidades de morros e duas unidades de serras encontram-se no Planalto Atlântico, enquanto uma unidade constitui a porção extremo montante da escarpa da Serra do Mar. Por sua vez, estas unidades são drenadas por seis (6) unidades hidrológicas (a,b,c,d,e,f), as quais correspondem a bacias hidrográficas de pequena ordem.

O sistema bacia de drenagem foi também considerado em virtude de constituir unidade sistêmica que integra várias dinâmicas, a saber: a hídrica, a dos materiais de vertente e a dos depósitos fluviais, e também a que está vinculada às interações fitossociológicas da cobertura vegetal. A unidade bacia de drenagem integra portanto conjuntos de sub-sistemas os quais estão conectados em cascata, de modo que qualquer alteração que afete algum componente de algum dos sub-sistemas a montante terá conseqüências sobre os sub-sistemas a jusante e vice-versa. Por esta razão, cremos que a unidade bacia de drenagem deva ser contemplada em planos de gestão desta

natureza. Entretanto, as fronteiras das bacias (ou sistemas) de drenagem não coincidem com as fronteiras dos sistemas de relevo, razão pela qual o zoneamento preliminar aqui proposto contempla estes dois elementos.

Unidades de Relevo:

- 1 Morros 1
- 2 Morros 2
- 3 Serras 1
- 4 Serras 2
- 5 Escarpa da Serra do Mar

Unidades Hidrológicas (Bacias de Drenagem):

- a Bacias Costeiras
- b Rio Ipiranga
- c Afluentes de Pequena Ordem (Rio Paraibuna)
- d Rios da Prata, Estiva e Faz. Taguá.
- e Rio Palmital
- f Rio Bonito

DESCRIÇÃO DAS UNIDADES DE RELEVO

1 - Morros 1: Morros com baixa amplitude topográfica (40 m - 80 m), observados já no Planalto Atlântico, no reverso imediato às escarpas da Serra do Mar, onde os totais anuais de chuvas são superiores a 3000 mm. A esta unidade correspondem as cabeceiras de drenagem, tanto das bacias que drenam para o interior do planalto, de afluentes do Paraibuna, Rios Ipiranga e Bonito, como também das bacias voltadas para o litoral, Rios Itamambuca, Indaiá e o Rio Grande de Ubatuba. Embora pequenos, os morros neste sistema de relevo (nº1) apresentam fortes declividades nas vertentes, os topos são restritos e há também fortes indicadores da presença de movimentos de massa, tanto pela identificação de cicatrizes a montante como pela presença de depósitos correlativos preservados no sopé. Foram observadas também morfologias indicadoras da presença de depósitos correlativos a movimentos de massa em fundos de vale, sobre os quais, ao que tudo indica, assenta-se vegetação de porte um pouco maior. Há, ao que parece, uma forte correlação entre este tipo de relevo e a cobertura vegetal, que, através das fotos aéreas, exhibe elementos estruturais identificáveis apenas nesta unidade de relevo (dossel com textura muito fina, donde se infere estrato arbóreo de baixa ou mediana estatura?). A rede de drenagem é dendrítica e composta de grande número de canais fluviais de baixa ordem, sendo aqui pouco visível o controle das estruturas tectônicas sobre o modelado. Acreditamos que, por todas estas características e por constituir uma unidade de fronteira entre "Escarpa da Serra do Mar" e "Planalto Atlântico", a ela deva-se atribuir as maiores restrições de uso.

2 - Morros 2: Esta unidade 2 é constituída por morros com amplitudes topográficas da ordem de 80 m a 150 m, as vertentes são retilíneas

em sua maior extensão, os topos restritos e as declividades maiores que no caso da unidade anterior. Devido ao controle das lito-estruturas, orientadas na direção brasileira (NE-SW) com mergulho sub-vertical para NW, as vertentes que dão face SE e S são as mais íngremes. Entretanto, se acrescentarmos a este aspecto o fator climático, que condiciona a entrada das massas de ar úmidas, com forte embate de ventos de SE e S, vinculados a entradas de frentes chuvosas, e o menor grau de insolação que recebem estas mesmas vertentes, fica claro porque freqüentemente a vegetação de Mata Atlântica (primária) que as colonizam exibe textura mais grosseira nas fotos aéreas verticais, o que é indicador de um maior desenvolvimento (diâmetro de copas e estatura). O fato desperta a curiosidade porque vertentes mais íngremes em geral sustentam coberturas pedológicas menos espessas e conseqüentemente a vegetação deveria ser menos desenvolvida, além de, a princípio, constituírem áreas com maior risco de ocorrência de movimentos de massa. Estes morros exibem forte paralelismo interfluvial, sendo suas vertentes mais longas, com maior abrangência em área e mais íngremes que as do sistema anterior, com valores amostrais medidos no campo na faixa de 25 a 35 graus. As linhas de cumeeira interfluviais são concordantes à direção das estruturas tectônicas predominantes (NE - SW). Os depósitos de fundo de vale são bem mais restritos que na unidade anterior, especialmente no que se refere aos depósitos fluviais, neste caso quase inexistentes. Tais fatores são indicativos da presença de uma dinâmica hidrológica e de mobilização de materiais bem mais intensa que aquela apresentada pela unidade de relevo anterior, apesar dos montantes anuais de chuvas serem menores nesta unidade.

Este é o sistema de relevo que abrange a maior área dentro do "Núcleo Santa Virgínia" e também da bacia do Rio Ipiranga, a mais impor-

tante das bacias de drenagem totalmente incluídas nos seus domínios. Tomado em conjunto, este tipo de relevo apresenta um padrão alongado também concordante às estruturas tectônicas, sendo unidade contígua à unidade 1 (Morros 1). A torrencialidade dos rios é marcante, graças não apenas à declividade dos canais fluviais mas também aos elevados totais pluviométricos anuais que, sobre esta unidade, apresentam valores da ordem de 2800 mm.

3 - Serras 1: Esta unidade de relevo está constituída por relevo serrano propriamente dito, com amplitudes topográficas interfluviais entre 150 e 300 metros, topos muito restritos em cristas e as vertentes apresentam predomínio de perfis extensos, retilíneos e com declividades da ordem de 30 a 40 graus. Se somarmos aos dados anteriores os referentes aos totais anuais de chuva, da ordem de 2200 a 2600 mm (CESP-1991), fica claro entender porque, no trabalho de fotointerpretação, foi a unidade que apresentou coluvionamento mais expressivo em área. Isto significa que este sistema de relevo não apenas produz muitos depósitos coluvionares, mas também os retém por um período maior e em maior quantidade. O motivo principal desta maior retenção de depósitos se deve à presença freqüente de travessões de rocha resistentes, de origem tectônica. Estas soleiras rochosas constituem níveis de base locais a represar sedimentos a sua montante imediata, onde também se abrem os alvéolos. Graças a elas houve refreamento na velocidade do processo de incisão vertical dos canais fluviais, o que permitiu um avanço no processo de recuo das vertentes e o desenvolvimento de planícies fluviais alveolares recobertas por diversos tipos de colúvios. Ao nosso entender, estes materiais colúviais, muito expressivos nesta unidade de relevo, constituem um elemento de regulação hídrica hipodérmica muito importantes que tem conseqüên-

cias sobre o deflúvio dos rios na área. Não houvesse estes depósitos coluvionares, nestas proporções, a torrencialidade fluvial seria muito mais freqüente, especialmente após as fortes chuvas do fim do verão. É um elemento de controle sobre a vazão dos rios, na medida em que constitui um material interposto entre vertentes muito íngremes a montante e os níveis de terraço e planícies fluviais atuais a jusante. Considerando o fato de a cobertura pedológica (horizontes A e B) ser muito pouco espessa em vertentes acima de 35°, em torno 1 m ou menos nesta área, recobertas por campo antrópico remanescente, torna-se ainda mais evidente a importância representada pela função hidro-reguladora destes depósitos, que atua no sentido de reduzir em alguma proporção as amplitudes das cheias fluviais. Esta unidade de relevo apresenta uma situação contrastante do ponto de vista das perspectivas do "Plano de Gestão" para a área do Núcleo Santa Virgínia. Os fundos de vale alveolares são as áreas de menor restrição de uso e as vertentes escarpadas, à montante dos depósitos coluvionares, as de maior restrição, ficando os referidos depósitos numa posição intermediária, também do ponto de vista das restrições de uso. As vertentes escarpadas a que nos referimos são as que apresentam maior susceptibilidade à ocorrência de movimentos de massa, principalmente os planares (ou translacionais). Secundariamente ocorrem os rotacionais ("slumps"), cones de detritos na base de íngremes ravinamentos de vertente e até mesmo, porém com menor freqüência, as avalanches de detritos, representadas por pequenas rampas, principalmente nos alvéolos.

4 - Serras 2: A cerca de 5 ou 6 quilômetros da sede do Núcleo encontramos o sistema de relevo nº4 (Serras 2). Este é um sistema de cimeira, apresentando níveis de topo acima de 1400 m, com um máximo de 1585 metros no Sertão Gran-

de, o que confere a este tipo de relevo amplitudes topográficas interfluviais de mais de até 600 m. Constitui área de afloramento de um núcleo resistente de um granito-gnaiss que, por erosão diferencial combinada a possíveis movimentos tectônicos, constitui um compartimento topomorfológico único e bastante localizado, nesta área.

A declividade do leito nos cursos fluviais, principalmente os de pequena ordem, é muito forte, sendo que a rede de drenagem apresenta padrão dendrítico, típico neste tipo de embasamento rochoso (granito-gnaiss). O relevo é fortemente escarpado com declividades superiores a 35 graus, apresentando coluvionamento de talus no sopé, os quais sustentam ainda fortes declividades, sendo a ocorrência de travessões de rocha resistente com formação de alvéolos muito restrita. A forte torrencialidade dos rios combinada à ausência de alvéolos não favorece a retenção de depósitos coluvionares: portanto fica reduzido o mecanismo de regulação hídrica hipodérmica desempenhado pelos colúvios. Por outro lado, são áreas de cabeceira de drenagem, no divisor Paraibuna-Paraitinga, e portanto a área de captação de drenagem (Bacia do Ribeirão Grande ou do Palmital) nestas porções da bacia é relativamente pequena. O risco de ocorrência de movimentos de massa é grande, como quase em todas as unidades de relevo nesta área, principalmente movimentação de grande magnitude e do tipo translacional, devido à retineidade, comprimento e declividade das vertentes. Entretanto, estes movimentos de grande magnitude não são, em geral, muito freqüentes e a área é afastada de 5 a 10 quilômetros da sede do Núcleo Santa Virgínia, mais para o interior do Planalto Atlântico. Todavia a bacia do Rio Palmital é uma das mais importantes nas proximidades, apresentando um desnível de leito de mais de 700 metros em 8 quilômetros de percurso.

5 - Escarpa da Serra do Mar: As escarpas da Serra do Mar constituem um sistema de relevo muito específico e extremamente dinâmico. Suas vertentes apresentam declividades superiores a 35°, e muito freqüentemente superiores a 40°, principalmente nas porções próximas ao topo. Os movimentos de massa constituem o processo predominante neste sistema de relevo, onde a declividade dos leitos fluviais pode atingir mais de 35 graus e os montantes de chuva ultrapassam os 3000 mm anuais. São condições extremas, onde os limiares de resistência ao cisalhamento estão sendo atingidos a todo momento, em algum lugar, a cobertura pedológica é em geral insipiente e simplesmente ausente quando a declividade é superior a 50° (Wolle, informação verbal).

As bacias de drenagem oceânicas têm suas nascentes em geral a partir das escarpas, raramente avançando sobre o Planalto Atlântico, como no caso da bacia do Rio Itamambuca, que nele se adentra, drenando unidades de relevo dos tipos 1 e 2. Dadas as condições extremas de declividade dos terrenos escarpados, e excepcionais de todos os pontos de vista, deverá ser, ao que tudo indica, a área com maior restrição de uso.

DIRETRIZES DE PESQUISA PARA O MEIO FÍSICO

Sobre as diretrizes de pesquisa necessárias ao aprimoramento da proposta de zoneamento para o Plano de Gestão, podemos adiantar a necessidade de detalhamento posterior sobre os quatro elementos indicados no item sobre a metodologia, e que vimos desenvolvendo desde 1989 (Colangelo, 1989, 1991 e 1995). A abordagem proposta prevê um levantamento morfométrico do relevo rigorosamente ajustado à sua morfologia. Até o momento, as quantificações feitas a partir do método que propomos têm se mostrado mais

significativas que as resultantes das cartas de declividades e orientação de vertentes convencionais, porque contemplam efetivamente as formas de relevo nas vertentes. Considerando válida a hipótese, já levantada por Hack e Goodlett (1960), de que existe um índice de correlação significativo entre a geometria do terreno e a composição florística da mata, cremos ser mais produtivo subordinar a clinometria e a "aspectometria" (orientações de vertente) às unidades geométricas de relevo, que são as unidades "geo-ecodinâmicas", por excelência.

Sabemos que a geometria das formas de relevo regulam sobremaneira os fluxos hídricos, principalmente os de superfície. Ruhe (1975) apresenta 9 tipos básicos de formas de relevo, estabelecidos conforme o comportamento convexo, retilíneo ou côncavo apresentado pelas formas, considerados os dois planos ortogonais, planta e perfil. Os resultados obtidos em pesquisa de Doutorado que fizemos apontam no sentido de haver correspondência das formas não apenas com a hidrodinâmica de vertente, mas também com a tipologia e arranjo estrutural dos materiais superficiais inconsolidados, especialmente quanto àqueles correspondentes à cobertura pedológica, horizontes A e B (Colangelo, 1995). Neste sentido, é mais útil aos propósitos da "Gestão Ambiental" que se faça a caracterização da "morfologia das vertentes" do que da "morfologia da bacia de drenagem". Porque, deste modo, os índices morfométricos estarão vinculados à morfologia interfluvial, ou de vertente, e não à morfologia exibida pelo padrão da rede de drenagem (fluvial), ou da rede de divisores, que incorpora também dados topométricos.

A Geomorfologia fluvial americana tradicionalmente nos apresenta uma série de índices "morfométricos", os quais consideram sempre as seguintes variáveis: número de rios, comprimento total dos rios da bacia de drenagem, área da

bacia, comprimento do perímetro da bacia, perímetro da circunferência com a mesma área da bacia, amplitude topográfica, comprimento do eixo maior da bacia. A partir dos valores sobre estas variáveis são medidos os seguintes índices: Relação de Relevo (Schumn, 1956); Densidade de Rios ou Índice de Dissecção e Densidade de Drenagem (Horton, 1945); Textura Topográfica (Smith, 1950); e Coeficiente de Manutenção (Schumn, 1956). Todos estes parâmetros não contemplam a morfologia das vertentes. Isto significa que, embora possa haver alguma correspondência entre estes índices e as formas das vertentes propriamente ditas, eles, por si só, não dizem nada sobre como elas são. Não raro ocorre de estes índices apresentarem valores muito próximos, embora estando eles vinculados a bacias de drenagem cujas vertentes apresentam morfologias muito distintas sendo, do ponto de vista geodinâmico muito distintas.

O que figura acima nos parece muito relevante porque os resultados de pesquisa que obtivemos em áreas amostrais, nas proximidades de São Luís do Paraitinga, apontam no sentido de haver forte correlação entre a morfologia das vertentes e: 1 - o tipo de estrutura do embasamento (litológica e/ou tectônica); 2 - a ocorrência e tipologia de movimentos de massa; 3 - o abastecimento do lençol subterrâneo, e; 3 - a capacidade do meio físico atenuar o impacto produzido pelos eventos pluviométricos extremos, muito frequentes no final do verão nesta área. Isto, devemos repetir, considerando o clima um parâmetro fixo, nesta escala de abordagem.

MECÂNICA DOS SOLOS

Outro elemento importante a ser considerado na avaliação e valoração dos níveis de risco de ocorrência de movimentos de massa, e que faz

parte integrante da metodologia que estamos aplicando na área do Núcleo Santa Virgínia, é a utilização da *análise de limite de equilíbrio* e do modelo de *vertente infinita*, provenientes da Mecânica dos Solos.

Para sua adaptação às vertentes naturais, é necessária a realização dos seguintes ensaios:

1 - Ensaios rápidos de campo, realizados com o aparelho "Sheargraph", para a medida da resistência ao cisalhamento dos materiais (coesão e ângulo de atrito): ensaios feitos em materiais de horizontes B e C de solos.

A partir das amostras de material coletado nos pontos submetidos aos ensaios de campo, serão realizados, em laboratório:

2 - análises granulométricas, por pipetagem e peneiramento;

3 - ensaios para a obtenção dos Limites de Atterberg (liquidez e plasticidade);

4 - ensaios para a determinação dos teores de umidade, e;

5 - ensaios para a determinação da condutividade hidráulica.

Nosso objetivo é integrar os resultados da análise de limite de equilíbrio, que incorpora os ensaios de campo e laboratório acima descritos, com os resultados do mapeamento morfológico e de formações superficiais, para obter-se um mapa sobre prognóstico de evolução das vertentes, como por exemplo no que se refere às áreas susceptíveis à ocorrência de movimentos de massa. Com isto, será possível entender melhor o papel que desempenham não apenas os processos de movimentos de massa nestes geo-ecossis-

temas tropicais úmidos, mas caracterizar a geodinâmica de cada sistema de relevo estudado, em função de suas correlações com a morfologia do terreno. Esta é a metodologia que estamos aplicando na bacia do Paraibuna. A idéia ou hipótese sobre a qual está embasado o conceito de geo-ecossistema é a de que existe um grau de correlação satisfatório entre os processos pedogeomórficos superficiais e algum fator relevante a ser considerado na tipologia da cobertura vegetal coexistente. Tais fatores relevantes podem referir-se seja a aspectos estruturais, e/ou fitossociológicos ou ainda quanto à composição florística da vegetação original.

SUGESTÕES A SEREM APRECIADAS NO PLANO DE GESTÃO

Entendemos que um zoneamento proposto com base em fatores do meio físico deve ser feito sob a perspectiva da busca de uma caracterização tipológica da dinâmica do meio em questão. Por isto, como já explicamos anteriormente, é importante uma caracterização dos sistemas de relevo, porque ela identifica e caracteriza o conjunto de indicadores que controlam propriamente a dinâmica do meio físico e as suas eventuais susceptibilidades a tipos específicos de intervenção. Com base nesta caracterização, será possível avaliar o impacto dos diferentes tipos de intervenção sobre os diferentes sistemas, o que permitirá a tomada de decisão sobre que tipo de intervenção é tolerável e onde. Neste sentido, a Geomorfologia pode ser utilizada como uma ferramenta que viabiliza a obtenção de algumas informações necessárias sobre a dinâmica do meio físico. Abaixo estão relacionados alguns tipos de estudos ou levantamentos que consideramos necessários para que, no futuro, possa ser feita tal caracterização da maneira mais objetiva e racio-

nal possível (sendo, os mapeamentos, preferencialmente em escala de 1:10.000):

1 - Mapa de áreas de risco de ocorrência de movimentos de massa.

2 - Caracterizar e mapear o fenômeno erosivo de modo geral.

3 - Implantar rede de instrumental para medições sobre vazão, nos principais cursos fluviais, e caracterizar os regimes de drenagem (fluvial, torrencial).

4 - Mapeamento da cobertura pedológica na área do Núcleo, com ênfase sobre as características mecânicas e profundidade dos materiais.

CONCLUSÕES

Cinco são portanto as unidades, ou sistemas, de relevo identificadas e mapeadas na área que inclui o Núcleo Santa Virgínia e arredores. Uma unidade de "escarpa", duas de "morros" e duas de "serras". Estas unidades correspondem também a compartimentos topomorfológicos distintos: o topo da escarpa está em torno de 1000 m de altitude com o sopé a 100 m, são 900 m de amplitude topográfica. Por outro lado, no reverso imediato à escarpa da Serra do Mar, já no Planalto Atlântico, encontra-se a unidade de relevo Morros 1, que apresenta as menores "amplitudes topográficas interfluviais" de toda a área mapeada (40 a 80 m). Daí, em direção ao interior do Planalto, as amplitudes aumentam progressivamente: Morros 2 (80 a 150 m), Serras 1 (150 a 300 m) e Serras 2 (300 a 600 m). Os totais anuais de chuva e a umidade relativa do ar diminuem na direção NW, rumo ao divisor de águas das bacias do Paraibuna e do Paraitinga. Devendo sofrer ape-

nas ligeiro aumento na unidade Serras 2, pelo controle orográfico imposto pelas Serras da Queimada e do Alto Grande (1585 metros) que correspondem ao acima referido divisor. As variáveis climáticas pluviosidade e umidade relativa do ar apresentam, nesta área, sempre valores muito elevados, pela forte influência oceânica sobre o clima local. As fotografias aéreas de 1962 mostram claramente como o desmatamento, com implantação de pastagem, aproximou-se da escarpa nas proximidades da antiga estrada para Ubatuba, atingindo a atual sede do Núcleo Santa Virgínia e boa parte do baixo curso do Rio Ipiranga, expandindo-se em manchas maiores sempre que as condições de terreno apresentam-se mais favoráveis. Entretanto, a porção leste do Núcleo, na direção da bacia do Itamambuca, apresentava-se bem preservada naquela data, como ocorre até hoje, principalmente nas unidades Morros 1 e Morros 2.

A unidade "Escarpa da Serra do Mar" (nº5) corresponde a um sistema fortemente dinâmico, cujo "Front" alinha-se segundo a direção estrutural NE-SW (direção brasileira) onde movimentos de massa translacionais, também presentes em outras unidades no Planalto, apresentam-se aqui com as maiores magnitudes e, possivelmente, vinculados às maiores frequências de ocorrência. O grande número de cicatrizes é o seu maior indicador uma vez que, nas partes mais elevadas, seus depósitos correlativos estão pouco preservados, graças às fortes declividades do terreno (35° a 50°) e aos elevados totais anuais de chuva (>3000 mm), condições que não favorecem seja a retenção de sedimentos, seja o desenvolvimento de cobertura pedológica significativa, a qual é incipiente em elúvios de áreas escarpadas, como neste caso, raramente ultrapassando a marca de 1 m de espessura.

À montante do relevo escarpado acima descrito e contiguamente a ele encontra-se, já no Pla-

nalto, a unidade Morros 1 (nº1). Esta constitui um sistema de relevo muito particular cuja rede de drenagem exhibe padrão dendrítico, o que indica não haver controle significativo das estruturas lito-tectônicas sobre a organização da drenagem fluvial. Nesta unidade os vales são alargados e neles se assentam depósitos colúvio-aluvionares muito expressivos em área, de modo que os morros constituem corpos isolados, separados por tais depósitos. Através do exame em modelo estereoscópico por fotografias aéreas, nesta área a cobertura vegetal apresenta textura fina e tonalidade cinza claro muito características, não encontradas em nenhuma das outras unidades de relevo mapeadas. (Perguntamos se não seria em razão de um condicionante climático ou um condicionante edáfico? Mata de Neblina? À primeira vista, o condicionante edáfico parece improvável, já que o terreno não é muito íngreme e a área é muito úmida).

Já a unidade de relevo Morros 2 é fortemente controlada pelas estruturas lito-tectônicas principais (NE-SW), apresentando um paralelismo interfluvial bem marcado na Paisagem. Os vales são assimétricos e suas vertentes retilíneas, muito íngremes (25° a 35°), sendo as de face SE mais declivosas que as de face NW. Isto se deve principalmente ao fato de ser o mergulho das estruturas voltado para NW, de modo que as vertentes de SE, dele discordantes, são as mais íngremes. Curiosamente, são estas mesmas vertentes SE que, a partir do exame das fotos aéreas, quando comparadas às vertentes NW, exibem cobertura vegetal mais exuberante, com maior diâmetro de copas e maior estatura. À primeira vista, este dado parece contraditório uma vez que se supõe haver cobertura pedológica mais desenvolvida nas vertentes NW, menos íngremes e que portanto deveriam suportar, a princípio, vegetação de maior porte. Além disto, no Hemisfério Sul as vertentes NW recebem maior quantidade de radiação so-

lar que as vertentes SE, o que seria mais um fator a favorecer a exuberância da mata. Principalmente quando a área apresenta fortes declividades, o que acentua ainda mais as discrepâncias nos totais de radiação solar.

Na verdade, fatores climáticos como os ventos predominantes de S e SE, que condicionam embate de chuvas e umidade, combinados às características do sistema radicular da própria Mata Atlântica, pouco profundo com desenvolvimento lateral e abastecido fundamentalmente por nutrientes superficiais associados à decomposição da matéria orgânica (vide Rizzini, 1979), parecem ser mais determinantes no que concerne à exuberância da vegetação nas vertentes de face SE, do que a profundidade dos horizontes mineiros de solo (A e B) os quais, neste particular e até certos limites, desempenham papel secundário.

Quanto ao problema do acesso à radiação solar pela vegetação, se por um lado as vertentes voltadas para SE são menos favorecidas neste aspecto, por outro, por serem as mais declivosas favorecem uma melhor exposição da folhagem à radiação por escalonamento das copas, o que de alguma maneira deve compensar os menores níveis de radiação que atingem esta face no hemisfério Sul. Sabemos também que existe uma acirrada competição pelo acesso à luz no interior da mata pluvial. Deste modo, o favorecimento de uma melhor penetração da radiação solar no interior do dossel pelas fortes declividades, somado ao maior impacto de chuvas e umidade, são fatores que podem justificar por que estas vertentes SE são colonizadas por vegetação mais desenvolvida.

Entretanto, fique bem entendido que tal favorecimento de um maior desenvolvimento da mata nas vertentes SE não se deve ao fato de serem as mais declivosas. Não se deve às maiores declividades em si, mas sim ao maior embate de chuvas, fator climático, combinado ao favoreci-

mento na penetração de radiação solar: interfere sobre o arranjo estrutural da vegetação. Devemos salientar que, na verdade, as declividades até o limiar de 45° não interferem negativamente no desenvolvimento da mata apesar da menor profundidade da cobertura pedológica, dadas as características do sistema radicular: muito superficial, com espalhamento lateral, o que garante também uma boa sustentação mecânica em terrenos muito íngremes, mesmo para os indivíduos de maior estatura. O que ainda não se sabe, mas que é uma hipótese viável, é se haveria algum outro fator favorecedor de maior desenvolvimento da mata que estivesse vinculado ao aumento das declividades das vertentes, até o limiar de 45°. Isto porque, sendo a área muito úmida com chuvas fortes e freqüentes, a circulação superficial de nutrientes, mobilizados a partir da liteira pelas águas de escoamento pluvial, deve ser favorecida quando o terreno é mais íngreme, o que colocaria maior quantidade de nutrientes por unidade de tempo em contato com o sistema radicular. Esta é uma hipótese ainda por ser testada.

Fizemos referência inúmeras vezes ao limiar de 45° porque, para valores superiores a ele, a estatura da vegetação começa a ser comprometida em decorrência de dois fatores: 1 - incipiente espessura da cobertura pedológica (clímax edáfico), e; 2 - indução à ocorrência de movimentos coletivos de solo nas vertentes, pela própria cobertura vegetal. Até o limite de 45°, a cobertura florestal favorece a estabilidade das vertentes, independentemente da quantidade de biomassa que ela possa comportar. Isto é o que vamos explicar no parágrafo seguinte.

Os volumes pedológicos, neste sistema de floresta pluvial sempre-verde desempenham, dentre outras, duas importantes funções para a manutenção da biomassa vegetal: uma como suporte físico e outra como fator de regulação hídrica hipodérmica. Sabemos também, a partir

de modelos provenientes da Mecânica dos Solos, que quanto aos escorregamentos nas vertentes, até o limiar de 45° a sobrecarga vinculada à biomassa florestal não constitui, a princípio, fator de instabilização para os materiais superficiais (Sidle, Pearce e O'Loughlin, 1985). Ao contrário, considerada a análise de limite de equilíbrio, a massa florestal favorece a estabilidade das vertentes, até o referido limiar, por dois motivos: 1 - porque representa um acréscimo de coesão (ΔC) para os horizontes superficiais do solo, através do entrelaçamento vinculado ao sistema radicular, e, 2 - porque, até o limiar de 45° de declividade, a tensão normal à superfície de cisalhamento potencial é mais implementada do que a tensão cisalhante, o que favorece a estabilidade dos materiais superficiais inconsolidados (horizontes A e B de solo), uma vez que a tensão normal atua no sentido do aumento da estabilidade dos materiais de vertente. Tal favorecimento na estabilidade é particularmente notório quando estes materiais apresentam ângulos de fricção interna aparentes (Φ) com valores próximos a 45° (obs: o ideal seria que fossem iguais ou superiores a 45°). É o caso das formações superficiais na área do Planalto Atlântico e Serra do Mar (Wolle, 1981; Cruz, 1978; De Ploey & Cruz, 1979; Colangelo, 1991 e 1995).

Portanto, dentro de limites aquém do clima edáfico (50°, segundo Wolle, 1981), nestes geossistemas tropicais úmidos, maiores declividades de vertente não condicionam a princípio necessariamente vegetação com menor desenvolvimento, ao contrário do que acontece com a cobertura pedológica. No caso particular aqui analisado, a maior exuberância deve estar fundamentalmente condicionada pelo intenso embate de umidade e chuvas provenientes de SE e S, de onde sopram os ventos dominantes vindos do oceano. Lembramos novamente que para o hemisfério Sul, as vertentes voltadas para NW, N e

NE são as que recebem maior quantidade de radiação solar, fato que deve aumentar a evapotranspiração em tais vertentes, favorecendo ainda mais as discrepâncias na disponibilidade de água entre vertentes NW e SE e vertentes N e S. Isto pode ter conseqüências, por exemplo, sobre a composição e porte da vegetação. Seria outra interessante hipótese a ser testada. Considerados em conjunto, os fatores acima apresentados podem justificar perfeitamente a existência de vegetação de Mata Atlântica com maior porte e exuberância em vertentes mais íngremes. No caso da área do Núcleo Santa Virgínia, as vertentes mais íngremes, principalmente nas unidades de relevo Morros 2 e Serras 1, estão voltadas justamente para SE e S, em virtude do controle imposto pelas estruturas lito-tectônicas sobre o modelado (Direção Brasileira, NE-SW, com mergulho para NW).

O padrão da rede de drenagem nas unidades Morros 2 e Serras 1 é notadamente retangular, apresentando, como diria Ab'Saber "*baionetas hidrográficas*", já que os rios correm principalmente encaixados às estruturas da rocha. Os canais fluviais meandram sobre seus depósitos apenas quando atravessam planícies alveolares controladas por travessões de rocha resistente que controlam, por sua vez, o nível de base local, alterando assim o balanço incisão fluvial - recuo das vertentes, à sua montante imediata. Em geral os alvéolos são muito restritos na unidade Morros 2, o que implica, para o sistema de relevo em questão, menor capacidade de retenção de depósitos. Estes alvéolos são muito mais freqüentes na unidade Serras 1, onde os sedimentos fluviais encontram-se recobertos por uma espessa camada de colúvios, originários dos mais diversos tipos de processos de mobilização de materiais nas vertentes. Tudo indica que nesta área de relevo proeminente, tanto a tipologia das "formações superficiais" (os tipos de materiais superficiais

inconsolidados, elúvios, colúvios e alúvios, incluindo os volumes pedológicos) como a morfologia do relevo e a dinâmica das vertentes (processos erosivos interfluviais), desempenham várias e importantes funções geocológicas (Colangelo, 1995). Em específico, devemos enfatizar a importante participação dos processos de movimentos de massa na formação dos depósitos colúviais observados na área.

Algumas das principais funções geocológicas atribuíveis aos depósitos de colúvios podem ser resumidas da seguinte maneira:

1 - as superfícies de ruptura geradas pelos escorregamentos correspondem a clareiras na mata, que facilitam o acesso à luz para espécies pioneiras;

2 - espessos depósitos, correlativos aos processos de movimentos de massa, apresentam matéria orgânica e restos de vegetação misturados a uma matriz mineral de material heterométrico assentado na base das vertentes, constituindo ambiente ideal para fixação de espécies de maior porte, ou mesmo, que representem sítios onde determinadas espécies possam vir a atingir maior porte, graças à maior disponibilidade de água bem, boa drenagem e maior quantidade de nutrientes, em decorrência do relativo acúmulo de matéria orgânica e também por haver solo mais profundo.

3 - os depósitos colúviais nesta área, quando o embasamento é de migmatitos, chegam a ocupar cerca de 30% da superfície de uma bacia de drenagem (resultados obtidos em áreas amostrais em São Luis do Paraitinga – Colangelo, 1995). Uma importante hipótese levantada a partir destes dados é a de que tais depósitos desempenhariam também a função de reguladores hídricos hipodérmicos. Isto porque os colúvios

são: 1 - mais espessos, mais ricos em matéria orgânica e mais permeáveis que os elúvios de montante; 2 - encontram-se interpostos entre tais materiais elúviais e os depósitos de planície aluvial, nos fundos de vale, e; 3 - sustentam vertentes com declividades intermediárias entre as dos elúvios, a montante, e as dos alúvios, a jusante. Por todas estas razões devem, nos períodos chuvosos do fim do verão, absorver parcela importante da água de escoamento superficial e subsuperficial ("runoff"), constituindo assim elemento de contenção de cheias, pelo efeito regulador sobre a amplitude da variação de vazão nos deflúvios.

Os depósitos colúviais constituem, no conjunto representado pelo meio físico original, áreas de maior estabilidade e portanto, menor risco de ocorrência de processos erosivos, dentre os quais incluem-se os de movimentos de massa. Entretanto, quando sofrem intervenções como, por exemplo, desmatamento com ou sem mobilização dos materiais superficiais, cedem com facilidade aos processos erosivos. Caso tais intervenções não contemplem medidas de controle sobre a drenagem, seja ela superficial ou subsuperficial, estas áreas sofrerão a ação de processos erosivos. Por isto cuidados especiais devem ser tomados quando da abertura de trilhas, por exemplo.

O sistema de relevo Serras 2 apresenta rede de drenagem com padrão localmente dendrítico, em função de ser área de afloramento de batólito com núcleo de granito a duas micas envolto em granito porfiróide, muito resistentes aos agentes intempéricos, mesmo sob clima tropical úmido. Por esta razão constitui um sistema de relevo serrano em área de cimeira, com altitude máxima de 1585 m e fortes gradientes topográficos interfluviais (até 600 m). Está ladeado por níveis rebaixados a 1000 e 1100 metros, pertencentes à unidade Serras 1. O comprimento das vertentes e as fortes declividades produzem coluvionamen-

to de talus importante, porém mais localizado e com maiores declividades que os depósitos em alvéolos, que nesta unidade Serras 2 são muito pouco frequentes.

Em linhas gerais, podemos dizer que o relevo na área do Núcleo Santa Virgínia caracteriza-se por forte controle das estruturas lito-tectônicas, apesar da intensa atuação dos agentes intempéricos vinculados ao clima tropical úmido. As vertentes apresentam declividades muito fortes e os topos dos interflúvios são muito restritos, geralmente em crista, havendo domínio de relevo serrano. Raramente são observadas, nesta unidade de relevo, bacias de captação bem desenvolvidas, que constituem grandes concavidades nas cabeceiras de drenagem. As bacias de captação de drenagem são locais que geralmente abrigam grande quantidade de depósitos coluvionares. A colúviação aqui observada é de outro tipo e está vinculada às vertentes laterais retilíneas com elevadas declividades, típicas de relevo serrano fortemente controlado por estruturas lito-tectônicas. Tanto os materiais eluviais ("autóctones") como os materiais coluviais sustentam vertentes declivosas, sendo estes últimos geralmente correlativos a movimentos de massa planares, ou translacionais.

Os movimentos de massa fazem parte integrante da dinâmica do meio físico nesta área, interagindo com a dinâmica da cobertura vegetal de maneira muito direta e também, indiretamente, com a fauna em todas as escalas: desde as escalas micro até as macroscópicas. O regime dos rios é predominantemente torrencial, significando portanto um poderoso fator de arrasto e exportação de materiais desta área de cabeceira para porções de jusante da bacia onde encontra-se, desde 1974, o lago de barragem da CESP, na confluência dos rios Paraibuna e Paraitinga. Não dispomos ainda de resultados de quantificação, mas podemos afirmar que os fluxos fluviais são sufi-

cientemente competentes para o transporte de grande quantidade de material particulado em suspensão, desde as cabeceiras de drenagem até o lago. Não podemos esquecer também da grande quantidade de material retirado dos interflúvios por solubilização, nestas áreas tropicais úmidas, principalmente no que se refere às bases (Na, Ca, K e P) e também ao silício, liberados a partir de intensa hidrólise: processo que atua intensamente sobre os minerais de feldspato. Todo este material vai ter aos rios, que se incumbem de sua exportação. Por esta mesma razão, parece importante que venham a ser realizados trabalhos de pesquisa que permitam avaliar o montante de perdas vinculado à dinâmica do meio físico. Devemos salientar que a realização de mapeamentos geocientíficos, como os anteriormente sugeridos, fornece subsídios diretos a esta avaliação em particular e ao Plano de Gestão, de um modo geral.

Dentro desta perspectiva, sugerimos a realização de um mapa Geo-ecodinâmico, em escala de detalhe (1:10.000), o qual integra dados fornecidos por mapeamentos temáticos diversos, como os abaixo indicados, assentados sobre uma base morfológica comum ("*unidades elementares de relevo*"):

1 - tipologia dos materiais superficiais, incluídos os materiais de alteração de rocha e solos;

2 - dinâmica erosiva, incluindo movimentos de massa, nos materiais superficiais inconsolidados.

3 - tipologia hidrodinâmica – fluvial e interfluvial (padrões de escoamento, concentrado e difuso).

O produto final constitui um mapa Geocientífico extremamente importante, porque caracteriza e classifica os diferentes tipos de dinâmica, permitindo assim a formulação de prognósticos,

os quais serão fundamentais para o planejamento e a gestão, muito mais confiáveis que outros tipos de mapeamentos. Ele permitirá avaliar, com

maior rigor, onde, como, quanto e também se podemos intervir sobre o meio físico, na área do Núcleo Santa Virgínia.

BIBLIOGRAFIA

- AB'SABER, A.N.; BERNARDES, N. *O Vale do Paraíba, Serra da Mantiqueira e Arredores de São Paulo*. 18 Cong. Inter. Geog., Rio de Janeiro, CNG-IBGE, Guia de Excursão n. 4, 1958, 304p.
- AB'SABER, A.N. O Domínio dos "Mares de Morros". *Geomorfologia*, n.2, São Paulo, IGEOG-USP, 1966, 9p.
- _____. Um Conceito de Geomorfologia a Serviço das Pesquisas sobre o Quaternário. *Geomorfologia*, n.18, São Paulo, IG-USP, 1969, 23p.
- _____. Espaços Ocupados pela Expansão dos Climas Secos na América do Sul, por Ocasião dos Períodos Glaciais Quaternários. *Paleoclima*, São Paulo, IG-USP, 1977, 19p.
- _____. Degradação da Natureza no Brasil: a identificação das Áreas Críticas. *Interfícies*, n.107, São Paulo, Inst.Bioc.Let. e C.Ex., UNESP, 1982, 39p.
- AB'SABER, A.N., CHACEL, F.M. e TSUKUMO, N.M.J. Tratamento Paisagístico: Usina de Paraibuna e Barragem de Paraitinga. *Geografia e Planejamento*, n. 17, São Paulo, IG-USP, 1975, 34p.
- AHNERT, F. An Approach to the Identification of Morphoclimates. In: GARDNER, V. *International Geomorphology*, 1987, p. 159-188.
- ALMEIDA, F.F.M. Os Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista. In: *Geologia do Estado de São Paulo*, Bol. Inst. Geograf. Geol., São Paulo, n. 41, 1964, p. 169-263.
- ANDERSON, M.G.; BURT, T.P. Experimental Investigations Concerning the Topographic Control of Soil Water Movement on Hillslopes. *Z. für Geom.*, sup.29, Berlim, 1978, p. 52-53.
- ANDERSON, M.G.; KEMP, M.J. On the Use of Resistance Envelops to Identify the Controls on Slope Stability in the Tropics. *Earth Surf. Proc. Land*, n.12, 1987, p. 637-648.
- BERTRAND, G. Paysage et Géographie Physique Globale. Esquisse Méthodologique. *Rev. Geogr. des Pyrénées et du Sud-Ouest*, Toulouse, v. 3, n. 39, 1968, p. 249-272.
- BIGARELLA, J.J.; MOUSINHO, M.R. Considerações a Respeito dos Terraços Fluviais, Rampas de Colúvio e Várzeas. *Bol. Paran. Geogr.*, Curitiba, n. 16 e 17, 1965, p. 153 e 159.
- BOUYOUCOS, G.J. The Clay Ratio as a Criterion of Susceptibility of Soils to Erosion. *J. Am. Soc. Agron.*, n.27, 1935, p. 738-741.
- BOWLES, J.E. *Physical and Geotechnical Properties of Soils*. Tokyo, MacGraw-Hill, 1979, 478p.
- BURKALOW, A. Angle of Repose and Angle of Sliding Friction: an Experimental Study. *Bull. Geol. Soc. of Am.*, n.56, 1945, p. 669-708.
- BUNTING, B. T. *Geografia do Solo*, Rio de Janeiro, Zahar, 1971, 259p.
- CAPUTO, H. P. *Mecânica dos Solos*. Rio de Janeiro, L.T.C., 1980 v.1, 219p.
- CARSON, M.A. KIRKBY, M.J. Geomorphic Systems and Models. In: *Hillslope Form and Process*, Londres, Cam.Univ.Pr., 1972, 475p.
- CARSON, M.A. Angles of Repose, Angles of Shearing Resistance and Angles of Talus Slopes. In: *E.S.P.*, v. 2, 1977, p. 363-380.
- CHORLEY, R.J. *Modelos Físicos e de Informação em Geografia*. Rio de Janeiro, EDUSP, 1975, 252p.
- CHORLEY, R.J.; KENNEDY, B.A. *Physical Geography: a Systems Approach*. London, Prentice-Hall, 1971, 370p.
- CHORLEY, R.J.; SCHUMM, A.; SUGDEN, D.E. *Geomorphology*. London, Methuen & Colt, 1984, 605p.
- CHOWDHURY, R.N. *Slope Analysis*. New York, Elsevier Inc., 1978, 421p.
- COLANGELO, A. C. Carta de Feições Mínimas. *Anais do XIV Congresso Brasileiro de Cartografia*. Gramado-RS, v.2, 1989, p. 375-380.
- _____. *Movimentos de Massa e Evolução Geomorfológica das Vertentes Marginais no Lago de Barragem do Paraibuna - SP*. Dissertação de Mestrado. FFLCH- USP, 1990, 92p.

- _____. Geomorfologia Experimental Aplicada ao Estudo de Estabilidade de Vertentes. *Anais do IV Simpósio de Geografia Física Aplicada*. Porto Alegre - RS, 1991, p. 267-274.
- _____. *Movimentos de Massa e Evolução Geomorfológica das Vertentes no Alto Vale do Paraíba do Sul - São Luís do Paraitinga - SP*. Tese de Doutorado, FFLCH-USP, 1995, 270p.
- _____. Carta de Feições Mínimas. *Anais do XIV Congresso Brasileiro de Cartografia*. Gramado, RS, realizado de 21/05 a 26/05, 1989, v.2, p. 375-380.
- _____. Os Mecanismos de Compensação e o Equilíbrio de Forças na Dinâmica dos Materiais de Vertente. *Revista do Departamento de Geografia*, n. 9, Universidade de São Paulo, FFLCH, 1995, p.13-20.
- _____. O modelo de Feições Mínimas, ou das Unidades Elementares de Relevo: um suporte cartográfico para mapeamentos geocológicos. *Revista do Departamento de Geografia*. n. 10, Universidade de São Paulo, FFLCH, 1996, p. 29-40.
- _____. Evolução de Vertentes em Meio Tropical Úmido: avaliação e mapeamento de limiares. *Anais do I Simpósio Nacional de Geomorfologia*. Uberlândia - MG, 1996.
- CRUZ, O.A. Serra do Mar e o Litoral na Área de Caraguatatuba-SP. *Teses e Monografias*. São Paulo, IG-USP, n. 11, 1974, 181p.
- _____. Evolução das Vertentes nas Escarpas da Serra do Mar em Caraguatatuba-SP. *An. Acad. Bras. Cienc.*, v. 47, 1975, p. 479-480.
- _____. A Escala Temporo-Espacial nos Estudos dos Processos Geomorfológicos Erosivos Atuais, uma Questão de Método. *Geomorfologia*, n. 33, São Paulo, IG-USP, 1985, 6p.
- DE BIASI, M. Cartas de Declividade: Confecção e Utilização. In: *Geomorfologia*, n.21, São Paulo, IGEOG, 1970, p. 8-13.
- DE MARTONNE, E. Problemas Morfológicos do Brasil Tropical Atlântico. *Rev. Bras. de Geog.*, n.4, Rio de Janeiro, IBGE, 1943, p. 523-550.
- _____. Problemas Morfológicos do Brasil Tropical Atlântico. *Rev. Bras. de Geog.*, n.2, Rio de Janeiro, IBGE, 1944, p. 155-178.
- DE MEIS, M.R.M.; DA SILVA, J.X. Considerações Geomorfológicas a propósito dos Movimentos de Massa ocorridos no Rio de Janeiro. *Rev. Bras. de Geog.*, v. 30 (1), Rio de Janeiro, IBGE, 1968, p. 55-73.
- DE PLOEY, J. Some Experimental Data on Slopewash and Wind Action with Reference to Quaternary Morphogenesis in Belgium. In: *E.S.P.*, 1977, p. 101-115.
- _____. The Ambivalent Effects of Some Factors of Erosion. *Mem. Ins. Geol. Louvain*, n.31, Louvain, 1981, p. 171-181.
- DE PLOEY, J.; CRUZ, O. ; MODENESI, M.C. Resistences au Cisaillement et Conditions de Glissements de Terrain à Caraguatatuba et à Campos de Jordão. *Colóquio Est. e Cart. de Form. Sup.*, São Paulo, v. 1, 1978, p. 393-402.
- DE PLOEY, J.; CRUZ, O. Landslides in the Serra do Mar, Brazil. *Catena, Braunschweig*, n. 6, 1979, p. 111-122.
- ERHART, H. *La Genèse des Sols en tant que Phénomène Géologique*. Paris, Masson et Cie., 1967, p. 165.
- HACK, J.T.; GOODLETT, J.C. Geomorphology and Forest Ecology of Mountain Region in the Central Appalachians. *U. S. Geol. Surv. Prof. Paper*, n. 347, Washington, 1960, 66p.
- HORTON, R. E. Erosional Development of Streams and their Drainage Basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bull. Geol. Soc. Am.*, v. 56, 1945, p. 275-370.
- IIDA, T. Development of Hillslopes due to Landslides, *Z. für Geom.*, supl. 46, 1983, p. 67-77.
- MOEYERSONS, J. A Possible Causal Relationship Between Creep and Sliding on Rwaza Hill, Southenn Rwanda. *Earth Sur. Proc. Landforms*, n. 14, 1989, p. 597-614.
- MONIZ, A. C. *Elementos de Pedologia*. São Paulo, Polígono-Edusp, 1972, 459p.
- OLIVEIRA, M.A.T. ; MEIS, M.R.M. Relações entre Geometria do Relevo e Formas de Erosão Linear Acelerada (Bananal, SP). *Geociências*, n.4, São Paulo, UNESP, 1985, p. 87-100.
- OKIMURA, T. ; KAWATANI, T. Mapping of the Potential Surface-Failure Sites on Granite Mountain Slopes. In: *International Geomorphology 1986-Part I*, V. Gard. John W. & Lons Ltd., 1987.
- RUHE, R.V. *Geomorphology: geomorphic processes and surficial geology*. USA, Houghton M.Cia, 1975, p. 246.
- SCHEIDEGGER, A.E. *Theoretical Geomorphology*. 2. ed. Berlim, Springer-Verlag, 1970, 435p.
- SCHUMM, S.A. Evolution of Drainage Systems and Slopes in Bad Lands at Perth Amboy. *Bull. Geol. Soc. Am.*, n.67, N. Jersey, 1956, p. 597-646.
- SLATTERY, M.C.; RORKE, B.B. Hydraulic Conditions for Rill Incision Under simulated Rainfall: a Laboratory Experiment. *Earth Surf. Proc. and Landform*, v. 17, 1992, p. 127-146.
- STERNBERG, H.O. Enchentes e movimentos coletivos do solo no Vale do Paraíba em dezembro de 1948. *Rev. Bras. de Geo.* Rio de Janeiro, IBGE, 1949, p. 67-103.
- STRAHLER, A.N. Quantitative Slope Analysis. *Bull. Geol. Soc. Am.*, n.67, N. Jersey, 1956, p. 571-596.
- TRICART, J. *La Epidermis de la Tierra*. Barcelona, Labor, 1969, p. 178.