

PLANEJAMENTO TERRITORIAL A ABORDAGEM GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA E O CONCEITO DE TERRENO OU ABORDAGEM DE PAISAGEM

Antonio Pires Neto*

1. INTRODUÇÃO

Para uma avaliação preliminar das metodologias de estudo do meio físico utilizadas na análise ambiental e/ou planejamento territorial é necessária a discussão de três aspectos que são determinantes na escolha do método de trabalho.

O primeiro refere-se ao que se entende por Planejamento Urbano e Planejamento Territorial. O segundo compreende a relação entre Método de Observação – o Observador – e o Tipo de Resposta Obtida; e, o terceiro, relaciona-se à Escala de Trabalho, que envolve também parte do segundo aspecto.

Nesta análise considera-se o Planejamento Urbano como aquele que avalia e orienta as intervenções no meio físico, vinculadas à urbanização, à consolidação da urbanização e à instalação de obras de engenharia civil associadas; e, como Planejamento Territorial, aquele que avalia e orienta todos os tipos de intervenções no meio físico, estejam elas ligadas à urbanização, à agropecuária, ao extrativismo, à exploração mineral e de águas superficiais e subterrâneas, ou ligadas às atividades naturais de conservação da estrutura biofísica e de áreas de processos naturais importantes para a manutenção da existência do homem (áreas de mananciais, cenários, etc.).

A questão do método de observação e o tipo de resposta obtida é claramente apontado por Heisenberg (in CAPRA, 1983, p.110) ao afirmar que: "A ciência natural não se limita simplesmente a descrever e a explicar a natureza; ela constitui parte da interação entre a natureza e nós mesmos"... "o que observamos não é a natureza propriamente dita, mas a natureza exposta ao nosso método de questionamento.". O observador decide a forma pela qual estabelecerá a medição e essa disposi-

ção determinará, de uma certa forma, as propriedades do objeto observado. Se se modifica a disposição experimental, modificar-se-ão, em consequência, as propriedades do objeto observado.

Estas afirmativas não são privilégios da Física, mas abrangem todas as ciências da natureza, e em nosso caso, os diferentes modos de se analisar o terreno, ou seja, se utilizarmos diferentes ciências para avaliar o terreno obteremos respostas dentro destes campos de conhecimento.

Assim, se utilizarmos a Geologia para analisar a dinâmica superficial do terreno, reconheceremos como condicionantes destes processos os diferentes tipos de rocha, bem como, as respectivas estruturas e evolução.

Se usamos a Geomorfologia, reconheceremos outros condicionantes, tais como o tipo de vertente, o tipo de processo morfogenético e as diferentes coberturas detriticas, seja quanto à constituição ou à espessura.

Se usamos a Pedologia, os tipos de solos e suas propriedades destacam-se como condicionantes.

Isto explica o porquê de encontrarmos na literatura diferentes linhas de trabalho geológico, e/ou geomorfológico e/ou pedológico, cada uma valorizando seu objeto de estudo como o principal condicionante, para o esclarecimento dos mesmos problemas práticos e/ou aplicação; assim, têm-se estudos aplicados à engenharia, ao planejamento urbano, ao uso da terra, à avaliação de cheias, a riscos de escorregamentos, etc.

Exemplos destes trabalhos são inúmeros, no caso da Geomorfologia têm-se, entre outros, Verstappen

(*) Consultor do Instituto Geológico – SMA do Estado de São Paulo

(1983), Cook & Doorkamp (1977) e Fookes & Vaughan (1986). No caso da Geologia e, principalmente, na área de Geotecnia, os trabalhos também são inúmeros, destacando-se Sanejouand (1972), Hains (1991), Bell, Cripps, Culshaw & O'Hara (1987), Grant (1975), Foster (1990), Forster & Culshaw (1987) e Unesco (1976), além dos Simpósio de Mapeamento Geotécnico (IAEG 1979) e Simpósio de Cartografia de Riscos (IAEG 1981), Doorkamp *et alii* (1987), etc.

No que se refere à escala de estudo, constata-se, com base na análise da literatura disponível, que as diferentes ciências, Geologia, Geomorfologia e Pedologia, quando em trabalhos específicos e voltados para o planejamento, de modo geral, se utilizam de escalas de detalhe, oscilando entre 1:50.000 a 1:10.000 ou maiores, e, envolvem pequenas áreas que são exaustivamente estudadas.

Os estudos de detalhe, no entanto, em consequência do número de observações necessárias, envolvem grande disponibilidade de recursos e tempo, sendo dessa forma restritos, e recomendados apenas para a resolução de situações especiais.

O Quadro de Sanejouand (1972) sobre a cartografia geotécnica na França, exemplifica em parte esta situação, em que os estudos compreendem essencialmente cartas geotécnicas ou de algum aspecto geotécnico, ou seja, apenas um dos elementos necessários ao planejamento territorial.

Isto não se restringe a França, como bem pode ser observado nos trabalhos apresentados nos Simpósios da IAEG em 1979 e 1981.

Mesmo quando estes estudos exclusivos abrangem grandes áreas e, portanto, pequenas escalas, as abordagens são parciais, ficando restritas a um único aspecto do meio físico geotécnico, geológico ou geomorfológico, acabando por trazer limitações quanto à necessidade de generalizações, estabelecimento de interrelações com outros estudos, e, quanto ao uso para o planejamento territorial, em que é necessária uma visão integrada dos diferentes aspectos do meio natural.

2. A ABORDAGEM GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA

A abordagem geológico-geotécnica teve seu desenvolvimento estreitamente vinculado à Geologia de Engenharia, sendo seu objetivo básico a elaboração de Cartas Geotécnicas, que têm sido utilizadas, desde os seus primórdios, para a orientação e resolução de questões ligadas à implantação de obras de engenharia civil e para o planejamento da urbanização.

Esta tendência, mais presente na literatura internacional nas décadas de 70 e 80, foi em grande parte assimilada pela Cartografia Geotécnica do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e pela Escola de Engenharia de São Carlos, marcando definitivamente, em muito, as metodologias de elaboração de cartas geotécnicas destas instituições.

Na década de 90, os estudos geológicos voltados para o planejamento, além dos aspectos tradicionais da cartografia geotécnica, têm procurado avaliar os recursos minerais e os recursos hidrogeológicos sem, no entanto, escapar, em sua análise, de uma ótica direcionada para o planejamento da urbanização. Em nosso meio, esta tendência vem sendo desenvolvida, em parte, pelos trabalhos do Instituto Geológico da Secretaria do Meio Ambiente.

2.1. Os estudos geológicos para o planejamento na década de 90

Para exemplificar esta abordagem, os trabalhos de Hains (1991), Bell *et alii* (1987) e Forster & Culshaw (1990) são bastante elucidativos. No estudo de Hains (1991), *Applied Geological Mapping in the Wrexham area: geology and land-use planning*, foram elaborados onze mapas em escala 1:25.000, sendo o conteúdo de caráter essencialmente geológico-geotécnico.

Os mapas elaborados foram:

- Mapa do Substrato Rochoso
- Mapa de Coberturas Detriticas (depósitos quaternários, granulometria e origem)
- Mapa de Contorno do Embasamento
- Mapa de Isoespessuras da Cobertura Detritica

- Mapa de Atividades Minerárias
- Mapa de Recursos do Substrato Rochoso
- Mapa de Recursos da Cobertura Detritica (areia e cascalho)
- Mapa (e Tabelas) das Características Geotécnicas do Substrato Rochoso
- Mapa (e Tabelas) das Características Geotécnicas da Cobertura Detritica
- Mapa de Declividade e Tabelas de Uso
- Mapa Hidrogeológico

As informações obtidas neste estudo foram utilizadas para a elaboração de duas cartas-síntese, apresentadas na mesma escala das anteriores, a saber:

- Potencial Mineral
- Restrições Físicas e Químicas para o Desenvolvimento: estabilidade de encosta, condições de fundação e água subterrânea

Bell *et alli* (1987) em seu trabalho *Aspects of geology in planning*, considera a avaliação dos seguintes aspectos:

- depósitos inconsolidados
- rochas sedimentares
- rochas ígneas e metamórficas
- intemperismo e alteração de rochas

Avalia também os riscos geológicos naturais e induzidos pelo homem, destacando-se:

- Atividade vulcânica
- Terremotos
- Movimentos de massa
- Ação fluvial e cheias
- Ação marinha
- Ação eólica
- Aterros de resíduos
- Poluição de aquíferos
- Subsidências
- Sismicidade induzida

Forster & Culshaw (1990), no trabalho *Engineering geological maps as an aid to planning*, consideraram a necessidade de elaboração de quatro tipos de mapas:

- **Mapas Factuais** – Que fornecem informações básicas. Dentre estes têm-se: o litológico, o de isoespessura, o geomorfológico e o de propriedades geotécnicas.
- **Mapas Interpretativos** – Que fornecem zoneamentos quanto a grau de risco, uso específico e uso preferencial.
- **Mapas de Único-Propósito** – Que mostram informações relevantes de um único aspecto seja para construção ou desenvolvimento. Ex., mapa para locação de barragem, que contém informações sobre: fraturamento; permeabilidade; estabilidade de taludes intemperizados; e, resistência das rochas.
- **Mapas de Múltiplo-Propósito** – São aqueles que representam os diferentes fatores geológicos necessários ao planejamento regional, sendo que, atualmente, estes mapas são de difícil elaboração, visto que a representação em único mapa pode ser ilegível.

Para estes autores os fatores geológicos que devem ser usados no planejamento territorial são:

- Riscos de escorregamentos
- Atividades e aceleração sísmica
- Condições de assentamento de fundações
- Áreas de ocorrência de depósitos minerais
- Características de aquíferos e potencial de contaminação
- Estabilidade de vertentes

Além desses aspectos, fazem referências importantes sobre a escala dos mapas, considerando que:

- **Mapas de Detalhe (1:50.000 a 1:5.000) e os de um Único Propósito** – devem estar voltados para o estudo de problemas específicos, ou riscos, tais como: escorregamentos, espessura de depósitos aluvionares e sua capacidade para fundações. Tais mapas são necessários para construções, implantação de loteamentos e para o planejamento de cidades.
- **Mapas Regionais (1:50.000 ou menores) e os de Uso Múltiplo** – são os mais relevantes para as necessidades de planejamento geral.

2.2. Os estudos do meio físico e a Cartografia Geotécnica

Os estudos do meio físico voltados para o planejamento, na área de Geociências em nosso país, têm também estado estreitamente ligados à Geologia de Engenharia – que é considerada como a aplicação do conhecimento geológico – entre outras finalidades: a de avaliar os problemas ambientais da crosta terrestre (ABGE 1988, *in Lemos, et alii* 1990) ou ainda, viabilizar a harmonização das diversas formas de uso do solo, com as características e os processos geológicos (Santos 1989, *in Lemos 1990*). No entanto, ao se analisar a literatura brasileira, constata-se que do mesmo modo que a literatura internacional, os estudos geológicos-geotécnicos e a Cartografia Geotécnica, têm-se desenvolvido vinculada à resolução de problemas associados à obras de engenharia civil, ao estudo de riscos geológicos e ao planejamento em áreas urbanas.

Nos trabalhos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) esta linha é bastante evidente desde os seus primeiros estudos nos morros de Santos e São Vicente (Prandini *et alii* 1980). Esta visão tem conduzido uma intensa produção de cartas geotécnicas voltadas para a gestão e para o planejamento do uso do solo em áreas urbanas.

A preocupação com o planejamento do meio físico, voltado para as áreas urbanas, dentro da linha de atuação do IPT, é explicitada no trabalho de Nakazawa *et alii* (1991), na medida em que eles consideram que "As cidades já abrigam cerca de 75% dos brasileiros, resultado de um acelerado e, tudo aponta, irreversível processo de urbanização."

A visão da Cartografia Geotécnica voltada para a resolução de questões ligadas à implantação de obras de engenharia e ao planejamento da urbanização está presente também nas propostas metodológicas desenvolvidas pela Escola de Engenharia de São Carlos, em que se distinguem duas tendências.

Uma das tendências é exemplificada nos trabalhos de Lollo & Gandolfi (1991) e Paraguassu *et alii* (1991), que analisam essencialmente o comportamento geotécnico das diferentes formações geológicas e dos materiais inconsolidados derivados, com base na determinação dos parâmetros geotécnicos dos materiais.

Por meio desta abordagem definem Unidades Geotécnicas que são utilizadas para a análise regional em escala 1:200.000 e, também em estudos 1:50.000. Esta proposta avalia a área de estudo quanto aos seguintes aspectos:

- Condições para fundações
- Condições de estabilidade de taludes
- Potencialidade e disponibilidade de rochas e sedimentos como materiais para construção civil
- Condições para implantação de reservatórios de pequeno e médio porte e, para usos múltiplos de água
- Riscos a processos erosivos e deposicionais

A outra visão, mais detalhada, é representada por Zuquette (1987), que considera o mapeamento geotécnico como "Um processo que tem por finalidade básica levantar, avaliar e analisar os atributos que compõem o meio físico, sejam geológicos, hidrogeológicos, hidrológicos e outros. Tais informações deverão ser manipuladas de maneira que possam ser utilizadas para fins de engenharia, planejamento, agronomia, saneamento e outros. As informações devem ser manipuladas através de processos de seleção, generalização, adição, e transformação, para que possam ser relacionados, correlacionados, interpretados e, no final, representadas em mapas, cartas e anexos descritivos, sempre respeitando os princípios básicos que regem a execução do mapeamento geotécnico" (Zuquette 1987, p. 231).

Dentro desta proposta, embora Zuquette (1987 p. 233 e 234) considere que a utilização do mapeamento geotécnico é importante em várias esferas de discussão, constata-se que a utilização está sempre vinculada à obras de engenharia, dentre as quais o autor aponta:

- Implantação de grandes pólos industriais
- Implantação de rodovias e ferrovias
- Estudos sobre condições de irrigação, drenabilidade e potencial hídrico
- Implantação de barragens e obras associadas
- Seleção de áreas para loteamentos
- Localização de sistema de rejeitos sépticos
- Implantação de fundações, de obras especiais, prédios, tanques
- Localização de materiais para construção
- Recuperação de áreas degradadas

Dentro desta perspectiva, os mapeamentos geotécnicos devem ser baseados nos seguintes documentos:

- Mapa Topográfico
- Mapa Geológico do Substrato Rochoso e dos Materiais Inconsolidados
- Mapa das Águas

Sendo considerados como mapas básicos opcionais:

- Mapa Pedológico
- Mapa Geofísico
- Mapa Geomorfológico (morfometria, morfogênese e morfocronologia)
- Mapa Climático
- Mapa de Ocupação Atual ou Prevista
- Mapa de Documentação ou de Dados

Com base nestes elementos o autor define três categorias de mapas finais, ou melhor, modos de apresentação dos dados, que são:

- **Mapas de Condições Geotécnicas:** representam as características dos atributos do meio físico, sem preocupação com os possíveis usos. São mapeamentos realizados em escalas menores que 1:100.000.
 - **Mapas de Zoneamento Geotécnico Geral:** representam as condições do meio físico, por intermédio de zoneamento, com separação de áreas que tenham condições geotécnicas semelhantes, não levando em consideração qualquer finalidade específica.
 - **Mapas de Zoneamento Geotécnico Específico:** são executados em escalas maiores que 1:50.000 e representam por meio de zoneamento, áreas com condições geotécnicas necessárias a uma determinada atividade, ou com determinado tipo de problema, destacando-se as seguintes cartas:
- Carta de Erodibilidade
 - Carta de Grau de Estabilidade de Taludes
 - Carta para Fundações
 - Carta para Escavabilidade
 - Carta para Deposição de Rejeitos Sépticos

- Carta de Materiais para Construção
- Carta para Obras Enterradas
- Carta para Irrigação
- Carta para Obras Viárias
- Carta de Restrições Ambientais
- Cartas de Orientação

Embora o autor considere que a cartografia geotécnica tenha por finalidade orientar a ocupação do meio físico, fornecer dados preliminares à empresas públicas e privadas e ser utilizada para fins de engenharia, agronômicos, de planejamento e fiscalização; pode-se dizer que sua abordagem é ainda parcial, principalmente devido ao fato de postergar em sua metodologia os estudos de recursos minerais, hidrogeológicos e pedológicos, levando a uma visão parcial do meio físico, particularmente no que se refere ao planejamento territorial.

No Instituto Geológico têm sido utilizados levantamentos de recursos minerais e estudos hidrogeológicos mais detalhados, o que leva a uma maior abrangência no que se refere à avaliação destes atributos do meio físico sem, no entanto, haver uma mudança de ótica na integração e análise dos dados que também é voltada para o planejamento da urbanização (IG, 1993).

A abordagem utilizada no Instituto Geológico parte da elaboração de estudos e mapeamentos básicos que são posteriormente integrados na forma de mapas-síntese e quadros. Esta perspectiva aproxima-se mais das linhas de trabalho geológico-geotécnicas desenvolvidas nos três últimos anos.

A abordagem geológico-geotécnica, embora forneça informações imprescindíveis ao planejamento territorial, ela por si só é parcial, na medida em que está restrita à análise das características geológicas do meio físico. Ela avalia apenas as condições para o desenvolvimento de obras de engenharia, postergando os estudos pedológicos, de classificação de terras e capacidade de uso para fins agropecuários.

Ao omitir-se os estudos pedológicos nos trabalhos de planejamento territorial despreza-se, dentre outros fatos, o papel desempenhado pelos Horizontes O/A na recuperação de áreas degradadas, na medida em que eles precisam ser removidos e estocados de modo a tor-

nar viável a revegetação de áreas utilizadas pela mineração ou para implantação de obras de engenharia.

"Por sua vez o Horizonte B é dotado de propriedades pedogenéticas mais estáveis, pela posição mais protegida das inconstâncias crescentes com a proximidade da superfície, é menos vulnerável a modificações e eventuais estragos provocados pela ação humana" (Oliveira *et alii*, 1992). Além disso, esse horizonte é também utilizado na recuperação de áreas degradadas e suporta a maior parte das pequenas obras de engenharia civil.

Deve-se assinalar ainda que os solos com Horizonte B textural (podzólicos) são relativamente propensos à erosão superficial, fato este que se intensifica nos Podzólicos Vermelho-Amarelo abruptos (Resende & Rezende, 1983 e Oliveira, 1992).

Além desses fatos é importante considerar os inúmeros estudos pedológicos em que se reconhecem associações específicas entre os solos e os diferentes tipos de relevo, e entre os tipos de solo e os elementos das vertentes, bem como a necessidade de se avaliar estas associações para análise do meio físico tendo em vista o uso agropecuário.

Tal procedimento vem sendo adotado tradicionalmente por meio de Mapas de Classificação da Terra e de Capacidade de Uso (Lepsch *et alii*, 1983) e Mapas de Aptidão Agrícola (Ramalho Filho *et alii*, 1978).

Esses fatos mostram-se suficientes para indicar a importância dos estudos pedológicos e agropecuários dentro do Planejamento Territorial, exigindo uma abordagem que passe a considerar os horizontes pedológicos e caracterize o seu comportamento geotécnico, por intermédio de uma análise que busque entender as relações entre o substrato rochoso, o relevo e o solo, avaliando sua utilização tanto sobre a perspectiva geotécnica como agropecuária.

Tal procedimento exige, no entanto, que o Planejamento Territorial passe a ser feito por equipes multidisciplinares e deixe de ser considerado como privilégio de uma única ciência ou área de conhecimento.

Os estudos dentro da abordagem geológica-geotécnica permitem elaborar diretrizes específicas para a

utilização do meio físico quanto aos aspectos avaliados. Estes estudos, porém, não permitem uma compartimentação da área diante dos diferentes modos de uso, tendo, portanto, uma utilização restrita e aquém das necessidades do planejamento territorial, como bem assinalado por Forster & Culshaw, 1990.

Essas considerações mostram a necessidade da utilização de outro modo de abordagem para os estudos voltados para o planejamento territorial. Uma abordagem que considere não só o meio físico, mas o ambiente como um todo integrado e que permita avaliá-lo perante aos diferentes usos e propósitos.

Essas abordagens envolvem de modo geral escalas de estudo pequenas, análises multidisciplinares e adoção do conceito de paisagem ou terreno.

3. O CONCEITO DE TERRENO OU ABORDAGEM DE PAISAGEM

Zonneveld (1992, p. 2) considera "que a descrição das unidades de terreno e o seu processo de avaliação *sensu stricto* formam juntos a interface entre o estudo da terra e as atividades de planejamento e manejo"..."A concepção básica da abordagem ecológica da paisagem é que uma região (paisagem) pode ser considerada como uma unidade holística. Onde são identificados níveis e seqüências hierárquicas que são factíveis de classificação e mapeamento."

Nos estudos ecológicos integrados de paisagem, as unidades são determinadas com base nas formas, na vegetação potencial ou atual, e, no solo. Esta unidade deve ser amplamente reconhecida por sua fisionomia tanto no campo como por meio de imagens de sensores remotos.

Para Zonneveld (1992), o conceito de terreno ou paisagem deve ser considerado por intermédio de três diferentes pontos de vista que não podem ser separados:

1. O aspecto visual da paisagem ou cenário, que é uma importante fonte de informação para o diagnóstico do terreno.

2. O aspecto corológico, que se refere a distribuição do conglomerado de atributos das unidades do terreno ou padrões de mapeamento, referenciados comumente pelas rochas, relevo, solos e vegetação.

3. A paisagem como um ecossistema. Este é o conceito mais compreensivo e inclui os dois precedentes. Ele entende a superfície da Terra como um sistema aberto formado por todos os fatores que atuam nela, incluindo os físicos, biológicos e a noosfera, que formam um fenômeno tridimensional complexo. Este fenômeno pode ser reconhecido visualmente como mostrando um padrão horizontal, de relações mútuas entre seus elementos (unidades de terreno) e vertical, em que se relacionam mutuamente os seus estratos, também denominados "atributos do terreno". Estes atributos incluem: clima, atmosfera, rochas, relevo, solo, água, vegetação, fauna e a noosfera. Estas unidades tridimensionais podem mudar no tempo, o que lhes conferem um caráter quadridimensional. Estes atributos são estudados separadamente pelas diversas ciências, que selecionam cada estrato e consideram os outros como fatores de formação. A ecologia da paisagem toma a heterogeneidade vertical formada por todos os atributos do terreno, bem como, seus padrões de distribuição (corológicos) como um objeto de estudo holístico (Zonneveld, 1992, p. 4).

O conceito de terreno como um sistema supõe uma ordenação mantida por mecanismos de respostas (*feed back*), resultando em unidades de terreno que são reconhecíveis e, por isso, classificadas e mapeadas pela sua morfologia. A função do sistema pode ser estudada junto ao *background* destas unidades identificáveis.

Os estudos usando a abordagem de paisagem ou o conceito de terreno são baseados em trabalhos que partem do geral para o particular, utilizando várias disciplinas. Estas, dependendo do método, podem operar de modo integrado ou independentemente e, neste caso, fazem uso de vários estudos, tais como: levantamento de solo, levantamento de uso da terra e vegetação, estudos climáticos, mapeamentos hidrológicos, geológicos e geomorfológicos.

Mabbutt (1968) distingue três sistemas de classificação de terreno: o genético, o paramétrico e o de paisagem.

- **Sistema Genético** – Subdivide o terreno com base nos fatores que governam a morfogênese e pelas características genéticas.
- **Sistema Paramétrico** – É baseado no estudo em separado e na classificação individual dos atributos do terreno, e, cada classificação desenha um produto com propósito específico, obtido pela análise do solo, da vegetação, do relevo e da hidrografia, dentro de uma visão sintética de unidades de terreno.
- **Sistema de Paisagem** – Envolve múltiplos aspectos (o relevo, o solo e a vegetação) e classifica o terreno pelos padrões de suas paisagens componentes. Os componentes são diferenciados com base na similaridade de suas feições visíveis e pela inferência de similaridade não aparente. Os padrões são diferenciados com base na similaridade do arranjo espacial dos componentes da paisagem e pela recorrência deste arranjo.

Para Mabbutt (1968), o Sistema de Paisagem mostra forte contraste com o Sistema Paramétrico. Assim, o Sistema de Paisagem admite a inter-relação dos vários atributos do terreno e considera seus efeitos sobre o uso de modo interdependente, enquanto que o Sistema Paramétrico não assume a inter-relação *-a priori*, e busca estabelecer relações quantitativas com base na coleta dos parâmetros medidos.

Zonneveld (1992), afirma que a maior desvantagem do Sistema Paramétrico são os problemas com a generalização dos limites e a falta de suporte métrico das características do terreno, além do seu maior custo de trabalho de campo por disciplina.

Segundo Zonneveld (1992), a maior vantagem e o aspecto mais característico do Sistema de Paisagem é que nem todos os atributos do terreno necessitam ser medidos e estimados com o mesmo detalhe como se fossem obtidos separadamente. O mapeamento das unidades é feito como conjuntos médios reconhecidos e classificados por intermédio de suas características diagnósticas mais diretamente observadas, sendo comumente utilizados uma combinação entre o relevo, a estrutura do solo e o tipo de cobertura vegetal.

Mabbutt (1968), reconhece que a combinação de técnicas fisiográficas, a classificação dos múltiplos atri-

butos da paisagem e um trabalho interdisciplinar dá a esse sistema uma maior rapidez e menor custo, além de permitir a obtenção das informações necessárias para estabelecer-se a disponibilidade de usos e indicar áreas onde as investigações mais detalhadas devam ser realizadas.

Dentro dessa abordagem pode-se ressaltar os estudos de Salvatierra (1986), Zonneveld (1992), e ainda Austin & Cocks (1978), Galloway *et alii* (1974), Astle, Webster e Lawrence (1969).

No trabalho de Salvatierra (1986), executado em escala 1:200.000, foram elaboradas três gerações de mapas: os descritivos, os interpretativos e os orientativos.

Os mapas descritivos são aqueles que indicam os parâmetros objetivos do meio: relevo, declividades, litologia, processos ativos, clima, solo, cobertura vegetal, as propriedades físicas dos solos e do substrato, permitindo a definição de um mapa de unidades geoambientais, que são descritas pelos elementos que as caracterizam, tais como: clima, relevo, flora, uso do solo, propriedades físicas e recursos. Estas unidades geoambientais foram posteriormente subdivididas.

Os mapas interpretativos representam qualidades ou variáveis significativas do terreno em virtude dos usos humanos. Nesta categoria incluem-se os mapas de risco geológico, mapa de erosão atual, mapa de erosão potencial e o mapa de qualidade do meio para a conservação, que constitui uma análise integrada de todos os anteriores.

O mapa orientativo ou normativo representa as orientações e limitações de uso. A definição de áreas é feita com base nos mapas anteriores identificando-se terrenos com restrição a certos tipos de uso e, também zonas que deverão ser reservadas preferencialmente para determinadas atividades.

Com base nesta metodologia foram elaborados os seguintes mapas:

- Mapas de Unidades Geoambientais
- Mapas de Riscos Geológicos: vulnerabilidade à contaminação das águas, deslizamentos, inundações, subsidência, colapso e risco sísmico.

- Mapas de Erosão Atual
- Mapas de Erodibilidade Potencial
- Mapas de Interesse à Conservação
- Mapas de Orientação e Limitações de Uso

Nesse estudo, dada a abordagem interdisciplinar, as unidades geoambientais foram definidas com base na litologia, morfologia, clima, vegetação atual e vegetação potencial.

Essas unidades geoambientais, foram subdivididas em Sistemas Morfodinâmicos, em que os parâmetros básicos foram: o tipo de rocha ou depósito superficial, o relevo, o solo e a vegetação, sendo adotado como limite destes sistemas os *contatos geológicos*, que na área são os elementos que permitem uma delimitação cartográfica mais precisa.

Os sistemas foram subdivididos em unidades morfodinâmicas, que correspondem ao menor nível taxonômico utilizado e ao de maior detalhe possível na escala de trabalho adotada, sendo caracterizados pelos seguintes aspectos:

- **MATERIAL** – Tipo de rocha, capacidade de suporte, escavabilidade, permeabilidade, corrosividade, estabilidade e interesse para exploração.
- **SOLOS** – Tipo, espessura efetiva, matéria orgânica, textura, pedregosidade, salinidade, conteúdo em carbonatos, estabilidade estrutural e práticas de conservação.
- **HIDROLOGIA** – Regime dos rios e disponibilidade de água.
- **HIDROGEOLOGIA** – Tipo de aquífero e disponibilidade.
- **RELEVO e DECLIVIDADE** – Rugosidade em cinco categorias de declive.
- **PROCESSOS e RISCOS** – Colapso, vulnerabilidade de águas subterrâneas, tipo de erosão, grau atual e potencial, inundaçao e deslizamento.
- **FATORES BIÓTICOS** – Vegetação e fauna.
- **ORIENTAÇÕES E LIMITAÇÕES DE USO** – Uso agrário recomendado e limitações importantes, quanto a: condições de cimentação, estabilidade de vertentes, interesse à

conservação, inundações, preservação dos solos e proteção à água subterrânea.

Um aspecto que chama a atenção nesse estudo é a utilização dos contatos geológicos como limites para os sistemas morfodinâmicos. Aqui cabe destacar que este fato deve-se às características específicas da área de estudo em que a ação dos processos de intemperismo e de morfogênese não desempenham um papel tão significativo como nas regiões tropicais. Nestas, os espessos mantos de alteração, bem como os processos de aplanação, mascaram as propriedades e o controle do substrato rochoso, dando neste caso um papel mais determinante para o relevo e o solo.

As premissas utilizadas pelo Csiro são apresentadas no trabalho de Austin & Cocks (1978). Nesta metodologia conceitua-se dois aspectos básicos: a função do terreno, e as áreas funcionais cujas relações são um dos objetos de estudo deste método.

- **Função do terreno** – Sobre o ponto de vista social o uso da terra é múltiplo, compreendendo locais para as atividades humanas chamadas de uso da terra, tais como: fazendas, minas, cidades, e locais para as atividades naturais, onde se conserva a estrutura biofísica e os processos naturais que não são usualmente controlados pelo homem, mas são reconhecidamente importantes para a manutenção da sua existência. Dentre estes usos têm-se áreas para purificação da água, regeneração do ar e cenários.
- **Áreas Funcionais** – Compreende as áreas relacionadas com as atividades humanas e implicam em decisões sobre a atividade da natureza. Estas áreas são para produção de alimento (agricultura, pecuária), recreação, conservação, provisão de materiais, estoque e reciclagem de materiais, transporte e vias de transporte e atividades urbanas.

Assim, os estudos desenvolvidos visam obter os atributos biofísicos do terreno (clima, substrato rochoso, relevo, solos, vegetação e fauna), necessários à definição e delimitação das áreas funcionais e, também para avaliar as mesmas em relação às diferentes funções do terreno, reconhecendo o potencial da terra e as limitações para os diferentes usos.

Esses trabalhos denominados *Land Sistem Surveys*, envolvem uma integração intensa de especialistas, um extensivo uso de fotografias aéreas, o mínimo de amostragem de campo e a classificação dos múltiplos atributos do terreno.

Para o desenvolvimento dessa metodologia duas premissas básicas são utilizadas:

1. Os principais atributos do terreno são interdependentes e tendem a ocorrer correlacionados;
2. Todos os usos do terreno são dependentes das combinações e interações de efeitos dos seus vários atributos.

Com base nestas premissas têm-se as seguintes implicações:

1. A identificação das características do terreno e de seus atributos sobre as fotografias aéreas permite predizer e extrapolar espacialmente a sua distribuição, que são determinados por meio de poucos pontos de observação.
2. A classificação dos múltiplos atributos do terreno torna possível a generalização das suas propriedades.
3. A informação balanceada da intensidade e relevância dos atributos é necessária para avaliar a suscetibilidade para um determinado uso.
4. Os atributos não devem ser considerados isoladamente, pois para a avaliação dos diferentes propósitos é necessário e desejável que se considere os múltiplos atributos do terreno.

Com base nestes aspectos, este método propõe a apresentação dos resultados em dois níveis de resolução espacial:

- Um em nível de unidades de terreno, definida como um grupo de locais relacionados que podem ser descritos simultaneamente em relação às suas feições mais significativas, isto é, são áreas que podem ser consideradas uniformes pelo tipo de solo, relevo e vegetação, tendo em vista um propósito prático.

- Outro em nível de sistemas de terreno (*Land Sistem*), definido como um conjunto de unidades de terreno que são geográfica ou geomorfologicamente relacionados de modo a terem um padrão de recorrência de formas de terreno, solo e vegetação.

Como ressalva, estes autores consideram que o método apresenta limitações que estão relacionadas à correlação, classificação e extração, principalmente quando em áreas de alta complexidade, como também à subjetividade na definição e delimitação das paisagens em fotografias aéreas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização da abordagem de cartas geotécnicas ou a utilização do conceito de terreno ou paisagem é uma opção que se reflete no tipo de planejamento que se pretende realizar.

Neste sentido, deve-se ressaltar que a cartografia geotécnica, cujo desenvolvimento deu-se de forma associada à geologia de engenharia, apresenta em seus produtos, critérios, e, identificação de áreas favoráveis e/ou impróprias à implantação de obras de engenharia, bem como, critérios e restrições à ocupação e à expansão urbana, que também estão estreitamente vinculadas à implantação destas obras.

Nestes estudos, a análise dos recursos minerais e hidrogeológicos também está voltada para as necessidades da urbanização e da compatibilização da sua exploração com a ocupação urbana.

Dentro deste enfoque, as cartas geotécnicas têm sido executadas apenas por um único tipo de profissional, o geólogo, na medida em que, a análise do meio físico comumente refere-se as questões vinculadas ao comportamento geotécnico das rochas, do relevo e do solo.

Assim, esses estudos têm tido maior desenvolvimento em escalas de detalhe, 1:25.000 ou maiores, que são as que melhor se prestam ao planejamento urbano e à implantação de obras de engenharia civil, bem como, à resolução de conflitos de uso e ocupação urbana e ao estabelecimento de áreas de risco.

O conceito de terreno ou a abordagem de paisagem, por sua vez, teve seu desenvolvimento associado ao planejamento sócio-econômico e de uso e ocupação de grandes áreas, em que se fez necessária a utilização de equipes multidisciplinares e de estudos integrados a fim de se avaliar o território sobre a perspectiva de implantação das atividades urbanas, agropecuárias e extrativistas.

Em consequência deste tipo de abordagem foram adotados mapeamentos regionais em escalas 1:100.000, 1:250.000 e 1:500.000, que oferecem uma melhor visão regional e sintética do território, funcionando como uma orientação geral para o planejamento pela identificação das funções do terreno e da delimitação de áreas funcionais com base nas suas potencialidades e fragilidades.

Estes fatos indicam que se a opção é pelo planejamento urbano, a adoção da abordagem geológico-geotécnica é mais objetiva e eficiente, fornecendo os subsídios necessários ao planejamento urbano no município, ao mesmo tempo em que se procura solucionar os conflitos entre a exploração dos recursos naturais e a urbanização.

No entanto, se a opção é pelo planejamento territorial, os estudos do meio físico devem adotar o conceito de Terreno ou de Paisagem, em que se consideram não só as suas restrições e potencialidades ao uso urbano, a exploração dos recursos minerais e de águas subterrâneas, mas também avaliam-se as potencialidades, restrições e impactos associados ao uso agropecuário e extrativista do terreno. Deve-se ainda incorporar os estudos dos condicionantes climáticos na medida em que interferem na dinâmica superficial e fluvial da região, como também, na disponibilidade hídrica para os diferentes tipos de cultura.

Uma vez que a utilização do conceito de terreno ou de paisagem resulta em estudos mais abrangentes e sintéticos, esta abordagem torna-se mais adequada para o estudo de bacias hidrográficas como unidades de gerenciamento ambiental.

RESUMO

Este artigo aborda a questão do Método de Observação – do Observador – e do Tipo de Resposta Obtida, tendo em vista o Planejamento Territorial.

Neste sentido faz uma avaliação da Abordagem Geológico Geotécnica e do Conceito de Terreno ou Abordagem de Paisagem (*Land scape*), procurando apresentar a importância e as limitações de cada uma das abordagens na resolução das questões ligadas ao Planejamento Territorial e a Análise Ambiental.

Diante disso enfatiza a necessidade da adoção do Conceito de Terreno ou Abordagem de Paisagem a medida em que este método de avaliação do meio físico exige a utilização de conhecimentos multidisciplinares, fornecendo assim uma visão integrada dos componentes do meio natural e das interrelações existentes entre seus vários atributos.

5. BIBLIOGRAFIA

- AUSTIN, M.P. & COCKS, K.D. 1978. *Land use on the south coast of new south wales. A study in methods of acquiring and using information to analyse regional land use options*. Austrália, v. 1 e 2. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (General Report).
- ASTLE, W. L.; WEBSTER, R.; LAWRENCE, C. J. 1969. Land classification form arrangement. Planning in the Luangwa Valley of Zambia. *J. Appl Ecol.* (6):143-169.
- BELL, F. G.; CRIPPS, J. C.; CULSHAW, M. G.; O'HARA, M. 1987. Aspects of geology in planning - Planning and Engineering Geology. *Geological Society Engineering Geology*. Special Publication (4):1-38.
- BITAR, O. Y.; CERRI, L. E. S. & NAKAZAWA, V. A. 1992. Carta de risco geológico e carta geotécnica: uma diferenciação a partir de casos em áreas urbanas no Brasil. In: Simpósio Latino Americano sobre Riesgo Geológico Urbano, Pereira, 1992. Anals... Pereira, Colombia.
- CAPRA, F. 1983. *O Tao da Física: um paralelo entre a física moderna e o misticismo oriental*. São Paulo, Cultrix, 260 p.
- COOK, R. V. & DOORKAMP, J. C. 1977. *Geomorphology in environmental management. An introduction*. Clarendon Press, Oxford, 413 p.
- CULSHAW, M. G.; BELL, F. G.; CRIPPS, J. C.; O'HARA, M. 1987. Planning and Engineering geology. *Geological Society Engineering Geology*. (Special Publication nº 4). 215 p.
- CULSHAW, M. G.; FORSTER, A.; CRIPPS, J. C.; BELL, F. G. 1990. Applied geology maps for land use planning in Great Britain. In: th International IAEG Congress, 6th, Balkema, Rotherdan, 1990. *Proceedings...* Balkema, Rotherdan, IAEG. p.85-93.
- DOORKAMP, J. C.; BRUNSDEN, D.; COOKE, R. V.; JONES, D. K. C.; GRIFFITHS, J. S. 1987. Environmental geology mapping: An international review. *Planning and Engineering Geology*. Geological Society Enginnering Geology. (Special Publication nº 4).
- FOOKES, P. G. & VAUGHAN, P. R. 1986. *A handbook of engineering geomorphology*. Surrey University Press, London, 343 p. il.
- FORSTER, A. 1990. A method of producing engineering geology maps of Nottingham for use by planners and engineers. In: International IAEG Congress, 6th, Balkema, Rotherdan, 1990. *Proceedings...* Balkema, Rotherdan, IAEG. p.31-37.
- FORSTER, A. & CULSHAW, M. G. 1990. Engineering geological maps as an aid to planning. In: International IAEG Congress, 6th, Balkema, Rotherdan. 1990. *Proceedings...* Balkema, Rotherdan, IAEG. p. 38-45.
- GALLOWAY, R. W.; GUNN, R. H.; PEDLEY, L.; COOKS, K. D.; KALMA, J. D. 1974. *Land of the Balonne-Maranoa área, Queensland*. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Austrália, (Land Research Series nº 34). 242 p.
- GRANT, K. 1975. *The PUCE programme for terrain evaluation for engineering purposes*. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Austrália, (Division of Applied Geomechanics Technical Paper nº 15).
- HAINS, B. A. 1991. *Applied geological mapping in the Wrexham area: geology and land-use planning*. British Geological Survey Technical Report WA/91/4, Nottingham. (On shore geology series, Keyworth), 95 p.
- INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGY (IAEG). 1979. *Symposium engineering geological mapping*. (Bull. 19), New Castle, England. IAEG. 380 p.
- INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGY (IAEG). 1981. *Mapping geological Hazards*. (Bull. 23), New Castle, England. IAEG. 140 p.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). 1984. Subsídios para o planejamento do uso do solo urbano para a recuperação de habitações subnormais e áreas degradadas na Grande São Paulo - Carta Geotécnica da Região Metropolitana de São Paulo: 1:50.000. (Relatório nº 19.817). São Paulo. IPT.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). 1985. Subsídios geotécnicos para o planejamento urbano - Cartografia Geotécnica do Município de São Paulo. 1:25.000. (Relatório nº 21.472). São Paulo. IPT.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). 1985. Planejamento de uso e ocupação do solo urbano e rural no Município de Itapevi, São Paulo - Carta Geotécnica. (Relatório nº 22.961). São Paulo. IPT.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). 1990. Carta geotécnica de Campo Grande. (Relatório nº 28.710). São Paulo. IPT.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). 1991. Apoio técnico à elaboração da Carta Geotécnica de Cuiabá - MT. (Relatório nº 29.033). São Paulo. IPT.

- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). 1991. Carta geotécnica do Município de Ubatuba, SP. (Relatório nº 28.975). São Paulo. IPT.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT) & INSTITUTO GEOLÓGICO (IG). 1989. Carta geotécnica do Município de Guarujá. Escala 1:50.000.
- LEMOS, A. C. P. N.; SANTORO, J.; SOARES, P. V.; HIRATA, R. C. A. 1990. Subsídios do meio físico geológico ao planejamento territorial: a experiência do Instituto Geológico no município de Sorocaba (SP). In: Congresso Brasileiro de Geologia, 36º, 1990. Anals..., Natal, SBG. v. 1. p.759-769.
- LEPSCH, F. I.; BELLINAZZI, R.; BERTOLINI, D.; ESPINDOLA, C. R. 1983. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, São Paulo, 175 p. il.
- LOLLO, J. A. & GANDOLFI, N. 1991. Mapeamento geotécnico da Folha de Leme (SP). In: Simpósio Geol. Sudeste, 2º, Rio de Janeiro, 1991. Anals... Rio de Janeiro, SBG. p. 367-374.
- MABBUTT, J. A. & STEWART, G. A. 1963. The application of geomorphology in resource surveys in Australia and New Guinea. *Geomorphology Dyn Revue* 14, France, p. 97-109.
- MABBUTT, J. A. 1968. Review of concepts of land classification. In: STEWART, G. A. ed. *Land Evaluation*. Melbourne, Macmillan. p. 11-28
- NAKAZAWA, V. A.; PRANDINI, F. L.; SANTOS, A. R. dos; FREITAS, C. G. L. de. 1991. Cartografia geotécnica: a aplicação como pressuposto. In: Simpósio Geol. Sudeste, 2º, Rio de Janeiro, 1991. Anals... Rio de Janeiro, SBG. v. 1, p. 293-296.
- OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K. T; CAMARGO, M. N. 1992. Classes gerais de solos do Brasil - Guia auxiliar para seu reconhecimento. FUNEP, Jaboticabal, 201 p.
- PARAGUASSU, A. B.; ZUQUETTE, L. V.; RODRIGUES, J. E.; VILAR, O. M.; GANDOLFI, N. 1991. Mapeamento geotécnico regional da Folha de Campinas. Escala 1:200.000. In: Simp. Geol. Sudeste, 2º, Rio de Janeiro, 1991. Anals... Rio de Janeiro, SBG. v. 1, p. 375-382.
- PRANDINI, F. L. et al. 1980. Carta geotécnica dos morros de Santos e São Vicente: condicionantes do meio físico para o planejamento da ocupação urbana. São Paulo, 31 p. (Monografias IPT, 3).
- RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, E. G.; BEEK, K. J. 1978. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. PLAN/M.A.- SNLCS/EMBRAPA, Brasília, 70 p.
- RESENDE, M. & REZENDE, S. B. 1983. Levantamento de solos, uma estratificação de ambiente. *Inf. Agropecuário* 9(105), p. 3-25.
- RESENDE, M. 1985. Aplicações de conhecimentos pedológicos à conservação de solos. *Inf. Agropecuário* 11(128), p. 3-26.
- SALVATIERRA. 1986. Mapa geocientífico de la Provincia de Valencia: una metodología nueva de análisis territorial. Escala 1:200.000. Diputacion Provincial de Valencia. Servicio de Recursos Geológicos.
- SANEJOUAND, R. 1972. La cartographie géotechnique en France. Lab. Pôts. Chauss., 95 p.
- VERSTAPPEN, H. Th. 1983. *Applied geomorphology. Geomorphological Surveys for Environmental Development*. Amsterdam - Oxford - New York, Elsevier, 437 p.
- VIDAL-TORRADO, P. & LEPSCH, I. F. 1993. Morfogênese dos solos de uma topossecuência com transição B Latossólico/B Textural sobre migmatitos em Mococa (SP). *Rev. Bras. C. Solo*, 17(1):109-119.
- UNESCO/AEG. 1976. *Engineering geological maps. A guide to their preparation*. Paris, The Unesco Press, 79 p.
- ZONNEVELD, I. (no prelo). Land evaluation and landscape science. 22 p. mim.
- ZUQUETTE, L. V. 1987. Análise crítica da Cartografia Geotécnica e proposta metodológica para condições brasileiras. São Carlos. EESC/USP. 4 v., 673 p. (Tese de Doutorado).