

Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos
Departamento de Geotecnia

Mapeamento Geotécnico Com Base na Compartimentação por Formas de Relevo e Perfis Típicos de Alteração

Monografia Geotécnica nº 2

Noris Costa Diniz Coelho de Souza

São Carlos, junho de 2002

1. Introdução

1.1 Contribuição do Mapeamento Geotécnico ao Planejamento

O planejamento, seja regional ou urbano, deve partir das limitações e das potencialidades dos recursos naturais pertencentes aos meios físico, biótico e às condições sócioeconômicas.

A aplicação do planejamento se dá na ocupação ordenada do meio, na proteção ambiental, no uso agropastoril da terra e nas obras civis.

O planejamento regional visando ao uso e ocupação do território, de maneira geral, não tem considerado as limitações ou potencialidades impostas pelo meio físico. O investimento em estudos deste meio, através da geotecnia, tem ocorrido na maioria dos casos em condições emergenciais, na medida em que os limites do meio ou a ocupação predatória impõem dificuldades, ou até mesmo acidentes, como inundações, erosão e escorregamentos. Estes estudos visam mitigar problemas existentes ou recuperar áreas já degradadas. O grande potencial na aplicação do mapeamento geotécnico está no planejamento da ocupação, com vistas a economia de recursos investidos, através da prevenção de problemas futuros, o que se daria num primeiro momento em escala regional.

A abordagem preventiva garante a eficiência e a aplicabilidade de soluções mais adequadas e otimizadas, o que se dá pela possibilidade de uma análise integrada de todos os problemas e recursos que envolvem o meio físico e sua ocupação. Este tipo de análise permite que a escala de trabalho seja adequada ao nível de abordagem, que, por sua vez, está vinculada à demanda dos usuários.

À medida em que as necessidades requerem soluções de problemas específicos, tornam-se indispensáveis estudos para finalidades específicas e aumenta a quantificação das informações.

Existe a necessidade do desenvolvimento de metodologias que, sendo adequadas à realidade do País, promovam a caracterização quali-quantitativa do meio físico.

O planejamento, o manejo e o monitoramento ambiental ganharam maior importância na medida em que a legislação internacional e, nas últimas duas décadas, nacional, se voltou para um maior controle do meio ambiente.

Neste contexto, o mapeamento geotécnico tem grande contribuição, pois através dele se classificam, analisam e avaliam os componentes do meio físico, representando, nos documentos produzidos, informações sobre as propriedades do relevo, dos materiais inconsolidados, das rochas e das águas, bem como dos fenômenos que neles ocorrem.

Neste sistema, a representação, a recuperação e a atualização dos dados devem ser de fácil acesso aos usuários, sejam de órgãos públicos ou privados, e das diversas áreas: gerenciamento ambiental, agricultura, engenharia e planejamento.

Desta forma, o mapeamento geotécnico é básico para um planejamento (regional ou urbano) que respeite as limitações e otimize as potencialidades do meio físico, promovendo a ocupação de uma forma equilibrada e passível de atualização com o desenvolvimento deste processo.

Esses fatos têm incentivado, recentemente no Brasil, o avanço do mapeamento geotécnico como ferramenta essencial, dentro do conceito de planejamento na atual dinâmica de uso e ocupação.

A utilização da cartografia automatizada, de banco de dados geotécnicos em estações de trabalho, se apresenta como um instrumento capaz de atender o volume de dados e a representação cartográfica exigida em trabalhos desta natureza, sendo uma realidade atual em implantação em algumas instituições no Brasil.

1.2. A Geologia de Engenharia e o Mapeamento Geotécnico

A finalidade da Geologia de Engenharia é prover informações básicas para o uso do meio físico, o planejamento, o projeto e a construção de obras civis (IAEG, 1976).

A Geotecnia deve fornecer dados sobre as propriedades das rochas e solos, assim como os processos e fenômenos que ocorrem neste meio, podendo ser naturais e/ou artificiais (Zuquette, 1985). Ainda segundo este autor, a Geotecnia Regional trata dos estudos de caracterização geotécnica de uma área; como também desenvolve princípios de zoneamento geotécnico e métodos de compilação destas informações. A Geologia de Engenharia subsidia o bom planejamento e a concepção de projetos, para que a ocupação e o uso do meio físico ocorram de forma adequada e não predatória, buscando a caracterização geotécnica através do levantamento dos atributos, de estudos regionais ou de detalhe, objetivos e otimizados. Essas

informações geológico-geotécnicas são registradas em documentos, que irão se constituir no mapeamento geotécnico.

O mapa Geotécnico é um tipo de mapa geológico, o qual oferece uma representação generalizada de todos os componentes do ambiente geológico de significado no planejamento e uso da terra, em projetos, construção e manutenção aplicados a obras civis e engenharia de minas (IAEG, 1976).

O mapeamento refere-se ao ato de delinear áreas que são homogêneas ou aceitavelmente heterogêneas para as finalidades às quais o mapa está sendo realizado, e a apresentação normalmente é feita em bidimensão, associada a palavras, letras, números e outros caracteres que representam os atributos essenciais.

Segundo Zuquette(1987), o produto do mapeamento geotécnico tem que possuir uma linguagem que atinja os usuários não especializados.

Na elaboração de mapas geotécnicos (Varnes,1974) deve prevalecer o que denote interesse, precisão, criatividade e avaliação.

2. Estado da Arte

2.1. Metodologias internacionais

As primeiras cartas geotécnicas foram lançadas em Leipzig, em 1913, por Langen, tratando de fundações em cidades alemãs. No início do século o assunto foi tratado também para áreas urbanas (Nova York, São Paulo) através de uma abordagem de geologia (in Zuquette,1985). Após a Segunda Guerra, houve um avanço, na produção de cartas geotécnicas, em diversos países do leste europeu, devido a necessidade de se planejar a reconstrução das cidades. Segundo Zuquette(1985), a fase criativa do mapeamento geotécnico se deu nas décadas de sessenta e setenta; foi neste período que a técnica atingiu os demais países do ocidente.

Matula, 1978 apud Zuquette(1985) considera que os mecanismos mais importantes do mapeamento geotécnico são as estimativas do potencial de uso das diversas unidades, a avaliação das áreas para uso específico e decisão da melhor forma de construir.

Dos países que têm a área de conhecimento de mapeamento geotécnico bem desenvolvida, destaca-se a Checoslováquia como o

mais representativo, principalmente através dos trabalhos de Pasek, Rybar, Zebera, Matula, Zaruba e outros (Zuquette, 1985). O sistema Checoslovaco considera a morfologia, a estabilidade dos terrenos, a hidrologia e as propriedades físico-mecânicas dos solos e rochas. Compõem os trabalhos os mapas geológicos (substrato e materiais inconsolidados), hidrogeológico, de documentação, de divisão geotécnica, fichas e tabelas.

Zebera, 1947 apud Zuquette (1985), seguindo aplicações de Pasek, Rybar e Simel, criou um sistema de bandas que inspirou outras variações de representação em terceira dimensão. Normalmente os trabalhos apresentam três categorias de terrenos (zonas favoráveis, aceitáveis e desfavoráveis).

A compilação de um mapa geotécnico com finalidade geral, na escala 1:25.000, através de Matula e Pasek(1964) foi aprovada pela Comissão de Geotecnia da COMECON, como modelo para instruções internacionais (Comecon, 1966 apud Zuquette,1985).

A França é o país mais desenvolvido em técnicas e trabalhos. Em 1972, Sanejouand publicou a "Cartografia Geotécnica na França", onde se pode observar a forte ligação entre a Escola Francesa e a Checoslovaca. As cartas de fatores são de documentação, do substrato rochoso, dos materiais de cobertura, hidrogeológica, geomorfológica e outras. As cartas de aptidão são: fundações, viabilidades de vias de transporte, escavabilidade, materiais de construção e outros. O objetivo dessa metodologia é ser utilizada tanto para fins regionais como para específicos. O sistema de representação se dá em três dimensões, como o Checoslovaco.

Mathewson & Font (1974) nos EUA, apresentam uma sistemática através de quatro fases hierárquicas para o conjunto de mapas necessários para o zoneamento de uma região.

Dearman & Fookes (1974) desenvolveram na Inglaterra trabalhos de mapeamento geológico-geotécnico aplicados a problemas de engenharia civil.

Na Austrália, a partir do trabalho de Grant(1965), iniciou-se o uso de informações geotécnicas, onde se desenvolveu o sistema PUCE (Padrão, Unidade, Componente, Avaliação) (Grant,1975a; 1975b e Grant & Finlayson,1978).

Este sistema se baseia em princípios geomórficos homogêneos para cada unidade de terreno. Todos os dados levantados devem ser tratados de maneira a se tornar compatíveis com um sistema

computacional. O Sistema é originário de um similar de Christian & Stewart(1953 apud Zuquette,1985). As principais classes de terreno são: Província, Padrão, Unidade e Componente. Os atributos são apresentados em 3 classes que definem seu interesse para: estudo de viabilidade, estudo de planejamento e finalidades construtivas.

A IAEG(International Association of Engineering Geology) elaborou, através de comissão formada em 1966, um guia para a preparação de mapas geotécnicos, publicado em 1976, através da UNESCO.

Essa metodologia classifica os mapas em função do conteúdo, da escala e da finalidade. Os fatores a serem considerados são: o caráter das rochas e solos, as condições hidrogeológicas, as condições geomorfológicas e outros.

De acordo com a finalidade, os mapas são classificados como especiais ou de multifinalidade. Segundo o conteúdo, são: analíticos, abrangentes, auxiliares e complementares. E segundo a escala, grande(> 1:10.000), média (entre 1:10.000 e 1:100.000) e pequena (<1:100.000).

Zuquette (1987), ainda cita metodologias como a espanhola (CEOTMA), ARDA - canadense , a suíça, Kiefer (EUA), ZERMOS e Sanejouand(1979) na França, dentre outras.

O trabalho de Farias et al.(1984) pela CEOTMA, na Espanha considera estudos do meio físico, em caráter regional, tendo como fundamento critérios geomorfológicos. Coelho (1980) coloca a experiência do LNEC em Portugal na elaboração de cartas geotécnicas, levando em conta critérios geotécnicos para as classificações.

A realização de estudos geotécnicos regionais não é comum no Brasil, contrariamente ao que acontece em outros países mais desenvolvidos, como os da Europa, EUA, Canadá e Austrália.

Dentre os estudos de caráter regional que se fundamentam em critérios geomorfológicos, destacam-se Thomas(1974), Verstappen & Zuidan(1975), Young (1976), Leighton (1976), Palaner (1976), Hansen (1976), Koons (1976), Coates (1976), Legget (1976), Foose & Hess (1976), Orsborn (1976), Speight (1977), Hawkins & Privett (1979), Zuidan (1979), Kertész (1979), Kreig & Reger(1980), Soeters & Rengers (1981), Rengers (1981), Verstappen (1983), Mc Caig (1985), Burt & Trudgill (1985), Hole & Campbell (1985), King(1986), Zuidam (1985), Nagarajan & Shah(1987), Meijerink (1988), Cook & Doornkamp (1990).

2.2. Mapeamento Geotécnico no Brasil

Os trabalhos pioneiros que tratam de metodologia de mapeamento geotécnico ou similares e sua aplicação no Brasil tiveram lugar na década de sessenta, com Haberlehner(1966), fomentando a necessidade do Mapeamento Geotécnico no País, Heine(1966) com o mapeamento geotécnico do Estado da Guanabara (escala 1:5.000), Grehs(1967) que, tratando de problemas de instabilidade de encostas, realizou o mapeamento da cidade de Santa Cruz do Sul, RS.

Na década de setenta foram produzidos os trabalhos de Coulon (1973) em Morretes e Montenegro, RS, Constanzo Jr.et al.(1978) e Maciel Fo(1978, 1990) em Santa Maria, RS. Ainda colaboraram na produção de cartas geotécnicas desta década Cabral(1979) na baixada do Jacarepaguá e Seignemartin(1979), em Ribeirão Preto. E discutindo metodologia e área de aplicação de geologia de planejamento destacam-se Prandini et al.(1974) e Infanti Jr.(1974).

Já na década de oitenta o IPT(1980, 1984 e 1989) realizou diversos trabalhos na confecção das cartas Geotécnicas dos Morros de Santos e São Vicente, do Município de São Paulo e do Guarujá. Dos trabalhos desenvolvidos nas universidades destacam-se os de Zuquette(1981) em São Carlos, Cottas(1983 e 1990) em Rio Claro e Limeira, Taveira(1986) em Campinas, Carvalho(1987) em Ouro Preto, Pejon (1987) em Araraquara, Vecchiato(1987) em Cuiabá.

No final da década de oitenta e início da de noventa destacam-se os trabalhos , na área acadêmica de Aguiar (1989) em São Carlos, seguindo a metodologia Zuquette (1987), para a área de expansão urbana; Godoy (1989) em Presidente Prudente, voltado à expansão urbana com a ponderação de variáveis do meio físico em geofatores de risco ao desenvolvimento urbano, geofatores limitantes da aptidão para construção e geo-recursos a serem protegidos, com o critério de zoneamento guiado pela posição no relevo; Merico(1989) em Brusque, SC, voltado à estabilidade de encostas; Ferrante (1990) na bacia do rio Jacaré-Guaçu com base na aplicação de sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica; Bongiovanni(1990), na região de Paraguaçu Paulista, utilizando critérios pedológicos e geomorfológicos; Maretti(1990) na região do estuário lagunar de Iguape-Cananéia, visando ao

planejamento e ao monitoramento costeiro e utilizando critérios geomórficos para compartimentação de unidades de tipo rochoso, tipo pedológico e formas de relevo que foram cruzadas numa tabela de adequabilidade de uso; Brollo (1991) para Araras, Lollo (1991), para Leme, Nishiyama (1991) para São Carlos, e Albrecht (1992) para Águas de Lindóia utilizaram a metodologia de Zuquette no mapeamento de quadrículas visando ao planejamento regional e Pejon (1992).

Silva, Jr. & Barroso (1990) realizaram trabalho voltado a movimentos de massa em estrada do litoral do Rio de Janeiro. Ainda no Rio de Janeiro foram realizados diversos trabalhos envolvendo o problema de encostas em áreas urbanas, e principalmente em favelas, dentre eles Cunha et al. (1992), Nava et al. (1992) e Amaral & Maia (1992).

Foi apresentada ainda Carta Geotécnica de Recife (Coutinho et al., 1990), em Porto Alegre, voltada à caracterização de solos residuais (Bastos, 1990); e em Florianópolis abordando os condicionantes do meio físico à ocupação (Rego Neto & Barroso, 1990).

Na área de banco de dados geotécnicos foram apresentados os trabalhos de Genevois et al. (1990), Junqueira & Silva Jr. (1992), e Ferreira (1988).

Na área de solos residuais tropicais ocorreram diversos eventos e, mais recentemente, foram apresentados os trabalhos de Coppedê (1988) sobre formas de relevo e perfis de intemperismo no leste paulista, com aplicação ao planejamento de obras civis. Há também o trabalho de Giacheti (1991), que traz um estudo experimental de parâmetros dinâmicos de alguns solos tropicais no estado de São Paulo.

O mapeamento geotécnico tem subsidiado como produto final e como metodologia a elaboração de estudos na área de meio-ambiente nos relatórios de avaliação ambiental (EIA's, RIMA's, PRAD's), de onde pode-se citar os trabalhos de Silva & Fornasari (1988) e Bitar (s.d.). Observando-se a tendência de análise de questões ambientais sob a óptica de desenvolvimento sustentado, como em SMA (1991).

Trabalhos voltados ao planejamento municipal foram produzidos pelo IG, como as cartas geotécnicas de Sorocaba (1989) e de Itu (1990). Atualmente está sendo executada a carta de Campinas, dando ênfase à hidrogeologia, com o método de unidades homogêneas para o planejamento territorial, em Hirata (1992).

Em 1987 foi publicada a carta geotécnica de Maceió, realizada pela Universidade Federal de Alagoas, abordando principalmente aspectos de estabilidade de taludes.

Em 1989 foi publicada a carta geotécnica do Guarujá, executada pelo IPT e pelo IG, onde a metodologia parte da caracterização dos problemas reais e potenciais que afetam a urbanização do município, e as unidades geotécnicas correspondem a setores do relevo.

As cartas de Campo Grande,MS (1990) e de Cuiabá,MT (1991) foram elaboradas com equipes multi-institucionais, das prefeituras, Universidade (UFMT) e Secretaria de Planejamento, com o apoio técnico do IPT. Nessas cartas a metodologia considerou traços fisiográficos e problemas de ocupação, em unidades homogêneas quanto a problemas existentes e esperados, e a compartimentação das unidades foi executada por padrões de relevo.

A carta de Ubatuba (1991a), executada pelo IPT, considerou a caracterização pluviométrica, o uso urbano do solo, os aspectos ambientais da atividade de mineração, unidades de conservação ambiental e áreas correlatas e a análise da potencialidade para geração de corridas de massa.

A carta do município de Santo André, elaborada pelo IPT(1991b), contendo diretrizes para expansão urbana, teve como critério de zoneamento a declividade, considerando as potencialidades e limitações do meio físico, propondo o zoneamento com critérios de urbanização para ocupação ordenada.

Recentemente, o projeto de Prevenção da Erosão Urbana e Conservação de Recursos Hídricos, na cidade de Bauru, executado pelo IPT (1991c), utilizou como metodologia: a compartimentação morfo-pedológica, que define áreas homogêneas na associação solo-rocha-relevo quanto a sua potencialidade à erosão; o levantamento de topossequências representativas, pela análise estrutural da cobertura pedológica; e, por fim, define compartimentos homogêneos quanto ao comportamento hidrodinâmico das vertentes.

Nakazawa et al.(1992) apresentou a metodologia utilizada nas cartas geotécnicas elaboradas pelo IPT, tendo a aplicação como pressuposto para compartimentação do meio físico em relação aos problemas decorrentes do uso e da ocupação.

Atualmente encontra-se em fase de execução a carta geotécnica do município de São Paulo, na escala 1:10.000, pela equipe de geólogos da PMSP. Prandini et al.(1990) apresentou, em

trabalho voltado a elaboração de Planos Diretores, as características do meio físico que subsidiam a execução destes planos para planejamento municipal.

O trabalho de Zuquette(1987) intitulado: "Análise Crítica da Cartografia Geotécnica e Proposta Metodológica para as condições Brasileiras" constitui-se num marco na evolução dos trabalhos sistemáticos já existentes em levantamentos geológico-geotécnicos e cartografia geotécnica. O trabalho trata desde a sistemática, quanto à metodologia científica para elaboração de um mapa, até do levantamento das metodologias e sistemas internacionais, trazendo uma revisão completa de estado da arte até então. Além disso, propõe uma metodologia aplicada às condições brasileiras, procurando se adequar às condições socioeconômicas do país, dentro de uma relação custo/benefício favorável, sem detrimento do nível técnico/tecnológico a ser adotado.

2.3. Metodologia de Zuquette

Zuquette(1987) considera a definição de Thomas(1970) para o mapeamento geotécnico como um processo de análise dos componentes do meio físico, que tem por finalidade básica levantar, avaliar e analisar os atributos que compõem o meio físico, sejam geológicos, hidrogeológicos e outros.

As informações deverão ser manipuladas de tal maneira que possam ser utilizadas para fins de engenharia, planejamento, agronomia, saneamento e outros.

A obtenção das informações segue os princípios básicos de coleta e análise de atributos que serão fundamentais para a definição das unidades em função de suas homogeneidades ou não.

Atributo, segundo Zuquette (1987) são as qualidades dos componentes do meio físico que são utilizadas para caracterizá-lo. Pela IAEG(1976), atributo é a qualidade ou propriedade inerente de alguma coisa. Ou ainda, seria a característica, qualitativa ou quantitativa que identifica um elemento de um conjunto observado (meio físico).

Segundo a metodologia empregada, o estudo de avaliação e especificação das unidades geotécnicas passa pelas seguintes etapas: levantamento e análise das informações produzidas anteriormente, reconhecimento dos atributos e identificação de unidades homogêneas.

Para a identificação dos atributos são utilizados todos os documentos levantados. A partir destes dados, elaboram-se um mapa preliminar com unidades homogêneas. A fotointerpretação na identificação de formas de relevo e tipos de solo e sua posição na vertente é fundamental nesta etapa.

No trabalho de campo, etapa seguinte, atendendo-se aos limites propostos por Zuquette & Gandolfi (1990), realiza-se um número mínimo de observações quantitativas, para o levantamento dos atributos.

Após a etapa de campo, com amostragem, parte-se para os ensaios de laboratório, que serão aqueles que permitem a caracterização prévia dos materiais, quais sejam: granulometria, limites de plasticidade e de liquidez, massa específica dos sólidos, compactação, mineralogia, comportamento laterítico, caracterização de agregados e densidade relativa, esses para materiais incosolidados. E densidade, mineralogia e resistência a compressão, para materiais rochosos.

Devido ao alto custo de amostragem e execução de ensaios para certas propriedades, como permeabilidade, compressibilidade, expansibilidade e resistência, é conveniente a sua estimativa a partir de outros índices, mais facilmente obtidos.

Zuquette (1987), propõe uma classificação para os diversos documentos produzidos no mapeamento geotécnico cujas classes podem ser observadas a seguir:

a. Mapas básicos fundamentais

- Mapa topográfico
- Mapa geológico: substrato rochoso
materiais incosolidados
- Mapas de águas

b. Mapas básicos opcionais

- Mapa pedológico
- Mapa geofísico
- Mapa geomorfológico
- Mapa climático
- Mapa de ocupação atual e prevista

c. Mapas auxiliares

- Mapa de documentação existente
- Mapa de documentação produzida

d. Cartas Derivadas ou Interpretativas

- Carta de Fundação
- Carta de Escavabilidade
- Carta de Estabilidade de Taludes
- Carta de Irrigação
- Carta de Erodibilidade
- Carta de Deposição de Rejeitos Sépticos
- Carta de Materiais de Construção
- Carta de Restrições Ambientais
- Carta de Orientação
- Carta de Obras Viárias
- Carta de Obras Enterradas

Para cada tipo de carta interpretativa Zuquette & Gandolfi(1990) apresentam o escopo, os atributos utilizados para a obtenção da carta e a classe de aptidão proposta.

2.4. Sistema de Análise de Terreno

2.4.1. Sistemas de análise de terreno

Diversos autores trataram da análise de terrenos, com fins de planejamento, uso e ocupação da terra, especialmente nas décadas de sessenta e setenta. Dentre eles Zuquette(1987) citou: Keifer (1967), Stewart (1968), Woloshin (1968), Mitchell (1973), Seggett (1973), Watt (1973), Grant (1975a e b), Walmsley (1975), Neil & Scalles (1976), Olsen (1976), Oliver(1977), Grant & Finlayson(1978).

Além destes pode-se citar ainda Beckett & Webster (1965), Brink et al.(1968), Aitchison & Grant (1968), Klimaszewski (1982), Brunsdon (1975), Libault (1975), Coates(1976), Hansen (1976), Koons (1976), Legget (1976), Small (1978), Beaumont (1979), Doornkamp et al.(1979), Rodriguez Ortiz et al.(1979), Kreig & Reger (1980), Grant et al.(1982), Purnell (1984), Zuidan (1985), Fookes & Vaughan (1986), King (1986), Salamon (1986), Rupke (1988), Cook & Doornkamp (1990). No trabalho de Verstappen (1983), são apresentadas

diversas aplicações dos sistemas de análise de terrenos e suas correlações. Meijerink (1988) apresenta a metodologia de análise de terrenos utilizada no ITC, Holanda, no Sistema de Informação Geográfica ILWIS.

Souza (1992) considerando compartimentação geomorfológica e a íntima relação material inconsolidado-geoforma na área de aplicação da Folha de Aguaí, utilizou o sistema PUCE (Grant, 1965; Grant & Finlayson, 1978) para análise de terreno. A forma proposta pelo sistema PUCE de obtenção, representação e recuperação dos atributos é bastante adequada na hierarquia da utilização de trabalhos. Segundo este sistema, o mapeamento da área em questão se enquadrou, dada sua escala de 1:50.000, como Unidades de Terreno, devendo-se definir para isto, os Padrões (ou Sistemas) de Terreno e as Províncias, por serem as unidades precedentes.

2.4.2. A metodologia PUCE (Padrão, Unidade, Componente, Avaliação)

A base do sistema PUCE é que qualquer porção do terreno pode ser definida unicamente com base em seu relevo, ou seja, características das vertentes (princípios geomórficos), litologia, estrutura e tectônica do substrato, e características do solo e vegetação. Através da definição de intervalos de características desses terrenos, com níveis significativos e adequados, podem ser determinadas classes de terreno naturais válidas (Grant, 1975a e b; Grant et al., 1982; Finlayson & Grant, 1982). As propriedades em cada elemento devem ser homogêneas em toda a sua extensão.

O sistema considera quatro intervalos de generalização: Componente do Terreno, Unidade de Terreno, Padrão de Terreno e Província. Para estabelecer esses níveis, é necessário definir o limite de variação adequado para cada nível correspondente a cada característica de terreno. Os elementos de cada nível devem ser homogêneos para este nível.

O sistema para a classificação de terreno proposto (Grant & Finlayson, 1978) é hierárquico, no sentido de que cada elemento de um nível é composto por uma associação limitada e constante de elementos do nível precedente.

Um sistema de nomenclatura numérica para os níveis de terreno foi proposto de forma que a informação coletada fosse compatível com um processamento por computador.

A classificação do terreno é obtida através de fotointerpretação e de trabalho de campo.

Usando esse sistema, a análise qualitativa e a avaliação quantitativa dos recursos geotécnicos podem ser conduzidas em três estágios:

- (1) estudos de viabilidade;
- (2) planejamento e
- (3) construção.

Estes estágios devem conter a informação obtida para cada etapa, de acordo com o nível adequado à classificação do terreno. Trabalhos de planejamento ou de implantação de obras possuem diferentes necessidades, portanto a informação a ser coletada para cada etapa de cada projeto deve ser especificada antes dos trabalhos de levantamento de dados. Usando um sistema de processamento de dados, a coleta de dados pode ser arquivada para recuperações posteriores.

Para arquivo e recuperação lógica, as informações levantadas devem ser codificadas. O método de processamento das informações mais satisfatório é por computador, porém, o sistema pode ser adaptado a arquivos de escritório ou fichas de anotações.

a) Níveis de Terreno

- Província

A província define uma área do meio-físico segundo sua Geologia, a origem do material rochoso (sedimentar, vulcânico, plutônico, metamórfico, aluvionar, coluvionar, eólico). Este nível representa unidades cronoestratigráficas do terreno.

Adequado para escala 1:250.000 (facilidades de reconhecimento).

- Padrão de Terreno

O padrão de terreno se baseia em critérios geomorfológicos, tais como amplitude do relevo local, modelo de drenagem, sua densidade. Normalmente, apresenta consistência e uniformidade no padrão de forma de relevo.

Existem na unidade, determinadas topografia, associação dos solos e vegetação possíveis de se distinguir em fotos aéreas quando em escala adequada. Representa níveis de amplitude de relevo e densidade de drenagem. É adequado para escalas menores que 1:100.000.

- Unidade do Terreno

A unidade é determinada por análise através da forma do terreno, da associação dos solos e da vegetação.

É caracterizada por ter uma única forma do terreno e uma associação de solos e vegetação.

As formas do terreno são classificadas tendo como base uma associação de encostas de amplitude do relevo local. É adequado para escalas menores que 1:10.000.

- Componentes do Terreno

Os componentes tem como base as características geomorfológicas, como tipo e inclinação das encostas, tipo de perfil do solo, uso ou cobertura da terra, vegetação e litologias do substrato rochoso. São adequado para escalas maiores que 1:10.000.

Os taludes são analisados sob o aspecto tridimensional, podendo ser considerados convexos e planares. Litologias (rochas) são descritas e analisadas sucintamente, porém de maneira a fornecerem características importantes. Os solos devem ser analisados em virtude das suas variáveis, tanto no sentido horizontal quanto no vertical, e classificados segundo uma classificação normalizada e utilizada na região em questão.

A vegetação presente na área deve ser analisada quanto a espécie, densidade, gênero, e outras variáveis possíveis. Este nível pode ainda ser definido através de:

- microtopografia (ou seja, característica própria de uma área da paisagem), dentro dos conceitos básicos e dos limites citados;
- uniformidade litológica (rocha) e estrutural;
- solos e suas associações, quando homogêneos dentro dos limites dos níveis;
- a associação de vegetação, apresentada de maneira que entre em sua determinação mais de uma espécie ou gênero, para que não haja descontinuidade.

2.4.3. Vantagens de aplicação da metodologia PUCE

Sendo a metodologia PUCE um sistema hierárquico, sua aplicação pode-se dar em qualquer escala dentro da mesma sistemática de classificação do terreno, de forma subordinada e interligada.

A metodologia PUCE se aplica principalmente a estudos de viabilidade e planejamento, adequado, portanto, à realidade de demanda da região.

O mapeamento pela PUCE se deu na Austrália de forma sistemática, permitindo o recobrimento de todo o país, servindo de base fundamental para frentes de desenvolvimento num território de grandes dimensões e ocupação concentrada no litoral.

O Sistema não substitui a investigação local, mas assegura sua execução como base racional.

Considera os atributos naturais críticos do terreno, como solo, rocha, forma de relevo, vegetação, uso e ocupação. Definindo classes naturais, classificando-os de forma semi-quantitativa.

A representação cartográfica é simples, através de índices numéricos de faixas de atributos, complementada pelas tabelas de classificação e avaliação dos terrenos, traduz uma grande quantidade de informação, passível de informatização.

A sistemática de nomenclatura de níveis de terreno permite padronização ou institucionalização, essenciais para levantamentos básicos e de manipulação por profissionais de diversas áreas.

O sistema é simples e compatível com um computador digital, e um banco de dados geotécnico, facilitando a obtenção, processamento e manipulação para as diversas aplicações, e a recuperação e atualizações futuras.

A amostragem é otimizada, com a predeterminação de locais, com base nas unidades de geoformas. Exige menor número de pontos e ensaios. Os dados podem ser extrapolados e as propriedades estimadas.

Faz-se necessária, porém, uma adaptação dos critérios de classificação. Além da própria adequação a realidade nacional quanto aos recursos econômicos e realidade sócio-política.

2.5. Classificação de Unidades de Terreno

2.5.1. Considerações gerais

A metodologia de classificação de terrenos baseia-se na obtenção de atributos de formas de relevo (geoformas), que caracterizam unidades de mapeamento de terrenos (TMU's), de acordo com o proposto por Meijerink (1988), ou simplesmente Unidades de Terreno (UT's).

Estas unidades que compõem uma associação natural em termos de geologia, geomorfologia e distribuição de solos, são definidas a partir de mapas específicos existentes, fotointerpretação e trabalho de campo. A estratégia metodológica proposta por Souza (1992), com base na compartimentação por Unidades de Terreno e caracterização por perfis típicos de alteração, em diversas etapas de trabalho.

Segundo Meijerink(1988) existem diversas classificações de terrenos que atendem as mais variadas demandas, como:

- classificações de análise geomorfológica, usualmente baseada na gênese, com uma estrutura hierárquica (sistemas a elementos de terreno);

- classificações paramétricas ou morfométricas, que contém algumas variáveis ou atributos como, amplitude de relevo, micro-relevo, declividade das encostas, classes de vertentes;

- classificações fisiográficas ou de síntese geomorfológica, com ou sem estrutura formal, sendo descritivas por natureza, sem uma hierarquia em complexidade, podendo conter unidades de síntese, ou de fotointerpretação;

- classificações biogeográficas, que consistem em agrupar aspectos de vegetação em relação à aspectos geomórficos e fisiográficos;

- classificações lito-geológicas como as utilizadas em mapas hidrogeológicos e mapas geotécnicos, as quais se distinguem dos mapas de geologia básica, que tem com critério dominante a idade, a litologia e a petrologia.

A classificação proposta por Meinjerink (1988) utiliza importantes elementos das classificações citadas, com excessão daquelas que incluem aspéctos de vegetação e uso do solo. Os quais são excluídos porque, nesta classificação os aspectos de cobertura são tratados separadamente, já que as combinações da dinâmica de ocupação antrópica em superfície, pode ser tratada com diversas variações de sobreposição no meio físico dependendo do aspecto de uso do solo e problemas que se queira tratar, na interação e evolução de ocupação no tempo sobre as classes de terreno.

A base da compartimentação, para a Folha de Aguaí (Souza, 1992), são critérios de relevo para a hierarquização das UT, sendo que o critério secundário foi o grupo litológico, como se segue:

CLASSIFICAÇÃO	CRITÉRIO
Morfo-estrutura	tectônico-estrutural
Morfo-escultura	grande forma-climático
Província	grande forma-genético
Sistema	padrões de forma
Unidade	forma de relevo
Componente	elemento de forma de relevo

Os conceitos de morfo-estrutura e morfo-escultura foram definidos por Gerasimov & Mescherikov, 1968 apud Ross (1990), correspondendo a categorias genéticas necessárias a classificação e análise dos terrenos. As morfo-estruturas correspondem ao substrato que contribui no processo de desenvolvimento do relevo, sendo de diferentes origens e idades. As morfo-esculturas correspondem ao modelado ou à tipologia de formas geradas sobre uma ou várias estruturas através da ação de climas atuais ou passados. Estes conceitos auxiliam na classificação por se referirem a feições e formas de relevo numa hierarquia de escalas, e também por localizarem as Unidades de Terreno no relevo regional, auxiliando na caracterização preliminar de atributos.

Meijerink (1988) considera alguns pressupostos que são fundamentais num sistema de classificação de terrenos, como:

- o método deve ser passível de aplicação geral, o que impõem restrições a critérios rígidos de classificação ou taxonomia grande e profunda;

- as unidades deverão ser reconhecidas e delineadas primeiro em fotografias aéreas de acordo com as compartimentação natural do terreno. Para a garantia de que o método não ofereça problemas de aplicação, por representar unidades essenciais de comportamento previsto semelhante frente aos fenômenos e processos que nelas se desenvolvam;

- as regras de classificação não devem interferir na criação e na edição de tabelas no banco de dados selecionado.

Isto implica em que o sistema de classificação deva estar o mais adequado possível à escala de representação.

Com isto os dados de reconhecimento de campo devem ser aceitos pela mesma estrutura de dados independentemente do detalhamento das áreas amostradas no campo.

- deverão ser utilizados atributos que possam ser facilmente levantados, armazenados e representados.

2.5.2. Obtenção e armazenamento dos dados

Existem três caminhos metodológicos para se chegar nas UT's: por células numa malha quadrada; por superposição de mapas temáticos e por unidades de mapeamento de terrenos.

Na malha quadrada os atributos são levantados e armazenados a partir de pontos igualmente espaçados no terreno, amarrados a uma malha quadrada sobreposta.

A vantagem deste método é sua adequabilidade a utilização por processamento em computador, onde métodos estatísticos podem ser aplicados com técnicas padrão.

As desvantagens se referem a ser um método trabalhoso na entrada de dados, as dimensões da malha são arbitrárias, as relações espaciais entre litologia, geomorfologia e solos se torna confusa e as operações dos dados também. Não apresentando realmente as variações de atributos por unidade e no caso de grandes unidades homogêneas há um desperdício de trabalho.

Por sobreposição e cruzamento de mapas temáticos existentes tem-se uma maior velocidade na obtenção dos atributos para o banco de dados. Porém os mapas temáticos apresentam dados pré-classificados. Enquanto que mapas geológicos mostram unidades classificadas segundo a idade dos materiais, mapas pedológicos trazem classificações de uso não corrente no meio de geologia de engenharia. E os contatos são discutíveis quanto aos critérios utilizados. Por outro lado, alguns mapas geomorfológicos apresentam simbologia complexa que não pode ser traduzida em atributos codificáveis. Os mapas topográficos, por sua vez, são demasiadamente generalizados não evidenciando o micro relevo e a drenagem. Além disto, várias revisões devem ser realizadas para o ajuste dos contatos, já que se deve estar coerente com o sistema de classificação hierárquico, ou seja um conjunto de Unidades de terreno deve corresponder a determinado Sistema, e por sua vez um conjunto de Sistemas deve corresponder a uma certa Província.

A abordagem por Unidades de Terreno consiste num método de obtenção e armazenamento de dados que se utiliza das interrelações entre geologia, geomorfologia e solos, os quais podem ser interpretados em fotografias aéreas.

Para auxiliar na interpretação podem ser utilizados mapas específicos, e amostragem de campo por perfis típicos de alteração de solos das Unidades de Terreno.

Diversos atributos por Unidade de Terreno são descritos em ficha de campo, para futuro armazenamento em banco de dados.

As Unidades de Terreno (UT), predominantemente formas de relevo (geoformas), são diferenciadas de tal maneira que cada unidade forma uma associação única de litologia, solo e relevo e declividade. Evidentemente, as Unidades devem ser obtidas de um recurso básico que contenha todas estas informações, como fotografias aéreas e observações de campo.

O método de sobreposição de mapas temáticos se aproxima bastante, em termos de resultados, do método de Unidades de Terreno, porém é menos otimizado em termos de recursos e tempo.

2.5.3. Unidades de mapeamento de terreno

Uma Unidade de Mapeamento de Terreno, ou como adotado em Souza (1992): Unidade de Terreno (UT), consiste num conjunto de características dos seguintes componentes do meio físico:

- geoforma: feições de relevo, sistemas de formas de relevo;
- material inconsolidado: perfil de alteração, processo de alteração, textura, origem, rocha original e espessura.
- litologia-estrutura: tipo geotécnico;
- morfometria: declividade, amplitude de relevo, densidade de drenagem.

O uso do termo terreno pareceu conveniente por ser neutro e necessário para minimizar a confusão entre conceitos já utilizados como: unidades de relevo, utilizado por Brink et al (1966, apud Meijerink, 1988) em avaliação de terrenos.

O termo unidades geomorfológicas não é adequado pois a subdiferenciação pode se basear na distribuição do material inconsolidado.

A unidade fisiográfica já é utilizada no sentido de gênese e evolução de formas de relevo para descrições de terreno que incluem a vegetação e o uso do solo.

O termo unidade homogênea é genérico e pouco preciso quanto ao caráter do que seja homogêneo: atributos; gênese; processos; comportamento. Portanto, é um termo já utilizado e que pode causar confusão, no sentido que se procurou dar neste trabalho.

O termo terreno tem também suas associações com descrições paramétricas, relativamente a traficabilidade e geologia de engenharia, mas talvez seja no presente o mais neutro deles, segundo Meijerink (1988), e também por isto adotado neste trabalho.

Sinteticamente uma Unidade de Terreno descreve uma divisão natural do terreno, que corresponde a uma geoforma ("landform"), que representa um conjunto de atributos relacionados pelos mesmos processos genéticos e portanto, permitem prever seu comportamento geotécnico potencial enquanto meio físico.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, R.L. 1989. Mapeamento geotécnico da área de expansão urbana de São Carlos-SP: contribuição ao planejamento. São Carlos. 2v. (Mestrado. Dep. Geot. EESC/USP).
- AITCHISON, G.D., GRANT, K. 1968. Terrain evaluation for engineering. Land evaluation, Melbourne: Mac Millan. p.124-146.
- ALBRECHT, K.J. 1992. Mapeamento geotécnico preliminar da região de Águas de Lindóia - escala 1:50.000. São Carlos, 2v. (Mestrado. Dep. Geot. EESC/USP).
- AMARAL, C., MAIA, H. 1992. Ação pós-desastre: uma face da geologia urbana do Rio de Janeiro. O exemplo do morro da Formiga, de fevereiro de 1988 a março de 1991. In: SIMPOSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 2, 1991, São Paulo. Atas..., p.255-262.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1980. Peneiras para ensaio: especificação. 5p. (ABNT - Projeto NBR 5734/80).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1982. Identificação e descrição de amostras de solo obtidas em sondagens de simples reconhecimento dos solos; procedimento. 5p. (ABNT - Projeto NBR 7250/82).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1984. Solo: determinação do limite de liquidez; método de ensaio. 6p. (ABNT - Projeto NBR 6459/84).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1984. Solo: determinação do limite de plasticidade; método de ensaio. 3p. (ABNT - Projeto NBR 7180/84).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1984. Solo: análise granulométrica; método de ensaio. 13p. (ABNT - Projeto NBR 7181/84).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1986. Amostras de solo: preparação para ensaios de compactação e ensaios de

- caracterização; método de ensaio. 9p. (ABNT - Projeto NBR 6457/86).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1986. Ensaio de compactação; método de ensaio. (ABNT - Projeto NBR 7182/86).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1987. Solo: determinação da massa específica aparente "in situ", com emprego de cilindro de cravação; método de ensaio. 5p. (ABNT - Projeto NBR 9813/87).
- AUGUSTO FILHO, O., CERRI, L.E.S., MACEDO, E.S. de. 1990. Carta geotécnica da Serra do Mar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 6, 1990, Salvador. Anais... Salvador: ABGE/ABMS. v.1, p.297-308.
- BASTOS, C.A.B., DIAS, R.D. 1990. Caracterização geotécnica de solos oriundos de rochas do pré-cambriano do Município de Porto Alegre-RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 6, 1990, Salvador. Anais... Salvador: ABGE/ABMS, v.1, p.371-378.
- BEAMONT, T.E. 1979. Remote sensing for the location and mapping of engineering construction materials in developing countries. Quarterly Journal of Engineering Geology, v.12, p.147-158.
- BECKETT, WEBSTER, 1965. A classification system for terrain. Christchurch, England: Military Eng. Exp. Est. (Report 872).
- BONGIOVANNI, S. 1990. Uma abordagem da geologia de engenharia ao Cenozóico da região de Paraguaçu Paulista, SP. Rio Claro. (Mestrado. IGC/UNESP).
- BRINK, A.B.A. et al. 1968. Land classification and data storage for the engineering usage of natural materials. In: Conference of the Australian Road Research Board, 4, 1968, Austrália. Proceedings... Austrália. v.2, p.1624-1647.
- BROLLO, M.J. 1991. Mapeamento geotécnico da quadrícula de Araras-SP, escala 1:50.000. São Carlos. 2v. (Mestrado. EESC/USP).

- BRUNSDEN, D. et al. 1975. Large scale geomorphological mapping and highway engineering design. Quarterly Journal of Engineering Geology, v.8, n.4, p.227-253.
- BUENO, B.S., VILAR, O.M. 1984. Mecânica dos solos. São Carlos: EESC/USP. (Publicação 015/88. Apostila).
- BURT, T.P., TRUDGILL, S.T. 1985. Soil properties, slope hydrology and spatial patterns of chemical denudation. In: Geomorphology and soils. London: George Allen & Unwin. p.13-36.
- CABRAL, S. 1979. Mapeamento geológico-geotécnico da Bacia de Jacarepaguá e encostas adjacentes. Rio de Janeiro. 135p. (Mestrado. UFRJ).
- CARVALHO, E.T.de. 1987. Carta geotécnica de Ouro Preto. São Paulo: ABGE. 53p. (Síntese de Tese, 7).
- COATES, D.R. 1976. Geomorphic engineering. In: Geomorphology Symposium, 7, 1976, New York. Proceedings... p.3-22.
- COELHO, A.M.L.G. 1980. A cartografia geotécnica no planejamento regional urbano: experiência de aplicação na região de Setúbal. Lisboa: LNEC. 157p.il.
- CONSTANZO JR., J., VIRGILI, J.C., MACIEL, F.C.L. 1978. Contribuição à cartografia geotécnica da região de Santa Maria, RS. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 2, 1978, São Paulo. Anais... São Paulo: ABGE. v.1, p.267-280.
- COOKE, R.V., DOORNKAMP, J.C. 1990. Geomorphology in environmental management: a new introduction. 2.ed. Oxford: Clarendon Press. 410p.il.
- COPPEDÊ JR., A. 1988. Formas de relevo e perfis de intemperismo no Leste Paulista: aplicação no planejamento de obras civis. São Paulo. 152p.il. (Mestrado. EPUSP).

- COTTAS, L.R. 1983. Estudos geológicos-geotécnicos aplicados ao planejamento urbano de Rio Claro-SP. Rio Claro. 2v. (Doutoramento. IGC/UNESP).
- COTTAS, L.R. et al. 1990. Mapeamento geotécnico de solos na área de planejamento urbano de Limeira (SP). In: SIMPOSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 6, 1990, Rio Claro. Atas... Rio Claro: SBG/Núcleo São Paulo. v.2, p.419-424.
- COULON, F.K. 1973. Mapa geotécnico das folhas de Morretes e Monte Negro-RS. Porto Alegre. (Mestrado. IGC/UFRS).
- COUTINHO, R.Q. et al. 1990. Carta geotécnica da cidade de Recife. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 6, 1990, Salvador. Anais... Salvador: ABGE/ABMS, v.1, p.429-440.
- CUNHA, M.A., FREITAS, C.G.L. de. 1992. Compartimentação geológico-geotécnica do Estado de São Paulo para aplicação em rodovias. In: SIMPOSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 2, 1991, São Paulo. Atas..., p.273-276.
- DEARMAN, W.R., FOOKES, P.G. 1974. Engineering geological mapping for civil engineering practice in the United Kingdom. Quarterly Journal of Engineering Geology, v.7, p.223-256.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. 1990. Controle de erosão. São Paulo: Convênio DAEE/IPT.
- DOORNKAMP, J.C. et al. 1979. Rapid geomorphological assessments for engineering. Quarterly Journal of Engineering Geology, n.12, p.189-204. (Papers from the Symposium on Engineering Geological Mapping for Planning, Design and Construction in Civil Engineering).
- FARIAS, I.C. et al. s.d. Guia para la elaboration de estudion del médion físico: contemido y metodologia. 2.ed. Madrid: CEOTMA/MOPU. 572p.il. (Serie Manuales, 3).
- FERRANTE, J.E.T. 1990. Mapeamento geotécnico regional da Bacia do Alto Jacaré-Guaçu, SP: com base nas aplicações de técnicas de

- sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica. São Carlos, 2v. (Mestrado. EESC/USP).
- FERREIRA, M.L.C. 1988. Proposta metodológica para desenvolvimento e implementação de um banco de dados geotécnicos. São Paulo-SP. 353p.il. (Doutoramento. EESC/USP).
- FINLAYSON, A.A., GRANT, K. 1982. Terrain analysis, classification and an engineering geological assesement of the Sidney area, New South Wales. Austrália: CSRO. v.1 (Div. Appl. Geomech. Tech. Paper, 32).
- FOOKES, P.G., VAUGHAN, P.R. 1986. A handbook of engineering geomorphology. New York: Survey University Press.
- FOOSE, R.M., HESS, P.W. 1976. Scientific and engineering parameters in planning and development of a landfill site in Pennsylvania. In: GEOMORPHOLOGY SYMPOSIUM, 7, 1976, New York. Proceedings... p.289-312.
- GENEVOIS, B. et al. 1990. Desenvolvimento do banco de dados geotécnicos da cidade de Recife. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 6, 1990, Salvador. Anais... Salvador: ABGE/ABMS. v.1, p.441-444.
- GEOLOGICAL SOCIETY ENGINEERING GROUP PARTY. 1972. The preparation of maps and plans in terms of engineering geology. Quarterly Journal of Engineering Geology, v.5, p.293-381.
- GEOLOGICAL SOCIETY ENGINEERING GROUP PARTY. 1982. Working Party Report on land surface evaluation for engineering purposes. Quarterly Journal of Engineering Geology, v.15, n.4, p.265-316.
- GIACHETTI, H.L. 1991. Estudo experimental de parâmetros dinâmicos de alguns solos tropicais do Estado de São paulo. São Carlos. 1v. (Doutoramento. EESC/USP).
- GODOY, M.C.F.F. 1989. Mapeamento geotécnico preliminar da região urbana de Presidente Prudente-SP. São Carlos. (Mestrado. EESC/USP).

- GRANT, K. 1965. Terrain features of the Mt. Isa-Dajarra region and an assesement of their significance in relation to potencial engineering land use. Austrália: CSIRO. Soil Mechanics Section. p.3-110. (Technical Paper, 1).
- GRANT, K. 1975a. The PUCE Programme for terrain evaluation for engineering purposes. I principles. Austrália: Division of Applied Geomechanics. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. (Technical Paper, 15).
- GRANT, K. 1975b. The PUCE Programme for terrain evaluation for engineering purposes. II Procedures for terrain classification. Austrália: Division of Applied Geomechanics. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. (Technical Paper, 19).
- GRANT, K., FINLAYSON, A.A. 1978. The assessment and evaluation of geotechnical resources in urban or regional environments. Eng. Geol., n.12, p.219-293.
- GRANT, K. et al. 1982. Terrain analysis, classification, assessment and evaluation for regional development purposes of the Moreton region, Queensland. Austrália: Division of Applied Geomechanics. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. Volume 2. Terrain assessment and evaluation.
- GREHS, S.A. 1967. A importância do geólogo no estudo preventivo de escorregamentos, deslizamentos e outros aspectos correlatos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 21, 1967, Curitiba. Anais... Curitiba: SBG. p.119-123.
- HABERLEHNER. 1966. Princípios de mapeamento geotécnico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 22, 1966, Rio de Janeiro. Resumos... Rio de Janeiro: SBG. p.37-39. (Boletim, 1).
- HANSEN, W.R. 1976. Geomorphic constraints on land development in the Front Range Urban Corridor, Colorado. In: UNITED STATES GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA. Urban geomorphology. USA. p.85-110.

- HAWKINS, A.B., PRIVETT, K.D. 1979. Enginnering geomorphological mapping as a technique to elucidate areas of superficial structures, with examples from Bath area of the South Cotswolds. s.l,s.c.p.
- HEAD, K. 1981. Manual of soil laboratory testing. London: Pentech Press. v.2.
- HEINE, D.H. 1966. Levantamento geotécnico do Estado da Guanabara. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 22, 1966, Rio de Janeiro. Resumos... Rio de Janeiro: SBG. p.41. (Boletim, 1).
- HIRATA, R.C.A. et al. 1992. Aplicação e discussão do método de unidades homogêneas para o planejamento territorial. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 2, 1991, São Paulo. Anais... Rio de Janeiro: ABGE. v.3, p. 373-382.
- HOLE, F.D., CAMPBELL, J.B. 1985. Soil landscape analysis. London: Routledge and Kegan Paul.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ.IBC/GERCA. 1972. Levantamento aerofotogramétrico; escala 1:25.000, voo TERRAFOTO-IBC.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. 1980. Carta geotécnica dos morros de Santos e São vicente. São Paulo. (IPT. Monografias, 3).
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. 1984. Carta geotécnica da Grande São Paulo. São Paulo. 13p. (IPT. Comunicação Técnica, 350. Publicação, 1618).
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. 1989. Carta geotécnica do Guarujá, SP. São Paulo. (IPT. Relatório, 27 786). SCTDE/IPT e SMA/IG.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. 1991a. Carta geotécnica do município de Ubatuba, SP. São Paulo. (IPT. Relatório, 28 975). 3v.

- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. 1991b. Diretrizes para expansão urbana na região sudeste do município de Santo André, SP. São Paulo. (IPT. Relatório, 29 402).
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. 1991c. Prevenção da erosão urbana e conservação de recursos hídricos: Projeto Piloto de Bauru e Rio Batalha (1a fase). São Paulo. (IPT. Relatório, 29 789).
- INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGY. Commission on Engineering Geological Maps. 1976. Engineering geological maps: a guide to their preparation. Paris: UNESCO. 79 p. (Earth Science, 15).
- JUNQUEIRA, A.V., SILVA JR., G.C. 1992. Sistema Cadtal - banco de dados para cadastro de taludes instáveis. In: SIMPOSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 2, 1991, São Paulo. Atas..., p.277-284.
- KERTÉSZ, A. 1979. The representation of the morphology of slopes on engineering geomorphological maps with special reference to slope morphometry. Quarterly Journal of Engineering Geology, v.12, p.235-241.
- KING, R.B. 1986. Review of geomorphic description and classification in land resource surveys. International Geomorphology. Part 2. p.383-403.
- KLIMASZEWOSKI, M. 1982. Detailed geomorphological maps. ITC. Journal. p.265-271.
- KOONS, D. 1976. Geomorphology and land-use decisions in Maine. In: Urban Geomorphology, USA, The Geological Society of America. UNITED STATES GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA. Urban geomorphology. USA. p.149-157.
- KREIG & REGER. 1980. Pre construction terrain evaluation for the Trans-Alaska Pipeline Project. In: GEOMORPHOLOGY and engineering. s.l,s.c.p.

- LEGGET, R.F. 1976. The role of geomorphology in planning. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GEOMORPHOLOGY, 7, 1976, New York. Proceedings... p.315-326.
- LEIGHTON, F.B. 1976. Urban landslides: targets for land-use planning in California. In: UNITED STATES GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA. Urban geomorphology. USA. p.37-60.
- LEPSH, I.F. et al. 1985. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso do solo. Campinas: SBCE, Ministério da Agricultura. 4 Aproximação Campinas.
- LIBAULT, S. 1975. Geocartografia. São Paulo: EDUSP.
- LOLLO, J.A. 1991. Mapeamento geotécnico da folha de Leme, SP: utilização da geomorfologia para caracterização preliminar das unidades geotécnicas. São Carlos. 2v. (Mestrado. EESC/USP).
- MACIEL, F.C.L. 1978. Mapeamento geotécnico e planejamento da ocupação urbana de Sta. Maria, RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 2, 1978, São Paulo. Anais... São Paulo: ABGE. v.3, p.257-269.
- MACIEL, F.C.L. 1990. Carta geotécnica de Santa Maria. UFSM. (Publicação FINEP, 1). v.1. (contém 1 mapa).
- MARETTI, C.C. 1990. Cartas geológico-geotécnicas da região do estuário Lagunar de Iguape-Cananéia. (Ilha Comprida). São Carlos, 3v. (Mestrado. EESC/USP).
- MATHEWSON, C.C., FONT, R.G. 1974. Geologic environment: forgotten aspects in the land use planning process. In: THE GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA. Engineering geology: cases histories. 1974. Boulder 10:23-28.
- MATULA, M., PASEK, J. 1964. Engineering geological maps in the Czechoslovak Socialist Republic. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 22, 1964, Delhi. Proceedings ...

- MATULA, M. 1981. Recommended symbols for engineering geological mapping. Report by the IAEG Commission on Engineering Geological Mapping. Bul IAEG, n.24, p.227-234.
- MCCAIG, M. 1985. Soil properties and subsurface hydrology. In: GEOMORPHOLOGY and soils. London: George Allen & Unwin. p.13-36.
- MEIJERINK A.M. 1988. Data aquisition and data capture through terrain mapping units. ITC Journal, p.23-44.
- MERICO, L.F.K. 1989. Mapeamento geomorfológico e geotécnico como base para o planejamento do município de Brusque, SC. Rio Claro. 1v. (Dissertação de Mestrado. IGC/UNESP).
- NAGARAJAN, R., SHAH, S.D. 1987. Regional engineering geological mapping using remotely sensed data. Bull IAEG, n.35, p.51-57.
- NAKAZAWA, V.A. et.al. 1992. Cartografia geotécnica: a aplicação como pressuposto. In: SIMPOSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 2, 1991, São Paulo. Atas...,p.329-336.
- NAVA, D.B. et al. 1992. Levantamento geotécnico-ambiental da vertente sul dos morros do Corcovado e Sumaré - Serra da Carioca, município do Rio de Janeiro. In: SIMPOSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 2, 1991, São Paulo. Atas..., p.263-272.
- NISHIYAMA, L. 1991. Mapeamento geotécnico preliminar da quadrícula de São Carlos. São Carlos. 2v. (Mestrado. EESC/USP).
- NOGAMI, J.S., VILLIBOR, D.F. 1981. Uma nova classificação de solos para finalidades rodoviárias. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE SOLOS TROPICAIS EM ENGENHARIA, 1, Rio de Janeiro. Atas... Rio de Janeiro: ABMS. v.2, p.30-41.
- PALANER, L. 1976. Application of land-use constraints in Oregon. In: COATES, D.R. Urban geomorphology. Boulder: The Geological Society of America. p.61-84. (Special Paper, 174).
- PEJON, O.J. 1987. Estudos geológicos-geotécnicos da região urbana de Araraquara. São Carlos. (Mestrado. EESC/USP).

- PRANDINI, F.L., GUIDICINI, G., GREHS, S.A. 1974. Geologia ambiental ou de planejamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, 1974, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: SBG.
- PRANDINI, F.L., NAKAZAWA, V.A., FERNANDES, A. 1990. As características e fenômenos do meio-físico de interesse para elaboração de Plano Diretor Municipal: o papel da geologia de engenharia. In: SEMINÁRIO sobre o Plano Diretor do Município de São Paulo, 1990. São Paulo. Anais... São Paulo: PMSP.
- PURNELL, M.F. 1984. Application of FAO framework for land evaluation for conservation and land-use planning in sloping areas; potentials and constraints. In: SIDERIUS, W. ed. Land evolution for land-use planning and conservation in sloping areas. Netherlands: ILRI. p.17-31. (Publication, 40).
- REGO NETO, BARROSO, J.A. 1990. Morro da Cruz, Florianópolis, SC: condicionantes do meio físico ao uso do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 6, 1990, Salvador. Anais... Salvador: ABGE/ABMS. v.1, p.445-451.
- RENGERS, N. 1981. Remote sensing for engineering geology possibilities and limitations. ITC Journal. p.44-67.
- RODRIGUEZ ORTIZ, J.M., PIETRO, C. 1979. A proposal for quantitative terrain evaluation for highway construction. Quarterly Journal of Engineering Geology, v.12, p.139-146. (Papers from the Symposium on Engineering Geological Mapping for Planning, Design and Construction in Civil Engineering).
- ROSS, J.L.S. 1990. Geomorfologia ambiente e planejamento; coleção repensando a geografia. São Paulo : Contexto. 85p.il.
- RUPKE, J. et al. 1988. A geomorphological inventory system applied to geotechnical appraisal of slope stability. Eng. Geology, v.26, p.33-68.
- SALAMON, D.J., GOSNELL, W.H. 1986. Low cost mapping for long range planning. Journal of Surveying Engineering, v.1, n.112, jun.

- SEIGNEMARTIN, C.L. 1979. Geologia de áreas urbanas: o exemplo de Ribeirão Preto - SP. São Paulo. 2v. (Doutoramento. IGUSP).
- SILVA, W.S. da., FORNASARI FILHO, N. 1988. Unidades de conservação ambiental e áreas correlatas no Estado de São Paulo. São Paulo: IPT. (Comunicação Técnica).
- SILVA JR., G.C., BARROSO, J.A. 1990. Considerações geológico-geotécnicas sobre os movimentos de massa ao longo da BR-101, trecho: Itaguaí-Angra dos Reis, RJ. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 6, 1990, Salvador. Anais... Salvador: ABGE/ABMS. v.1, p.223-229.
- SMA. 1991. Desenvolvimento sustentado: síntese de conferências e painéis do I Seminário de Desenvolvimento Sustentado, realizado em outubro de 1989. São Paulo: Coordenadoria de Proteção de Recursos Naturais. 80p. il. (Série Seminários e Debates).
- SMALL, R.J. 1978. The study of landforms. Cambridge University Press.
- SOETERS, P., RENGERS, N. 1981. Engineering geological map from large scale photography. ITC. Journal, p.140-152.
- SOUZA, N.C.D.C. 1982. "Mapeamento Geotécnico Regional da Folha de Aguai: com base na Compartimentação por Formas de Relevo e Perfis Típicos de Alteração. São Carlos (Mestrado. EESC/USP).
- SOUZA, N.C.D.C. de., ZUQUETTE, L.V. 1992. Avaliação preliminar de riscos geológicos no mapeamento geotécnico da folha de Aguai-SP, Brasil. In: SIMPOSIO LATINO AMERICANO DE RISCO GEOLÓGICO URBANO, 1992, Pereira, Colômbia. (no prelo).
- SPEIGHT, J.G. 1977. Landform pattern description from aerial photographs. Photogrammetria, v.32, p.161-183.
- TAVEIRA, L.S. 1986. Contribuição ao mapeamento geotécnico preliminar na área urbana do município de Campinas, SP. São Carlos-SP. (Mestrado. EESC/USP).

- TER-STEPANIAN, G. 1974. Some considerations on engineering geological mapping. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGY, 2, 1974, São Paulo. Proceedings... São Paulo: IAEG. v.1, session III-31, p.1-3.
- THOMAS, A. 1970. Réflexion sur la cartographie géotechnique. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGY, 1, 1970, Paris. Proceedings... Paris:IAEG.
- THOMAS, M.F. 1974. Tropical geomorphology; a study of weathering and land form development in warm climates. (Focal problems in Geography Series). The MacMillan Press Ltda.
- USAF. 1965. Levantamento aerofogramétrico 1:60.000.
- VARNES, D.J. 1974. The logic of geological maps, with reference to their interpretation and use for engineering purposes. Washington: USGS. (Professional Paper, 837).
- VECCHIATO, A.B. 1987. Fotointerpretação geológico-geotécnica aplicada ao planejamento urbano de Cuiabá e Várzea Grande, MT. São Carlos. 2v. (Mestrado. ESALQ/USP).
- VERSTAPPEN, H.Th., ZUIDAM, R.A.Van. 1975. The ITC system of geomorphological mapping. s.l. ITC. VII-2. (Textbook).
- VERSTAPPEN, H.Th. 1983. Applied geomorphology. Amsterdam: Elsevier. 437p.il. (Geomorphological Surveys for Environmental Development).
- YOUNG, A. 1976. Tropical soils and soils survey. Cambridge University Press.
- ZUIDAN, R.A. VAN. 1985. Aerial photointerpretation in terrain analysis and geomorphology mapping. Netherlands: Smits Publishers.

ZUQUETTE, L.V. 1981. Mapeamento geotécnico preliminar na região de São Carlos. São Carlos. 2v. (Mestrado. EESC/USP).

ZUQUETTE, L.V. 1985. Mapeamento geotécnico: estado da arte. São Carlos. (seminário apresentado na disciplina SGS-833 - EESC/USP).

ZUQUETTE, L.V., GANDOLFI, N. 1987. Mapeamento geotécnico aplicável a rejeitos sépticos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 5, 1987, São Paulo. Anais... São Paulo: ABGE. v.2, p.313-322.

ZUQUETTE, L.V. 1987. Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodológica para condições brasileiras. São Carlos. 4v. (Doutoramento. EESC/USP).

ZUQUETTE, L.V., GANDOLFI, N. 1990. Mapeamento geotécnico: uma proposta metodológica. Geociências, v.9, p.55-66.