

CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA POR CLASSIFICAÇÃO DE UNIDADES DE TERRENO E AVALIAÇÃO DE SUSCETIBILIDADE E APTIDÃO



NORIS COSTA DINIZ

Universidade de Brasília – UnB – IG – noris@unb.br

RESUMO ABSTRACT

A cartografia geotécnica pode ser considerada genericamente como a técnica de integração, síntese e representação de informações temáticas da área de geologia de engenharia voltada para o planejamento e gestão ambiental urbana e territorial; e permite a formulação de modelos de previsibilidade do comportamento dos terrenos e o estudo de soluções para problemas decorrentes da intervenção antrópica sobre o meio físico. Segundo sua finalidade, as cartas geotécnicas podem ser aplicadas: aos planejamentos urbano e territorial, onde estariam as cartas de aptidão urbana; à suscetibilidade e riscos geológicos (*hazard*) a processos do meio físico; e à viabilidade à implantação de empreendimentos (processos tecnológicos). A contribuição da cartografia geotécnica ao planejamento regional e urbano utiliza a análise fenomenológica do meio físico, no sentido de identificar e caracterizar processos que condicionem problemas existentes ou esperados, para melhor orientar o uso e ocupação do solo, a análise ambiental e as obras civis. A geologia de engenharia classifica e avalia os processos do meio físico, quanto às limitações e potencialidades, representando estes processos cartograficamente através do mapeamento geológico-geotécnico. Além disto, avalia esses recursos quanto à adequabilidade, segundo a capacidade de suporte territorial, segundo critérios que visem a minimização de problemas e o desenvolvimento de infraestrutura para estudos de viabilidade, projetos básico e executivo, construção, manutenção e monitoramento de empreendimentos que beneficiem a sociedade.

A metodologia de classificação de terrenos baseia-se na caracterização, análise qualitativa e avaliação quantitativa de atributos de geoformas, que caracterizam as Unidades de Terreno - UTs. Estas unidades que compõem uma síntese associação natural homogênea, em termos de comportamento geológico-geotécnico e desempenho das infraestruturas nos terrenos, representados por propriedades, parâmetros e atributos de geologia, geomorfologia e distribuição de solos no perfil tropical (laterítico/ saprolítico). Estas, podem definidas a partir de mapas específicos existentes, por fotointerpretação, por geomorfometria e por mapeamento de campo. São apresentados os critérios de avaliação para os diversos temas, em termos de: suscetibilidade e riscos a processos do meio físico, como por exemplo, movimentos gravitacionais de massa, erosão, subsidências cársticas, colapsibilidade de solos macroporosos; aptidão à urbanização e aptidão de recursos em materiais de construção civil, dentre outros. Foram realizadas classificação e avaliação de terrenos para os níveis de Província, Sistema e Unidade de Terreno.

ENGINEERING GEOLOGICAL MAPPING BY LAND SYSTEM CLASSIFICATION AND HAZARD AND CAPABILITY ASSESSMENT

The engineering- geological mapping can be generically considered as technical of integration, synthesis and representation of thematic information in engineering geology issues, due to guide planning and urban environmental management and planning; and allows the formulation of models of predictability of behavior and the study of land solutions to problems resulting from human intervention on the physical environment. According to its purpose, the maps can be applied for geotechnical urban and territorial planning, where would the maps of urban capability, the susceptibility and geological risk (*hazard*) of the physical processes, and the feasibility of construction of projects (technological processes).

The contribution of engineering geological mapping is to regional planning and urban uses of the physical-environmental basis with the intention of guiding land use, environmental analysis and civil works. The engineering geology classifies and analyzes the natural resources of the physical environment, in that limitations and potential, representing this process by engineering geological mapping. In addition, to evaluate these resources, regarding the suitability criteria, that aim to balance development and for feasibility studies, design, construction, management and monitoring.

The land system classification methodology is based on obtaining attributes of landforms, featuring Terrain Units (TU's). These Terrain Units comprise a natural association in terms of geology, geomorphology and soil distribution, are defined from existing specific maps, photointerpretation and field work. It has been performed classification and evaluation of Terrain for the levels of Province, Pattern and Unit Systems. It has been compiled Tables for evaluation criteria for the various themes such as the susceptibility of the physical processes such as gravitational mass movements, to feasibility for urban use and occupation and to capability in construction materials, among others.

INTRODUÇÃO

A recente Política Nacional de Redução de Riscos e Resposta a Desastres, prevê a aplicação da cartografia de suscetibilidade, de riscos e geotécnica de aptidão à urbanização. Essa política pública integra diversos setores que atuam na gestão de riscos, dentre eles a geologia de engenharia.

No contexto internacional, enquanto que a década de prevenção de riscos, década de 90, conduzida pela UNDRO, contou com forte influência das geociências, a partir da reunião das nações Unidas em Johannesburg, Rio +10, em 2002, a questão de mudanças climáticas foi destacada como prioridade, tendo sido, desde então orientada por segmentos da meteorologia e da hidrodinâmica. Essa condução, hoje se reflete no fomento de Programas Internacionais, voltados à identificação e caracterização de cenários de mudanças climáticas, acompanhadas de mudanças globais, com direcionamento de fomento a programas de adaptação a estas mudanças, com foco na busca por bases de dados, para a elaboração destes cenários. Neste sentido, se por um lado as modelagens geodinâmicas para obtenção de índices críticos de chuvas tem importante papel, por outro, a cartografia geotécnica de suscetibilidade, riscos e aptidão à urbanização, são evidentemente fundamentais e prementes, como pano de fundo fundamental desta geodinâmica, quanto aos processos do meio físico, seus condicionantes e consequências.

Depois de cerca de 30 anos, de aplicações de diversas iniciativas locais, nos estados e municípios mais afetados, principalmente a partir de cartas geotécnicas e de riscos, como aquela feita por Prandini & Iwasa, em Osasco, pelo IPT (1978), e em seguida a Carta Geotécnica de Santos e São Vicente (IPT, 1979). Nesta a gestão participativa de então criou a Secretaria de Morros, e a partir daí, essa experiência foi multiplicada e difundida em todo Brasil, por Universidades, Institutos de Pesquisas, Serviços Geológicos Estaduais. Desde então, os novos desenvolvimentos metodológicos, técnico-científicos, agregaram, principalmente, experiências locais na interação com as comunidades. O que foi possível porque os agentes locais passaram a participar e modificar as próprias cartas geotécnicas e de riscos, adotando práticas,

como a remoção do lixo e condução de drenagens, reduzindo o próprio grau de risco.

Este processo histórico de desenvolvimento da cartografia geotécnica e de riscos no Brasil ganhou outra dimensão, com o porte e tipologia do evento catastrófico que ocorreu na Região Serrana do Rio de Janeiro, no início do ano de 2011, mobilizando o poder público, os técnicos, e pesquisadores que atuam com riscos geológicos. Como resultado, foi elaborada a nova Política Nacional de Redução de Riscos e Resposta a Desastres, que teve como resultados imediatos a criação do CEMADEN, o fortalecimento da capacidade de resposta a desastres, por meio da efetiva implementação do CENAD, e a edição da MP 547, seguida da Lei 12.608, que prevê o cadastro de municípios, e com isso a demanda por cartas de risco (1:2.000), cartas geotécnicas de aptidão urbana (1:5.000-1:10.000) e cartas de suscetibilidade a deslizamentos dos municípios (1:25.000). Como um programa destacado no PAC 2, formulado no PPA 20012-2015, essas dentre outras, ações estão em curso.

O desafio atual, que vem sendo discutido no âmbito da rede de pesquisadores vinculados ao sistema MCTI, que apoiam ao CEMADEN, CENAD, CPRM, DRM, IG-SP, MINEROPAR, CPRM, Ministérios das Cidades e Universidades, é a modelagem geodinâmica dos fenômenos condicionados por distintos domínios de Geodiversidade, para que sejam efetivamente considerados nos modelos de previsão antecipada, incorporando a experiência nacional já desenvolvida e fomentando novos projetos de pesquisa, que os identifiquem, proporcionando alertas mais condizentes e que permitam subsidiar uma melhor capacidade de resposta, que considere nossa realidade tropical brasileira.

Este trabalho aborda a cartografia geotécnica em compartimentação por unidades de terreno, e caracterização por perfis típicos de solos tropicais, conduzida pela análise fenomenológica de suscetibilidade a processos do meio físico, voltada para recomendações de soluções de problemas quanto à aptidão à urbanização. Para tanto, são apresentados em duas partes, os princípios da cartografia geotécnica, a classificação de unidades de terreno e um exemplo de aplicação, num resgate histórico, do exemplo da carta geotécnica da Folha de Aguaí (Souza-Diniz, 1992), com respectivas tabelas de classificação e avaliação, cujos critérios são

demonstrados em tabelas, na primeira parte. E na segunda parte, o referencial teórico da cartografia geotécnica e dos sistemas de análise de terreno, levantandos, por Souza-Diniz (1992) e Diniz (1998), e atualizado, de forma a subsidiar os novos trabalhos de cartografia geotécnica, nessa fase atual de demandas para geologia de engenharia.

A cartografia geotécnica, segundo DINIZ (1998), pode ser considerada genericamente como a técnica de integração, síntese e representação de informações temáticas da área de geologia de engenharia voltada para o planejamento e gestão ambiental urbana e territorial; e permite a formulação de modelos de previsibilidade do comportamento dos terrenos e o estudo de soluções para problemas decorrentes da intervenção antrópica sobre o meio físico.

PARTE I

1 PRINCÍPIOS DA CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA

1.1 Conceito de Cartografia geotécnica

A cartografia geotécnica corresponde a um campo de interface das áreas do conhecimento científico da Geologia de Engenharia e da Geomorfologia de Engenharia, ambas da Geologia e Geomorfologia aplicadas à Geotecnia. Por meio da análise dos dados geológicos do meio-físico (relevo /material inconsolidado /rocha) prevê-se o comportamento deste meio físico em face da ocupação antrópica.

1.2 Tipos de cartas geotécnicas segundo a finalidade

Segundo sua finalidade, as cartas geotécnicas podem ser classificadas em três tipos gerais segundo a sua aplicação em ordenamento territorial, em avaliação de processos do meio físico, em estudos de implantação de empreendimentos. As primeiras seriam cartas de aptidão à urbanização; as segundas as cartas de suscetibilidade, perigo e riscos geológicos (*hazard*) a processos do meio físico; e as terceiras as cartas geológico-geotécnicas para estudos de viabilidade, projetos básicos e projetos executivos de implantação de empreendimentos de infraestrutura, que seriam compostos por processos tecnológicos, (Diniz, 1998), Figura 1.

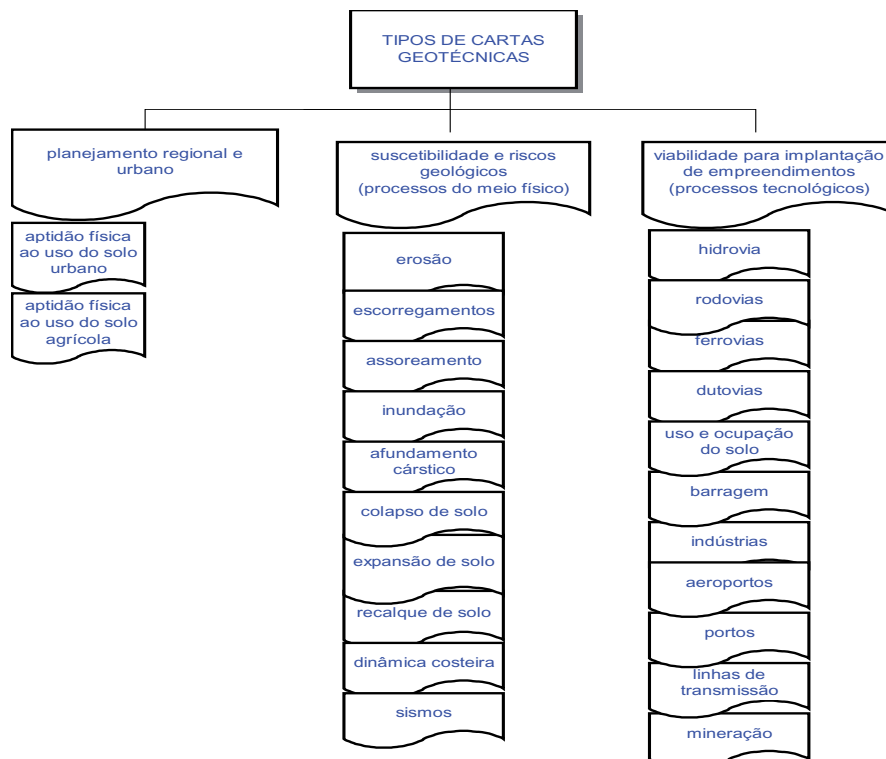


Figura 1: Tipos de Cartas Geotécnicas. Fonte: DINIZ, 1998.

1.3 Abordagem metodológica da Cartografia geotécnica

A Cartografia geotécnica é um meio extremamente rico e apropriado para o exercício metodológico das geociências. Enquanto área de aplicação da geologia de engenharia, sua elaboração passa, na abordagem fenomenológica e de problemas, pelo conhecimento dos fenômenos e processos da natureza, pela geologia, e da apropriação e transformação de seus recursos, pela engenharia. Desta maneira, a cartografia geotécnica traz a superação das visões fragmentadas do meio físico, sendo a integração dos conhecimentos das diversas áreas das geociências

que tratam do meio físico, ao mesmo tempo em que traz os limites e o potencial em possibilidades de usos e recursos para ocupação antrópica (Diniz-Souza, 1992).

Utilizando-se principalmente do pensamento indutivo, o método na cartografia geotécnica classifica, analisa e avalia o terreno. No processo de cartografia (Diniz-Souza, 1992) seguindo as três etapas, de inventário, análise e síntese, é que se vai elaborar a metodologia ao mesmo tempo em que se constrói seu objeto, que é a compartimentação em Unidades de Terreno (Tabela 1). Neste processo, no caso do mapeamento geotécnico, irá prevalecer a síntese sobre a análise, especialmente na fase de avaliação geotécnica.

Tabela 1 - Atributos para estabelecer Unidade de Terreno (UT). Fonte: SOUZA-DINIZ, 1992

MEIO FÍSICO	CARACTERÍSTICAS
GEOFORMA	Feições de relevo, cicatrizes, depósitos Sistemas de formas de relevo (Ponçano, 1979)
MATERIAL INCONSOLIDADO	Perfil de alteração Processo de alteração Textura Origem Rocha original Espessura
LITOLOGIA-ESTRUTURA	Litotipo geotécnico
MORFOMETRIA	Declividade Amplitude de relevo Densidade de drenagem Forma da encosta

Segundo FOOKES & GRAY (1987) apud COOKE & DOORNKAMP (1990), a geologia de engenharia se relaciona com a mecânica de rochas estudando as águas subterrâneas e os materiais rochosos, enquanto que a geomorfologia de engenharia se relaciona com a mecânica de solos tratando das águas superficiais e dos materiais inconsolidados, ambas implicando em geotecnia ou engenharia civil.

A Figura 2 ilustra estas relações, evidenciando a importância relativa da geomorfologia nos trabalhos de geotecnia. Nos países de clima tropical, pela existência de espesso material inconsolidado de solos residuais, como principal condicionante dos problemas geológico-geotécnicos, o papel da geomorfologia é ainda mais evidente.

SEQUÊNCIA DE OBTENÇÃO DE DADOS AMBIENTAIS COM BASE EM INFORMAÇÕES GEOMORFOLÓGICAS

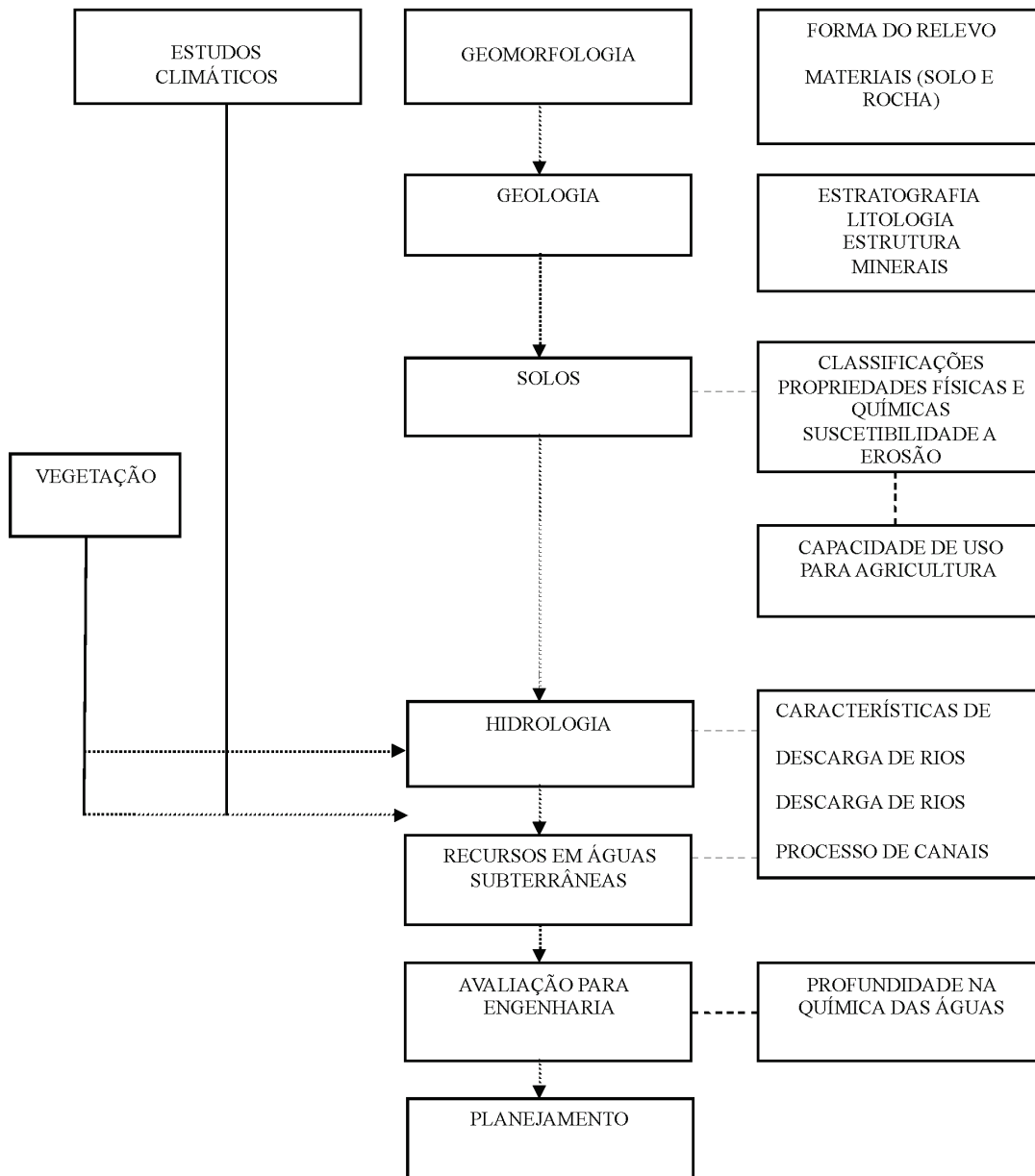


Figura 2 - Quadro de Referência Teórico do Mapeamento Geotécnico.
 Fonte: (Cooke & Doornkamp,1990 apud SOUZA - DINIZ, 1992).

Essencial à automação da cartografia geotécnica é a modelagem e elaboração de uma base de dados, para a produção de mapas, e que permita as mesmas funções desenvolvidas nos procedimentos analógicos: análise fenomenológica de processos do meio físico visando identificar o desempenho de terrenos; ou ainda retroanálises e generalização cartográfica, a partir de estudos específicos de problemas existentes ou esperados (Diniz-Souza, 1992).

A modelagem é um processo complexo, em função do número de variáveis envolvidas nos processos do meio físico. No entanto, deve-se, dentro deste quadro, buscar a significação possível a fim de não gerar, por exemplo, um número exagerado de unidades geotécnicas, dificultando a tarefa de análise.

Outra constatação na cartografia geotécnica é o grande número de mapas básicos e intermediários gerados, contendo muitas vezes atributos

em excesso e que acabam não sendo considerados quando da integração dos mapas por cruzamento (superposição ou overlay), representando um desperdício de tempo e recursos. Isso pode acontecer tanto no processo convencional como no digital, e impõem-se um esforço metodológico para evitar esse inconveniente, principalmente ao definir os atributos e dados importantes.

1.4 Metodologia da cartografia geotécnica

Para elaborar a carta geotécnica e evitar-se a inconsistência gerada pela superposição de mapas, o ideal é a compartimentação por geomorfometria, que permite compor, a partir do MDT, de ortofotocartas e de imagens de satélite de alta resolução, sejam óticas ou multiespectrais, a análise de declividade, amplitude, curvatura da vertente (encosta), densidade de drenagem, padrão de drenagem, tipo de geoforma, padrão de geoforma. A interpretação de geoformas, associada à análise da densidade em área de cicatrizes de feições erosivas e deposicionais, permitirá a classificação do grau da suscetibilidade, do perigo e do risco e da aptidão.

A consideração de processos do meio físico exige, pois, o destaque dos aspectos relevantes, através da escolha de atributos condicionantes e rejeição dos secundários. Isto permite a otimização do trabalho de campo, das amostragens de solo e dos ensaios de laboratório, para determinação de parâmetros geológico-geotécnicos, mas somente, quando associado à análise dos solos das Unidades de Terreno, na catena (toposequência ou perfil do relevo) e ao perfil do solo tropical, posicionado no topo, na meia vertente e na base da vertente. No perfil do solo tropical, por sua vez, diferenciando-os os solos lateríticos (residuais maduros, colúvios, superficiais), dos solos saprolíticos (residuais jovens ou saprolitos, elúvios, de alteração).

Outra questão fundamental é a consideração da dinâmica dos processos do meio físico (o que ocorre na natureza) frente às intervenções de empreendimentos de obras civis que deflagram o desenvolvimento de processos tecnológicos (ação humana direta ou indireta). Isto tem reflexos na modelagem da cartografia geotécnica aplicada.

1.5 Avaliação de suscetibilidade e aptidão

A contribuição da cartografia geotécnica ao planejamento regional e urbano utiliza bases do meio físico na intenção de orientar o uso da terra, a análise ambiental e as obras civis. A geotecnia classifica e analisa os recursos naturais do meio físico quanto às limitações e potencialidades, representando este processo cartograficamente através do mapeamento geotécnico. Além disto, avalia esses recursos quanto à suscetibilidade, perigo, risco, aptidão, adequabilidade, enfim, a capacidade de suporte (acolhida, resiliência) do território, segundo critérios que visem ao equilíbrio e desenvolvimento para estudos de viabilidade, projeto, construção, manutenção e monitoramento.

1.6 Escala da cartografia geotécnica

Onde a escala da cartografia geotécnica é definida pela demanda do usuário que estabelece sua finalidade, como apresentado na referência teórica da cartografia geotécnica, (Diniz-Souza, 1992), na Figura 3. A finalidade também orientará a escolha de atributos e parâmetros relativos às propriedades a serem levantados no campo e no laboratório, e posteriormente representados na carta geotécnica.

1.7 Unidades de análise e aplicações da carta geotécnica

Como a cartografia geotécnica trata de processos do meio físico, a unidade de análise é a bacia ou sub-bacia hidrográfica, o que pode significar a utilização de bases cartográficas além da área dos municípios.

Com o fortalecimento da política nacional de redução de riscos e resposta a desastres, foi promulgada a Lei 12.608, de abril de 2012, onde, as cartas de suscetibilidade, cartas geotécnicas de aptidão urbana e cartas de risco passam a representar instrumentos de prevenção de riscos e gestão municipal, sendo requisitos, dentre outros, à participação do cadastro nacional de municípios críticos com suscetibilidade a desastres, viabilizando o acesso ao fomento para obras de contenção e drenagem, como uma das principais medidas efetivas dessa política pública de prevenção de riscos.

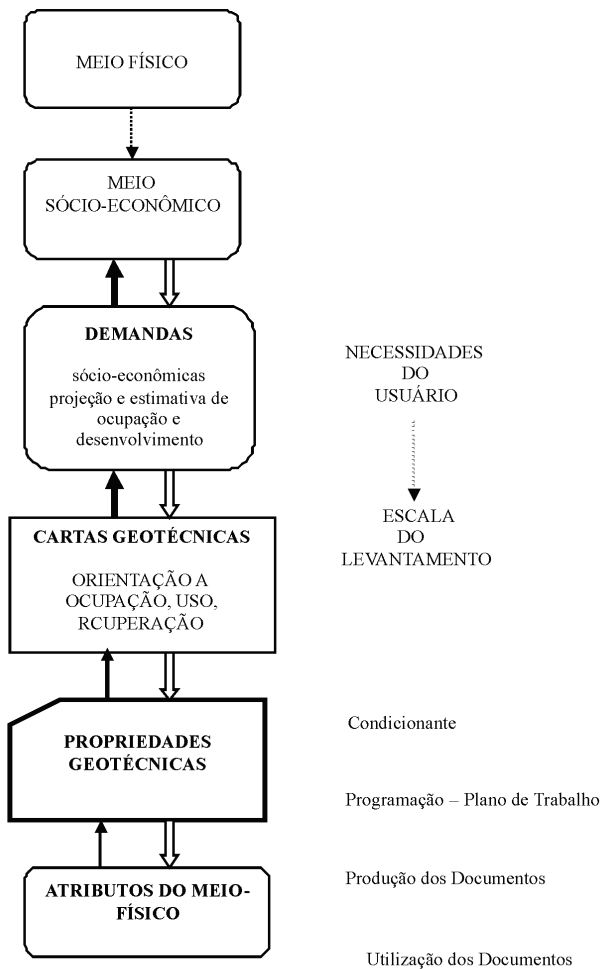


Figura 3 – Quadro de Referência Teórica da Cartografia Geotécnica. (Fonte: SOUZA -DINIZ, 1992).

Desta forma, os municípios se colocam, como importantes usuários dos produtos da cartografia geotécnica. Para garantir a real aplicação dos subsídios fornecidos pelos trabalhos de cartografia geotécnica, faz-se necessária a parceria entre as instituições mapeadoras e os técnicos municipais garantindo resultados mais favoráveis dos seus investimentos, justificado no caso cartografia geotécnica pelo caráter aplicado do trabalho. Sendo que numa situação ideal a carta geotécnica poderia ser incorporada na base cadastral municipal, georreferenciada em SIG, para IPTU, parcelamentos, loteamentos, habitação, equipamentos públicos, infraestrutura viária, enfim planejamento municipal.

Nestes casos, os limites de representação cartográfica do mapeamento coincidiriam com a divisão política e haveria maior facilidade para a análise das questões socioeconômicas e a cartografia geotécnica corresponderia mais realisticamente às

demandas do usuário, o que se justificaria plenamente.

Por outro lado, num país com as dimensões do Brasil, com potencialidades de desenvolvimento e perspectivas de expansão na ocupação territorial; com problemas críticos, urbanos e fundiários, é indispensável uma política de planejamento territorial do meio físico, que considere suas potencialidades e limitações com vistas ao planejamento regional e urbano adequado.

Esta abordagem, adotada no IPT, exige a análise dos condicionantes e fatores deflagradores dos processos do meio físico, o que concorda com as funções e objetivos da geologia de engenharia e que dizem respeito a aplicações ao planejamento territorial e urbano, ao subsídio para implementação de obras de engenharia e à avaliações ambientais.

A Figura 4 procura mostrar a inter-relação entre os diversos componentes do meio ambiente, e como as relações entre os processos do meio físico e tecnológicos interferem na identificação de atributos relevantes para o modelo preliminar de compartimentação dos terrenos na cartografia geotécnica.

O meio físico condiciona em um primeiro estágio (1), as características do meio biológico, socioeconômico, por realimentação (2) e (3), completam a interação com o meio físico, regulando os processos destes. Os demais fluxos, (4) e (5), decorrem da interação entre os meios biológico, socioeconômico. Dos condicionantes do meio físico e das alterações provocadas pelos empreendimentos, extraem-se os atributos relevantes a serem considerados na elaboração das cartas geotécnicas. Dos problemas resultados pela alteração do meio, como impactos ambientais e conflitos de uso, são determinados escala e finalidade da carta geotécnica. O modelo preliminar de compartimentação é etapa fundamental, quando se considera as propriedades geológico-geotécnicas relevantes às alterações em questão.

2 CLASSIFICAÇÃO DE UNIDADES DE TERRENO

2.1 Consideração gerais

A metodologia de classificação de terrenos baseia-se na obtenção de atributos de formas de

terrenos (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. Como estratégia metodológica de cartografia geotécnica, que considere a compartimentação por Unidades de Terreno e caracterização por perfis típicos de alteração.

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 e elementos de terreno);

- classificações paramétricas ou geomorfométricas, 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 a aspectos geomórficos e fisiográficos;
- classificação lito-geológicas como as utilizadas em mapas hidrogeológicos e mapas geotécnicos, as quais se distinguem dos mapas de geologia básica, que tem um critério dominante a idade, a litologia e a petrologia.

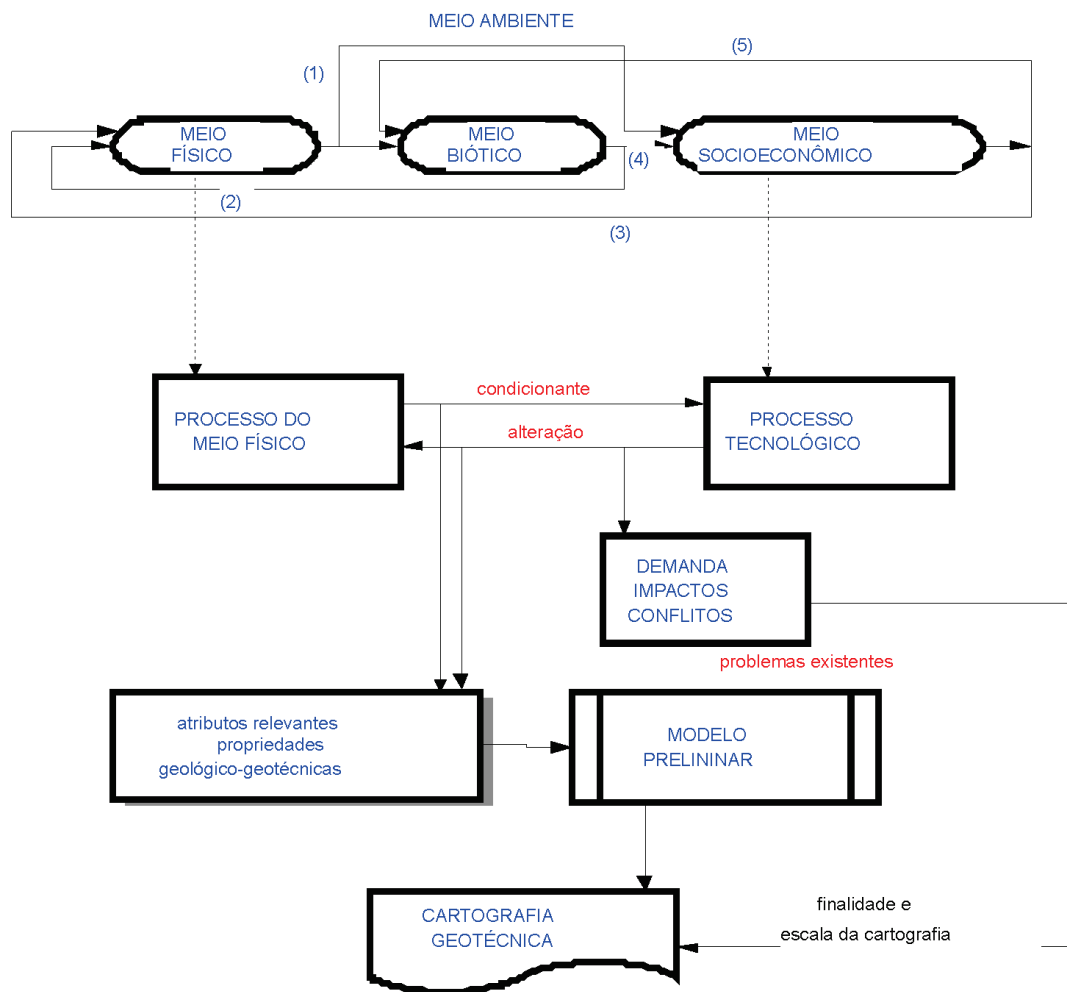


Figura 4 – Modelagem da Cartografia Geotécnica a partir da dinâmica do meio ambiente e o papel do meio físico, e sua relação com a cartografia geotécnica, segu DINIZ (1998).

Exemplos de aplicação de sistemas de classificação de terrenos podem ser observados na Tabela 2, in Verstappen (1983).

A classificação proposta por Meijerink (1988) utiliza importantes elementos das classificações citadas, com exceção daquelas que incluem aspectos de vegetação e uso do solo. Os quais são excluídos, nesta classificação os aspectos de cobertura são tratados separadamente, já que as combinações da dinâmica de ocupação antrópica em superfície podem ser tratadas 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, utilizada por SOUZA-DINIZ (1992), foram critérios geomorfológicos para a hierarquização das Unidades de Terreno - UT, Tabela 1, 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 idade. 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.

2.2 Aspectos Geomorfológicos

O mapeamento geomorfológico realizado neste trabalho pretende levantar, preliminarmente, a distribuição dos modelados terrestres inseridos

na área de estudo, considerando as relações e a integração dos fatores estruturais, litológicos, climáticos, pedológicos e morfodinâmicos, a partir de classificações taxonômicas estabelecidas por IBGE (2009) e Ross (1997). Essas classificações são definidas a partir de níveis hierárquicos fundamentados em escalas de análise que compartimentam em ordem decrescente de grandeza. IBGE (2009) estabelece cinco ordens de grandeza (também definidas como táxons), definidas em função de sua escala, como Domínios Morfoestruturais, Regiões Geomorfológicas, Unidades Geomorfológicas, Modelados e Formas de Relevos Simbolizadas, descritas a seguir:

- i. **Domínios Morfoestruturais:** Maiores táxons na compartimentação do relevo. Ocorrem em escala regional e organizam os fatos geomorfológicos segundo o arcabouço geológico marcado pela natureza das rochas e pela tectônica que atua sobre elas.
- ii. **Regiões Geomorfológicas:** Constituem o segundo nível hierárquico da classificação do relevo. Representam compartimentos inseridos nos conjuntos litomorfoestruturais que, sob a ação dos fatores climáticos pretéritos e atuais, lhes conferem características genéticas comuns, agrupando feições semelhantes, associadas às formações superficiais e às fitofisionomias.
- iii. **Unidades Geomorfológicas:** Terceiro nível ou ordem. Arranjo de formas altimétrica e fisionomicamente semelhantes em seus diversos tipos de modelados. A geomorfogênese e a similitude de formas podem ser explicadas por fatores paleoclimáticos e por condicionantes litológicas e estruturais. Cada unidade geomorfológica evidencia seus processos originários, formações superficiais e tipos de modelados diferenciados dos demais.
- iv. **Modelados:** Quarta ordem. Padrão de formas de relevo que apresentam definição geométrica similar em função de uma gênese comum e dos processos morfogenéticos atuantes, resultando na recorrência dos materiais correlativos superficiais.
- v. **Formas de relevo simbolizadas:** Quinta ordem. Feições que, por sua dimensão espacial, somente podem ser representadas por símbolos lineares ou pontuais.

Tabela 2 – Sistemas de Classificação de Terrenos (Verstappen, 1983, modificado por SOUZA-DJINIZ, 1992).

NÍVEL	CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS	ESCALAS	CLASSIF. FISIOGRAFICA	ITC- CLASSIF. DE TERRENOS	OXFORD MCXC	CSIRO DIV. (GRANT) GEOMECH	CSIRO LAND RESEARCH AND REJ. SURV (CHRISTIAN)	DOS	SISTEMA LORITIC	FAO FRAMEWORKS (M.F. DURNELL, 1984)	ROSS J. (1990)
1	Altamente generalizado. A gênese e a litologia são mais importantes. Mostra uma pequena variação da forma a superfície e das propriedades expressivas de uma unidade litológica próxima de uma evolução geonórfica comparável.	<= < 1:250.000	Província fisiográfica	Província do terreno	Região do terreno e sistema de terreno	Província do terreno	Província do terreno (sistema de complexo do terreno)	Região do terreno /provincia (como parte do sistema do terreno)	Paisagem (mesit-noste)	Províncias extensas (países)	Unidades Morfo-estruturais Unidades Morfo-culturais Superfícies Geneticamente homogêneas
2	Moderadamente generalizado. Relevo: litologia e gênese são os principais critérios para a classificação. Mostra um padrão dominante de componentes de terreno geneticamente relacionados	>= > 1:250.000	Unidade Fisiográfica principal	Sistema do terreno (padrão)	Sistema de terreno	Padrão do terreno	Sistema do terreno	Sistema de terreno	Mesitnost (e urochis-cha)	(Estados e bacias hidrográficas)	Modelado Padrão de formas de relevo
3	Nenhuma ou poucas generalizações em classes de área. Os detalhes podem ser generalizados. O Relevo, litologia e gênese são principais critérios da classificação. Razoavelmente homogêneo e distinto do terreno circunvizinho.	>= > 1:50.000	Unidade Fisiográfica detalhada	Unidade do terreno	Faceta de terreno	Unidade de terreno	Unidade do terreno (local)	Faceta do terreno	Urochis-cha	(Municípios, área rural, sub-bacias)	Tipos de formas de relevo
4	Nenhuma generalização em classes de área. Nenhuma ou pouca generalização em detalhes. Relevo é o critério mais importante. Basicamente uniforme na litologia da forma de terreno, solo, vegetação e processo.	>= > 1:10.000	Elemento Fisiográfico	Componente do terreno	Elemento de terreno	Componente do terreno	Componente de terreno (local)	---	Facies	(Municípios)	Formas linha-res e pontuais do relevo

Ross (1997) define as ordens de grandeza como níveis taxonômicos, distribuídos e classificados como:

- 1º Táxon (unidades morfoestruturais);
- 2º Táxon (unidades morfoesculturais);
- 3º Táxon (modelado);
- 4º Táxon (conjuntos de formas semelhantes);
- 5º Táxon (Dimensão de formas) e
- 6º Táxon (formas lineares do relevo).

A partir dessa fundamentação metodológica, mas adaptando aos objetivos e escala do trabalho, foi possível definir o nível de abordagem tratado neste mapeamento, considerando os seus objetivos propostos, com o estabelecimento de quatro classes taxonômicas hierarquizadas a partir de suas escalas espaciais de análise e aqui definidas como ordem de grandeza.

Alguns pressupostos são fundamentais num sistema de classificação de terrenos, aplicadas à cartografia geotécnica, como:

- i. o método deve ser passível de aplicação geral, o que impõem restrições a critérios rígidos de classificação ou taxonomia grande e profunda;
- ii. 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;
- iii. 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.
- iv. deverão ser utilizados atributos que possam ser facilmente levantados, armazenados e representados.

2.3 Obtenção e armazenamento dos dados

Existem três caminhos metodológicos para se chegar às UTs: 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 quadra 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 certa Província.

A abordagem por Unidades de Terreno consiste num método de obtenção e armazenamento de dados que se utiliza das inter-relações 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 e 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.

2.4 Unidades de mapeamento de terreno propostas

Uma Unidade de Mapeamento de Terreno, ou como proposto neste trabalho: Unidade de Terreno (UT) consiste num conjunto de características dos seguintes componentes do meio físico:

- geoforma (escalas de 1:10.000 a 1:25.000): feições geomorfológicas, de processos erosivos e deposicionais, sistema de formas de relevo (1:50.000);
- solos ou material inconsolidado: perfil típico de solo tropical, processo de intemperismo, textura, origem, rocha original e espessura;
- litologia-estrutura: tipo geotécnico;
- geomorfometria: declividade, amplitude de relevo, curvatura, geoforma, padrão de geoforma, padrão de drenagem, densidade de drenagem.

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

O termo unidades geomorfológicas não seria adequado, pois a sub-compartimentação pode se basear na distribuição do material inconsolidado.

Os termos unidade fisiográfica ou unidade de paisagem são utilizados no sentido de gênese e evolução de formas de relevo, para descrição de terreno que incluem a vegetação e o uso do solo, e são mais aplicados em cartas geoambientais.

O termo unidade homogênea é genérico e pouco preciso, quanto ao caráter do que seja homogêneo: atributos; gênese; processo; 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 à parcelamentos, vias, acessibilidade e geologia de engenharia, mas talvez seja no presente o mais neutro deles, segundo Meijerink (1988), e também por isto proposto neste trabalho.

Sistematicamente, 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 EXEMPLO METODOLOGIA ADOTADA NO MAPEAMENTO GEOTÉCNICO DA FOLHA DE AGUAÍ

3.1 Metodologia adotada na cartografia geotécnica de folha de Aguaí

A cartografia Geotécnica da Folha de Aguaí (escala 1:50.000) foi realizada, entre 1989 e 1992, no contexto do projeto desenvolvido pelo Departamento de Geotecnia da Escola de Engenharia de São Carlos, intitulado "Investigação Geotécnica Regional no Centro-Leste no Estado de São Paulo". A área deste projeto de mapeamento geotécnico abrange a Folha topográfica de Campinas, do IBGE na escala 1:250.000, proposto e coordenado pelo professor Nilson Gandolfi, DSc.

Um dos objetivos do trabalho desenvolvido nesse departamento é a avaliação e aplicação da metodologia proposta por Zuquette (1987), sendo que a partir do trabalho de Diniz-Souza (1992), diversos trabalhos, como Lollo (2005), adotaram o Sistema de Terrenos, utilizado por diversos autores no Chorley (1971), Verstapen ITC (MEIJERINK, 1988), no CSIRO (GRANT, 1965; GRANT & FINLAYSON, 1978), e posteriormente no INPE, por Juércio Mattos, por Cecarelli (1993) e Vedovello (1993).

Dada a diversidade da compartimentação dada pelos condicionantes da geologia, do relevo e dos solos, bastante inter-relacionados implicando numa íntima associação; material inconsolidado x

geoforma, na área da Folha de Aguaí, como desenvolvido no item 4.3, considerou-se apropriada à utilização de alguns critérios de análise de terrenos propostos na metodologia PUCE (GRANT & FINLAYSON, 1978) e de classificação de Unidades de Terreno, segundo Meijerink (1988). O quadro de referência teórico para o mapeamento geotécnico da Folha de Aguaí encontra-se na Figura 3. A partir da elaboração deste quadro de referência é que se pode estruturar a estratégia metodológica.

O meio físico, sendo o objeto de investigação foi considerado como condicionante, no sentido de inspirar a ocupação, do meio socioeconômico. A partir da projeção de estimativas de ocupação e desenvolvimento criam-se demandas para ocupação, uso e recuperação do meio físico pela socioeconômica. Neste contexto, o mapeamento geotécnico se coloca como um instrumento para orientação dessa demanda. As necessidades do usuário deverão especificar a finalidade e conseqüentemente a escala do trabalho. Para os fins específicos deverão ser determinadas certas propriedades geotécnicas e para defini-las deverão ser levantados no campo os atributos do meio físico correspondentes necessários. A programação dos trabalhos de elaboração das cartas deverá ser realizada neste sentido, enquanto que a produção, e em seguida a utilização dos documentos do mapeamento geotécnico, o serão em sentido contrário.

O quadro de referência teórico se constitui em um dos fundamentos para elaboração da estratégia metodológica. Considerou-se, contudo, dentro da estrutura de inventário, análise e síntese, os seguintes fundamentos:

a) Os temas de avaliação, determinados a partir das demandas da área estudada, após a análise socioeconômica quais sejam, riscos geológicos (erosão, assoreamento, inundação e movimento de massas), viabilidade de ocupação por engenharia (loteamentos residenciais e industriais, estradas, barragens rurais e disposição de resíduos) e recursos naturais (hídricos superficiais e subterrâneos, e materiais de construção civil). A partir das finalidades de avaliação e definição dos atributos a serem levantados elaborou-se a ficha de levantamento geológico-geotécnico de campo (ZUQUETTE, 1987; ZUQUETTE & GANDOLFI, 1990);

- b) A geomorfologia como critério essencial, mais especificamente no que se refere à geoformas (*landforms*), estabelecidas a partir da análise de feições de relevo e de processo genéticos das geoformas para a definição de Unidades de Terreno (MEIJERINK, 1988). Um exemplo de obtenção de dados ambientais com base em informações geomorfológicas encontra-se na Figura 4;
- c) A formulação de um modelo de compartimentação da área através de um sistema hierárquico de classificação de terrenos, sendo a análise compatível com a escala de trabalho (PUCE-GRANT & FINLAYSON, 1978);
- d) A utilização de perfis típicos de alteração de materiais inconsolidados, relativos a solos residuais tropicais, como critério de caracterização dos sistemas e unidades de terreno (DINIZ-SOUZA & ZUQUETTE, 1991). Dada a diversidade litológica e geomorfológica da área, foram determinados perfis típicos de alteração para os oito Sistemas de Terreno e dezessete Unidades de Terreno estabelecidas, dos quais cada nível de alteração, segundo a classificação adotada para os materiais inconsolidados, foi amostrado e ensaiado;
- e) Toda a elaboração do trabalho teve o objetivo de preparar os dados produzidos para um sistema informatizado de banco de dados e cartografia automatizada. Desde a escolha do sistema hierárquico de classificação de terrenos até a elaboração da ficha codificada de campo, da legenda preliminar para os mapas, seções e perfis, a classificação de materiais inconsolidados adotada, e as fichas de classificação e avaliação. Consideram-se de fundamental importância a facilidade e agilidade na representação, recuperação e atualização dos dados nos documentos de mapeamento geotécnico produzidos.

3.2 Estratégia Metodológica

A aplicação dos diversos trabalhos desenvolvidos, no Departamento de Geotecnia da EESC/USP, permitiu algumas reavaliações, principalmente quanto ao número mínimo de amostragem, e quanto aos tipos e quantidades de ensaios a serem realizados. De onde se partiu para

a amostragem por níveis de alteração nos perfis típicos das Unidades de Terreno, reduzindo o número de ensaios programados.

Dado o caráter regional da escala do trabalho de Mapeamento, os perfis típicos de alteração podem ser considerados representativos das Unidades de Terreno para o material inconsolidado, para os tipos litológicos e para as feições de relevo local, que compõem os sistemas de relevo regional.

O critério fundamental para a compartimentação do meio físico foi a geomorfologia. De onde foram estabelecidas Unidades de Terreno, para escala 1:50.000, que apresentam homogeneidade quanto às formas de relevo, ao material inconsolidado, e à lito-estrutura.

A caracterização dessas unidades se deu por perfis típicos de alteração, quanto ao grau de evolução genética de cada nível e suas respectivas texturas e espessuras.

Como base para o trabalho de campo, foi utilizado mapa preliminar de unidades de terreno, elaboração pela compilação de mapas geológicos e pedológicos existentes, e pelas fotointerpretações na escala 1:60.000 (USAF, 1965) para materiais inconsolidados, e na escala 1:25.000 (IBC-GERCA, 1972) para feições geomorfológicas.

Os atributos observados no campo encontram-se em ficha de campo, onde foram considerados aspectos de localização, ocupação e uso atuais; geomorfológicos; litológicos, mineralógicos, texturais; origem e grau de alteração; espessuras: compacidade e/ou consistência; erosão, pedregosidade e rochiosidade; permeabilidade e nível d'água, dentre outros. Ao se elaborar a ficha para levantamentos geológico-geotécnicos, objetivou-se obter o maior volume de informações dos mais diversos atributos, de uma maneira uniforme para toda a área, otimizando o tempo do trabalho de campo. A ficha permite codificação e utilização de banco de dados. Porém, apenas o seu uso em arquivo de fichas, já permite um rápido manuseio para consulta nas fases de revisão dos mapas, elaboração dos perfis, seleção dos pontos de amostragem, etc.

3.3 Etapas de trabalho

A estratégia metodológica utilizada para a Folha de Aguai, em etapas, foi a que se segue.

3.3.1 Levantamento e análise das informações existentes (bibliografias, cartas, mapas, perfis, sondagens, poços, etc). Nesta etapa percorreram-se os seguintes órgãos: CESP, CETESB, CPRM, EPUSP, DAEE, IAC, IG, IGC, IGUSP, IGeog.-USP, IGC-UNESP, IPT, IBGE, DER. Nestes órgãos foi possível obter mapas topográficos, geológicos, pedológicos, geomorfológicos, geofísico, além de fotografias aéreas (1:25.000, IBC-GERCA, 1972), e dados de sondagens a percussão (DER), dados de sondagens a trado (IG) e dados de poços (DAEE). Anexo 8; sondagens do tipo borro (CESP), dados de análises químicas de solos (IAC).

3.3.2. Reconhecimento dos atributos. Nesta etapa fundamental ao trabalho, se distinguem duas fases. Numa primeira realizou-se a análise da demanda socioeconômica segundo o fluxograma da Figura 3, que mostra o quadro de referência teórico do trabalho. Estabelecidas as necessidades dos usuários na região, determinaram-se as propriedades geotécnicas que seriam necessariamente caracterizadas, e, em função delas, os atributos do meio físico a serem levantados. Para este trabalho utilizaram-se os critérios adotados por Zuquette (1987) na elaboração das diversas cartas interpretativas e nas tabelas de atributos de Zuquette & Gandolfi (1990), além dos critérios de avaliação do sistema PUCE.

Após a escolha dos atributos a serem considerados, elaborou-se a ficha de levantamento geológico-geotécnico de campo, conforme já exposto. Para confecção da ficha utilizaram-se Zuquette (1987), Lepsh (1985) e IPT (1994).

Elaborou-se, ainda nesta primeira fase um sistema de legendas e convenções, em primeira tentativa, para todos os documentos a serem produzidos nas diversas etapas do trabalho, como mapas, tabelas de classificação e de avaliação, seções e perfis.

Para isto utilizaram-se Geological Society (1972, 1982), IAEG (1976, 1981a, 1981b, 1981c), Ter-Stepanian (1974), Varnes (1974), Matula (1981), Zuquette (1987), PUCE (GRANT & FINLAYSON, 1978) e Cook & Doornkamp (1990).

Foi confeccionada ficha para classificação e avaliação de terrenos para os níveis de Província, Sistema e Unidade (Tabelas 11 a 18) com base em Grant & Finlayson (1978). Esta foi utilizada na

análise das formas de relevo para a determinação das Unidades de Terreno, preliminarmente a partir da folha topográfica e da fotointerpretação. Na sequência do trabalho concomitantemente a elaboração dos outros mapas produzidos também utilizou-se uma ficha de códigos de atributos.

Foram elaboradas tabelas de critérios de avaliação para os diversos temas abordados no trabalho, Tabelas 5 a 10. Os atributos considerados, para cada tema específico, basearam-se em segundo Zuquette (1987), Zuquette & Gandolfi (1990), DAEE/IPT (1990), Coelho (1980), Bueno & Vilar (1984), Augusto F° et al (1990), Souza - Diniz & Zuquette (1992), dentre outros manuais e especificações técnicas setoriais. Procurou-se quantificar ao máximo os critérios de avaliação, porém nem todos são passíveis de análise por valores numéricos. Muitos dependem de fatores subjetivos, relativos, por exemplo, a um evento climático, no caso de movimentos de massa. Outros dizem respeito às características particulares da região estudada, como os recursos naturais. Ou ainda critérios específicos de determinados tipo de obra, condicionados pelo meio físico local de implantação. Porém a tentativa de quantificação para avaliação se justifica pela necessidade de índices numéricos no tratamento informatizado dos dados. As análises subjetivas poderão ser interativas e a partir de pesos estabelecidos em simulações da avaliação.

Numa segunda fase, partiu-se para o reconhecimento dos atributos propriamente ditos, inicialmente com os trabalhos de fotointerpretação distintos para geologia do substrato, materiais inconsolidados, formas e feições de relevo.

3.3.3 Elaboração de um mapa preliminar de Unidades de Terreno. Considerou-se como critério fundamental as formas de relevo. Foram considerados ainda na elaboração do mapa preliminar de UT as relações solo-relevo, o material inconsolidado e o substrato rochoso; utilizando-se para isto a compilação dos mapas existentes e os mapas produzidos pela fotointerpretação. Tabela 1.

3.3.4 Trabalhos de campo preliminares para o reconhecimento geral da área de mapeamento, visando à checagem dos mapas de UT preliminares e caracterização das grandes unidades e seus limites.

Esta primeira fase de campo cobriu toda a área em quatro etapas com a descrição sistemática, com um número mínimo de observações qualitativas e quantitativas, através de descrição por ficha de campo.

3.3.5 Elaboração de seções longitudinais, pelas principais UT's e confecção dos perfis típicos de alteração. As seções foram elaboradas para melhor análise dos compartimentos de Unidades de Terreno, que orientaram a determinação dos tipos de perfis típicos de alteração. A partir dos dados de campo, do mapa da Unidade de Terreno revisado e de dados de sondagens, poços profundos e sondagens borro, elaboraram-se os perfis típicos para cada unidade a partir das quatro seções longitudinais pela área.

Para determinação dos diversos perfis típicos foram considerados nove tipos rochosos existentes, e estabelecidas sessenta e quatro unidade de materiais inconsolidados em função dos níveis de alteração de cada perfil.

3.3.5 Segunda etapa de fotointerpretação, com a delimitação mais precisa das unidades chegadas no campo, com indicações de pontos para amostragem.

3.3.6 Segunda etapa de trabalhos de campo, quando foram realizadas coletas de amostras representativas das unidades, por perfil, em cada nível de alteração.

A amostragem consistiu na retirada de amostra deformada de 20kg e amostra semi-indeformada de anel (ABNT, NBR 9813/87).

Para auxiliar na estimativa das espessuras do material inconsolidado, ou seja, dos perfis de alteração, foram tomadas medidas de nível d'água (N.A.) com medido elétrico em poços do tipo cimbais por toda a região.

As amostras retiradas foram ensaiadas. O objetivo dos ensaios foi fornecer subsídios para confirmar a individualização dos perfis, quanto às propriedades geotécnicas distintas em superfície e em profundidade. Este tipo de amostragem permitiu a generalização dos atributos na área da Unidade de Terreno, caracterizada pelo perfil típico. Possibilitou ainda, estimativa de

comportamento através dos atributos que atenderam aos critérios de avaliação.

Elaboração final dos mapas básicos e auxiliares:

- i. formas e feições de relevo;
- ii. substrato rochoso;
- iii. geologia dos materiais inconsolidados;
- iv. águas superficiais e subterrâneas;
- v. carta de declividade;
- vi. documentação existente e produzida;
- vii. mapa pedológico 1:50.000 (IAC, inédito).

Realização dos ensaios de laboratório, em mecânica dos solos. Os procedimentos na realização dos ensaios seguiram as especificações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e do Manual de Ensaios de Laboratórios em Solos de Head (1981). Para materiais inconsolidados:

- i. caracterização tátil-visual (NBR-6457/86, NBR-7250/82, STANCATI et al, 1981);
- ii. granulometria conjunta (NBR-5734/80, NBR-7181/84);
- iii. massa específica dos sólidos (NBR-6457/86);
- iv. massa específica seca de campo e umidade natural (NBR-9813/87);
- v. limites de liquidez e plasticidade (NBR-6459/84, NBR-7180/84);
- vi. compactação por proctor normal (NBR-7182/86);
- vii. comportamento laterítico. Mini-MCV e perda por imersão (NOGAMI & VILLIBOR, 1981).

3.3.6 Definição ou estimativa das propriedades dos materiais inconsolidados e das rochas pertencentes às UT's (Unidade de Terreno), e caracterizadas qualitativamente e quantitativamente, no campo e nos ensaios, respectivamente.

3.3.7 Produção da carta de Unidades de Terreno e Avaliação dos Terrenos, de acordo com as necessidades dos usuários, segundo as respectivas tabelas de classificação e avaliação, nas Tabelas 11 a 18, no que se refere a:

- i. riscos geológicos, englobando problemas de erosão, assoreamento, inundação e movimentos de massas;
- ii. viabilidade para implantação de ocupação por obras de engenharia: loteamentos residenciais, distritos industriais, disposição de resíduos, estradas e barragens rurais;

- iii. recursos naturais: recursos hídricos (superficiais e subterrâneos), materiais de construção (areia, cantaria, brita, cerâmica vermelha e cerâmica comum);
- iv. Carta de Unidade de Terreno;
- v. Carta de Recursos Hídricos.

3.4 Considerações Finais

O critério de amostragem por perfis de alteração representativos das Unidades de Terreno melhora a caracterização qualitativa e reforça a validade dos dados quantitativos a serem obtidos.

Considera-se de maior validade a amostragem por níveis de alteração nos perfis do que a simples amostragem pontual e indiscriminadamente distribuída pela área, pois a amostra assim obtida permite uma caracterização mais representativa do local, exigindo um menor volume de material e possuindo maior validade em relação à Unidade de Terreno que representa.

Os perfis caracterizam mãos coerentemente e de forma mais completa as Unidades de Terreno. O mapeamento de superfície que considera somente os primeiros metros de profundidade não caracteriza por completo as Unidades de Terreno, por não considerar o aspecto evolutivo do perfil de alteração do solo. Além de não suprir as necessidades de parâmetros para as obras civis, que geralmente desprezam os dois primeiros metros para fins seja de fundações ou como material de empréstimo. A aplicação desses materiais pode ser em estradas, barragens, loteamentos, distritos industriais, disposição de resíduos, obras de saneamento, ou mesmo, para definição de áreas de riscos: escorregamentos, erosão, assoreamento, inundação.

A consideração de perfis típicos por Unidades de Terreno permite grande economia de recursos e tempo na execução do trabalho de campo, na interpretação dos resultados e na realização de ensaios, devido à redução no volume de amostras.

A execução de ensaios garante o fornecimento de atributos quantitativos, importantes como subsídio na avaliação geotécnica a ser realizada. Como no caso de algumas propriedades geotécnicas, tais como, compressibilidade, colapsividade e expansibilidade, condicionantes de alguns processos analisados. Realizados de forma otimizada

por perfil de solo tropical, para os níveis lateríticos e saprolíticos dos solos.

A avaliação por critérios quantitativos, ou subjetivos com a ponderação por pesos, permite a análise de diversos problemas de forma integrada e simultânea sobre uma mesma base de meio físico, compartimentado em Unidades de Terreno. Por outro lado, garante a uniformidade dos critérios adotadas por diferentes técnicos, especializados ou não, que trabalhem em projeto de grande porte ou com diversa distribuição regional.

PARTE II

4 SISTEMAS DE ANÁLISE DE TERRENO

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. Beckett & Webster (1965), Keifer (1967), Brink et al (1968), Aitchison & Grant (1968), Stewart (1968), Woloshin (1968), Chorley (1971), Mitchell (1973), Seggett (1973), Watt (1973), Brunnsden (1975), Libault (1975), Verstappen & Zuidan (1975), Grant (1975a e b), Walmsley (1975), Coates (1976), Hansen (1976), Koons (1976), Legget (1976), Small (1978), Neil & Scalles (1978), Olsen (1976), Oliver (1977), Grant & Finlayson (1978), Ponçano (1979), Doornkamp et al (1979), Beaumont (1979), Rodrigues Ortiz et al (1979), Kreig & Reger (1980), Klimaszewski (1982), Grant et al (1982), Purnell (1984), Zuidan (1985), Fookes & Vaughan (1986), King (1986), Salamon (1986), Rupke (1988), Cook & Doornkamp (1990), Ross (1992).

No trabalho de Verstappen (1983), são apresentadas diversas aplicações dos sistemas de análise de terrenos e suas correlações, que podem ser observadas na Tabela 3.

Meijerink (1988) apresenta a metodologia de análise de terrenos utilizada no ITC, Holanda, no Sistema de Informação Geográfica ILWIS, que por estar bem descrita e explicitada enquanto etapas metodológicas, técnicas, atributos e análises é um trabalho muito referenciado na geologia

e na geomorfologia de engenharia. Esse trabalho influenciou os desenvolvimentos metodológicos de Souza-Diniz (1992), Ross (1992) no Departamento de Geografia da FFLCH da USP, Zuquette (1993), Lollo (1996), da EESC-USP e Vedovello (1993), Cecarelli (1994), com Juércio Mattos, e Crepani et al. (1996), no INPE, Diniz (1998), Freitas (2000), IPT (1996a), IPT (1997f), IPT (1999), no Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, além de outros.

Na compartimentação geomorfológica existe uma estrita correlação entre o material inconsolidado e a geoforma, por isso diversos trabalhos na cartografia geotécnica nacional, utilizaram princípios e orientações metodológicas do sistema PUCE (GRANT, 1965; GRANT & FINLAYSON, 1978) para análise de terreno, como em Souza-Diniz (1992), aplicado a Folha de Aguaí e apresentado, como exemplo, neste artigo.. Outro fator importante é a forma proposta pela PUCE de obtenção, representação e recuperação dos atributos. Segundo este sistema, o mapeamento da Folha de Aguaí se enquadraria, 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, Tabelas 4 e 5.

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 geomorfológicos), 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). As propriedades em cada elemento devem ser homogêneas em toda a sua extensão.

O sistema considera quatro intervalos de generalização: Componente do terreno, Unidade do 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. Tabela 3.

Tabela 3 – Definição da Classificação de Terrenos

DEFINIÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO DE TERRENO						
ESTÁGIO INICIAL DA CLASSIFICAÇÃO DE TERRENO			ESTÁGIO FINAL DA CLASSIFICAÇÃO DE TERRENO			
FONTES DE INFORMAÇÃO INDIRETA	FATOR RELEVANTE NA CLASSIFICAÇÃO	TÍTULO	FONTES SUPLEMENTARES DE INFORM.	FATOR RELEVANTE NA CLASSIFICAÇÃO	TÍTULO	MODO DE EXPRESSÃO
Mapas geológicos (ou outras fontes derivadas de sensoriamento remoto) na escala da ordem de 1:10 ⁶	Áreas de geologia constante a nível de grupo, etc	---	Estudos geológicos	Áreas de geologia constante a nível de grupo	PROVÍNCIA	Mapa 1:250.000 ou escala maior das associações de PADRÕES DE TERRENO
Fotografias aéreas (ou outras imagens derivadas de sensoriamento remoto) na escala da ordem de 1:10 ⁵	Áreas de padrão de foto aérea similar, amplitude de relevo local constante e padrão e densidade de drenagem constantes como definido pelo fotointerpretação	Padrão aéreo fotográfico	Estudo da terra da fisiografia a das associações de unidades de terreno	Áreas de amplitude de relevo local constante e padrão e densidade de drenagem constantes. Áreas de padrão aerofotográfico constante. Áreas com mesma assoc. de unid. de terreno	PADRÃO DO TERRENO	Mapa 1:250.000 ou escala maior (e bloco diagrama) da paisagem e das associações de UNIDADES DE TERRENO
Estudos fotogramétricos de fotografias aéreas	Forma de relevo típica	Unidades de forma de relevo	Estudo da terra para reconhecimento e avaliação quantitativa das dimensões das formas de relevo (onde não obtido por estudo das fotografias aéreas). Estudo da terra das associações de materiais do terreno e de cobertura vegetal. Estudos das associações de terreno	Áreas ocupadas por formas de relevo típicas com associações de materiais do terreno e formações vegetais características. Áreas com mesma associação de componentes de terreno	UNIDADE DE TERRENO	Mapas 1:250.000 ou escala maior das formas de relevo, associações de materiais e formações vegetais, parâmetros, porcentagens de Padrões de terreno, e associações de componentes de terreno
Estudos fotogramétricos de fotografias aéreas na escala da ordem de 1:10 ⁵ mapas com intervalos de adequabilidade	Tipos de vertentes típicos	Componente de forma de relevo	Estudos da terra para reconhecimento de vertentes, solos, cobertura da superfície e associação vegetal específicos	Áreas com tipos de mudanças de declives constantes. Classificação do solo pela U.S.C. e subdivisão dos perfis primários ao nível de forma.	COMPONENTES DE TERRENO	Mapa 1:250.000 ou escala maior das combinações de vertentes, associações vegetal, e de solo característicos, e da dominância relativa em relação a Unidade de Terreno e aos parâmetros de terreno

Fonte: (Grant & Finlayson, 1978 in SOUZA - DINIZ, 1992).

Tabela 4 – Sistema de Análise de Terrenos com Proposta de Aplicação para a Folha de Aguaí. Fonte: SOUZA – DINIZ, 1992).

CLASSES DE TERENO	ESCALA	P U C E		PROPOSTA / AGUAÍ	
		CRITÉRIOS	DIFICULDADES	CRITÉRIOS	APLICAÇÃO
Província	1:2500.000	Idade Tipo Rochoso	Grande número de unidades por idade de rocha em áreas restritas	Província geomorfológica	Depressão Periférica e Planalto Atlântico
Padrão	1:250.000 a 1:100.000		Paisagem Amplitude de relevo Padrão de Densidade de Drenagem	Estudo de canais por km	111 212,214,234 312 243,244,245
Unidade	1:50.000 a 1:25.000	Formas de relevo Associação de solos e vegetação	Necessidade de vegetação natural Definição das associações de solos	Forma de relevo perfil de alteração, material, inconsolididade, declividade, geologia	I a XVII
Componente	1:10.000 a 1:2.500	Tipo de Vertente Litologia Solo Vegetação	----	----	----

Tabela 5 – Critérios de avaliação: suscetibilidade a movimentos de massa.

AVALIAÇÃO					
SUSCETIBILIDADE/RISCOS					
PROBLEMA	ATRIBUTO	CLASSES			
		ESTÁVEIS	POTENC. INSTÁVEL	PRÉ-INSTÁVEL	
MOVIMENTO DE MASSAS	FUNDAMENTAIS PONDERÁVEIS	<10%	10 - 20%	>20%	SUSCETIBILIDADE
	DECLIVIDADE				
ESCOAMENTOS	FORMA DA ENCOSTA	convexa/retilínea	concava/concava	concava/retilínea	POTENCIALIDADE
1 RASTEJOS	COBERTURA VEGETAL	grande porte/espessa	médio porte/esparsa	pequeno porte/esparsa	DE OCORRER
2 CORRIDAS					
ESCORREGAMENTOS	FUNDAMENTAIS VARIÁVEIS	---	---	---	O PERIGO
	DIREÇÃO DE CHUVAS	não	sim	sim/concentrada	HAZARD
	SAZONALIDADE DE CHUVAS				
3 ROTACIONAIS	INTENSIDADE DE CHUVAS	---	---	---	
4 TRANSLACIONAIS	INSOLAÇÃO				
5 QUEDAS DE BLO-COS OU DETRITOS	FUNDAMENTAIS CONDICIONANTES DO TIPO DE EVENTO (12345)				ANÁLISE
	TIPO DE MATERIAL				DE
	ESPESSURA DO MAT. INCONSOLIDADO				HAZARD
	PROF. DO N.A.				DE
	PERMEABILIDADE				FENÔMENOS
EXPANSIBILIDADE	QUE				
COMPRESSIBILIDADE					
DECONTINUIDADES					
	SEUNDÁRIOS				EFETIVAMENTE
	GRAU DE ALTERAÇÃO				
	NAUREZA E PERFIL DA UNIDADE				OCORREM

Fonte: SOUZA - DINIZ, 1992.

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 satisfatórias é por computador, porém, o sistema pode ser adaptado a arquivos de escritório ou fichas de anotações.

4.3 Níveis de Terreno

4.3.1 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).

4.3.2 Padrão de terreno

O padrão do 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 unidades, 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.

4.3.3 Unidade de 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.

4.3.4 Componentes do terreno

Os componentes têm 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 adequados 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 fornecer 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 à espécie, densidade, gênero, e outras variáveis possíveis. Este nível pode ainda ser definido através de:

- i. microtopografia (ou seja, característica própria de uma área da paisagem), dentro dos conceitos básicos e dos limites citados;

- ii. uniformidade litológica (rocha) e estrutural;
- iii. solos e suas associações, quando homogêneos dentro dos limites dos níveis;
- iv. associação de vegetação, apresentada de maneira que entre em sua determinação mais de uma espécie ou gênero, para que não haja descontinuidade.

4.4 Vantagens 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. No caso do mapeamento geotécnico da Folha de Aguai, na escala 1:50.000, o caráter de abordagem do trabalho é regional, classificando-se províncias, sistemas (padrões) e unidades de terreno.

A metodologia PUCE se aplica principalmente a estudos de viabilidade e planejamento, adequado, portanto, á 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 complementados 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 predeterminação de sítios, 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, como nas Tabelas 5 a 10.

5 CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA NO MUNDO E NO BRASIL

5.1 Origem e exemplos de cartografia geotécnica internacional

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. Após a Segunda Guerra, houve um avanço, na produção de cartas geotécnicas, em diversos países do leste europeu, devido à 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.

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 internacional.

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, viabilidade 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, destacam que a geologia de engenharia deve fornecer subsídios para o uso do solo e transmitir para um

público não especialista as informações sobre engenharia, geologia e/ou planejamento, como recomendado por Prandini (1976).

Segundo aqueles autores a inclusão da geologia no planejamento tem sido recebida, algumas vezes, com resistências, devido à complexidade das informações trazidas pela geologia, principalmente quando os dados são provenientes de geólogos especialistas, mas que desconhecem a realidade ambiental ou apresentam a informação de forma inadequada ao uso direto.

Os planejadores precisam receber informação geológica em termos de adequabilidade de uso e não em termos de técnica ou descrição geológica. Ou seja, as informações devem ser apresentadas de forma que os planejadores possam aplicá-las diretamente em suas definições de uso do solo. Os resultados, apresentados em termos de limitações do ambiente físico, podem ser avaliados em termos de ambiente socioeconômico pelos planejadores.

Tal processo de planejamento, segundo estes autores consiste de quatro fases:

- definição de metas e objetivos;
- identificação de áreas com restrições quanto aos limites e potencialidades;
- formulação de recomendações para o plano de ação;
- implementação dos planos de ação formulados para atingir os objetivos.

Para ser dinâmico e efetivo, o processo requer a ativa participação do público, planejadores, técnicos especializados, etc. em cada uma destas fases, principalmente na elaboração do projeto executivo.

Como objetivos, MATHEWSON & FONT (1974) destacam os seguintes:

- mapear e definir áreas onde as condições de solo, rocha e água são impróprias para uma urbanização segura;
- localizar, avaliar e identificar áreas de recursos valiosos;
- localizar, testar e avaliar áreas de solos próprios para sítios seguros e limpos para a disposição de resíduos.

Para estes autores a gestão do uso do solo depende inteiramente da formulação e do estabelecimento de ações adequadas de planejamento. Uma política baseada na geologia precisa objetivar os seguintes aspectos:

- definir o potencial dos recursos existentes;
- preservar a qualidade do meio ambiente dentro das restrições locais;

- maximizar o uso eficaz do solo;
- minimizar os riscos de vida e danos às propriedades, causados por fatores geológicos.

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, 1975^a; 1975b e GRANT & FINLAYSON, 1978). Essa metodologia, baseada em Sistemas de Terreno ou Relevo, utiliza a análise sintética integrada, e não o cruzamento de mapas. Também se aplica de forma sistêmica ao mapeamento de país de dimensão continental como a Austrália, não obrigando a cartografia sistemática em todos as escalas, parte de mapas em escalas pequenas regionais completos do país e de folhas 1:1.000.000, das províncias, para nas escalas maiores, > 1:100.000 priorizar áreas demandadas por finalidades específicas como o desenvolvimento regional e a implantação de infraestrutura. Por esse motivos tem sido aplicada de forma adaptada à realidade brasileira em diversos projetos, como a Carta Geotécnica do estado de São Paulo, na escala 1:500.000 (Nakazawa, Freitas & Diniz, IPT, 1994); *Engineering geological zoning of Sao Paulo State*, por Zuquette, Pejon & Sinelli (1994), na escala 1:500.000; na Base de dados Geoambientais do estado de São Paulo, na escala 1:500.000 (Diniz et al., IPT, 1997), e no SIG Geoambiental do Brasil proposto em 2003 (Diniz et al, 2003), e no Mapa de Geodiversidade do Brasil (CPRM, 2006), na escala 1:1.000.000.

Este sistema PUCE se baseia em princípios geomórficos homogêneos para cada unidade de terreno. Todos os dados levantados devem ser tratados de maneira a ser tornar compatíveis com um sistema computacional. O sistema 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 finalidade construtivas. Nele o nível de Unidade de Terreno é compatível com a escala adequada à cartas geotécnicas de aptidão urbana e o nível de Componente de Terreno, com cartas de risco a movimentos gravitacionais de massa em áreas urbanas.

Tabela 5 – Critérios de avaliação: suscetibilidade a movimentos de massa.

AVALIAÇÃO						
SUSCETIBILIDADE/RISCOS						
PROBLEMA	ATRIBUTO	CLASSES				
		ESTÁVEIS	POTENC. INSTÁVEL	PRÉ-INSTÁVEL		
MOVIMENTO DE MASSAS	FUNDAMENTAIS PONDERÁVEIS				SUSCETIBILIDADE	
	DECLIVIDADE	<10%	10 - 20%	>20%		
ESCOAMENTOS	FORMA DA ENCOSTA	convexa/retilínea	concava/convexa	concava/retilínea	POTENCIALIDADE	
1 RASTEJOS	COBERTURA VEGETAL	grande porte/espessa	médio porte/esparsa	pequeno porte/esparsa	DE OCORRER	
2 CORRIDAS						
ESCORREGAMENTOS	FUNDAMENTAIS VARIÁVEIS				O PERIGO	
	DIREÇÃO DE CHUVAS	---	---	---	HAZARD	
	3 ROTACIONAIS	SAZONALIDADE DE CHUVAS	não	sim		sim/concentrada
	4 TRANSLACIONAIS	INTENSIDADE DE CHUVAS				
5 QUEDAS DE BLOCOS OU DETRITOS	INSOLAÇÃO				ANÁLISE DE HAZARD DE FENÔMENOS QUE EFETIVAMENTE OCORREM	
	FUNDAMENTAIS CONDICIONANTES DO TIPO DE EVENTO (12345)					
	TIPO DE MATERIAL					
	ESPESSURA DO MAT. INCONSOLIDADO					
	PROF. DO N.A. PERMEABILIDADE EXPANSIBILIDADE COMPRESSIBILIDADE DECONTINUIDADES					
	SEUNDÁRIOS					
	GRAU DE ALTERAÇÃO					
	NAUREZA E PERFIL DA UNIDADE					

Fonte: SOUZA-DINIZ, 1992.

Tabela 6 – Critérios de avaliação: aptidão à urbanização, loteamentos residenciais e industriais.

AVALIAÇÃO							
APTIDÃO À URBANIZAÇÃO							
USO	ATRIBUTO	CLASSES					
		APTO		COM RESTRIÇÕES		NÃO RECOMENDADO	INAPTO
LOTEAMENTOS RESIDENCIAIS / INDUSTRIAIS		áreas com as melhores condições para o nível de profundidade, a obra e a fundação		áreas não tão adequadas quanto à carga admissível na fundação, mas não descartáveis com obras de melhoramentos		áreas com problemas de capacidade de carga de fundação, e potencialidade a colapsibilidade e/ou expansibilidade	áreas com solo colapsível, e/ou expansível e baixa capacidade de carga na fundação, ou problemas de escavabilidade
	PROF. TOPO ROCHOSO (2,5,10m)	2m	5m-10m	2m	5m-10m	2m 5m 10m	2m 5m 10m
FUNDAÇÃO	TIPOS USUAIS	direta	Profunda	direta	Profunda	direta-peq. port. profunda-outras	profunda
	TIPO DE MATERIAL	rocha sã ígnea, metamorf., sedmet, duras		r.alterada, r.branda,mat.inc. arenito, folhel., argilito, seixos		argilas / siltes moles areias med. comp.	solos colapsíveis argilas moles areias fofas
	CARGA ADMISSÍVEL	0,6 - 10 MPa		0,1 - 0,6 MPa		0,075 - 0,1 MPa	<0,05 MPa
	SPT	>30		6 - 30		< 6	< 2
		TIPO DE MATERIAL	material incons.		solo residual		rocha alterada
ESCAVABILIDADE	PROF. TOPO ROCHOS	>5m		2-5m		<2m	0m
	PROF. N.A.	>5m		1-2m		<1m	
	DECLIVIDADE	<10%		10-15%		>15%	
	EQUIPAMENTO	manual ou mecânico comum		mecânico comum		mecânico pesado ou explosivo	explosivo
OBRAS ENTERRADAS	TIPO DE MATERIAL	solo residual maduro e/ou residual jovem com perfil homogêneo e espesso		solo residual jovem ou saprolito com intercalações de blocos de rocha		expansivos, matações ou blocos, ricos em soluções corrosivas ph<7	rocha sã
	PROF. TOPO ROCHOSO	2-5m		2m		> 5m	>5m e >1m
	NÍVEL D' ÁGUA	>5m		1-2m		2m	<1m
	Ph da Água	---		---		---	<7
	CONCENTRAÇÃO DE SAIS	---		---		---	>1000mg/l
	RESISTIVIDADE	<1500ohm/cc		---		---	---

Fonte: SOUZA - DINIZ, 1992.

Tabela 7 – Critérios de avaliação: adequabilidade a usos/engenharia, estradas.

AVALIAÇÃO					
ADEQUABILIDADE A USO/ENGENHARIA					
USO	ATRIBUTO	CLASSES			
		ADEQUADO	COM RESTRIÇÕES	NÃO RECOMENDADO	INADEQUADO
ESTRADAS					
TRACADO	DECLIVIDADE	<5%	5 - 10%	10 - 30%	>30%
	ÁREAS IMUNDÁVEIS	NA > 2m	NA 1 -2m Com variações	NA = 1m Com variações	NA < 1m
	AREAS INSTÁVEIS	com tratamento	com tratamento	sem possibilidade de tratamento	sem possibilidade de tratamento
	ESPESSURA MAT. INC.	> 2m	bloco rochoso intercalado	blocos e matações	rocha aflorando
	SUBSTRATO ROCHOSO	>10m	5 - 10m	2 - 5m	< 2m
	CONDIÇÕES HIDROL. E DRENAGENS SUP.	canais baix.or baixa densdren	canais médios média desdren	rios principais alta dens.drenag	várzeas e planícies de inundac.
	CUSTO DO TERRENO	baixo	médio	alto	alto
	ESCAVABILIDADE	boa	regular	baixa	ma
SUBLEITO	DRENABILIDADE	boa drenabilidade	média drenabilidade	baixa drenabilidade	ma drenabilidade
	EXPANSIBILIDADE	baixa	média	alta	alta
	RESISTÊNCIA	alta	média	baixa	baixa
	ESPESSURA DO M.I.	>5m	2-5m	0-2m	inexistente
ATERROS	DECLIVIDADE	0-10%	10-20%	20-30%	>30%
	FORMA DE RELEVO	platô/planície	colina/morro	morro/montanha	montanha/serra
	EXPANSIBILIDADE/COMPRESSIBILIDADE	<0,5%	5-3%	>3%	>3%
Local	PROF. N.A	>10m	5-10m	2-5m	<2m
	PROF. TOPO ROCHOS	>5m	2-5m	0-2m	aflorante
MATERIAL	TEXTURA	areia siltosa	areia argilosa	silte arenoso	argila
	RESISTÊNCIA MINI-CBR	>30	12-30	4-12	< 4
	PERMEABILIDADE (K)	>10 ⁻³ _{cm/s}	10 ⁻³ <K<10 ⁻⁶	K<10 ⁻⁶	K<10 ⁻⁶
	LL	NP	40-50	50-60	>60
	IP	NP	<7	7-30	>30
DE EMPRÉSTIMO	CLASSIFICAÇÕES				
	SUCS	GM/SM/GP/GM	GC/SC	SP/SM/ML/CL/OL	MH/CH/OH/Pt
	HRB	AI/A3	A2	A4/A5	A6/A7
	MCT	NA'/LA'	LA	NS'/NA	NG'/LG'
	MIN ARG EXPANSIV.	inexistente	baixa	média	alta
	%MICAS	INEXISTENTE	BAIXA	MÉDIA	ALTA
	BLOCOS E MATAÇÕES	inexistente	ocorrência pequena	ocorrência em sub-superfície	ocorrência em grande quantidade

Fonte: SOUZA - DINIZ, 1992.

Tabela 8 – Critérios de avaliação: adequabilidade a uso/engenharia, barragens rurais.

AVALIAÇÃO					
ADEQUABILIDADE A USO/ENGENHARIA					
USO	ATRIBUTO	CLASSES			
		ADEQUADO	COM RESTRIÇÕES	NÃO RECOMENDADO	INADEQUADO
BARRAGENS RURAIS altura max= 10m volume de aterros <700.000m ³)		áreas com as melhores condições para de viabilidade para implantação da obra	áreas menos adequadas devido a algumas dificuldades, porém, com soluções viáveis	áreas com grandes dificuldades, exigindo alto custo para alternativas de solução	áreas impróprias sem qualquer potencialidade, e/ou local e materiais inexistentes
	TIPO DE VALE	em "V" fechado	misto	em "U" aberto	aberto
LOCAL	ÁREA DA BACIA	< 15km ²	15-30 km ²	>30km ²	Sem captação perene ou >40km ²
	AMPLITUDE DE REL.	>60m	20-60m	20m	<20m
	DECLIVIDADE DA VERTENTE DO TALVEGUE	>10%	5-10%	<5%	<5%
		>10%	>10%	5-10%	<5%
	ESPESSURA DO M.I.	5m	<5m	>5m	<1m
	DESCONTINUIDADES DENSIDADE	baixa	baixa	alta	alta
DIREÇÃO/EIXO		paralela	transversal	transversal	perpendicular
MATERIAIS DE EMPRÉSTIMO	COMPACTAÇÃO	96%	---	---	---
	P_D^{max}	1-3% acima	---	---	---
	ω_{OT}				
	% DE MICAS	<3%	3 - 10%	>10%	---
	EXPANSIBILIDADE	muito baixa	baixa	média	alta
	ESPESSURA DO M.I.	>10m	5 - 10m	2- 5m	<2m
	TEXTURA	argila arenosa	silte argiloso	areia siltosa	argila ou areia
		argila siltosa	silte arenoso	areia argilosa	
AREIAS	areia média para drenos e transições	grande volume	pequeno volume	inexistente	inexistente
	BRITA E MATERIAIS DE TRANSIÇÃO cascalho brita saibro	grande volume	pequeno volume	inexistente	inexistente
DISTÂNCIA DOS MATERIAIS DE EMPRÉSTIMO	no local da barragem	média	distante	inexistente	

Fonte: SOUZA - DINIZ, 1992.

Tabela 9 – Critérios de avaliação: adequabilidade a usos/engenharia, disposição de resíduos.

AVALIAÇÃO					
ADEQUABILIDADE A USO/ENGENHARIA					
USO	ATRIBUTO	CLASSES			
		ADEQUADO	RAZOÁVEL	INADEQUADO	
DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS	DECLIVIDADE	2-5%	<10%	<2% ou >10%	
	FORMA DE ENCOSTA	retilínea	combinada	convexa ou plana	
	MATERIAL INCONSO-LIDADE	homogêneo	pequena variação no perfil	heterogêneo	
	TEXTURA	média areia siltoosa areia argilosa (25% de finos)	silte arenoso	grossa areia média a grosso ou finos argila e silte	
	PERFIL TÍPICO	homogêneo	heterogêneo	com várias intercalações texturas	
	1. aterros sanitários	ESPESSURA DO MAT. INCON-SOLIDADO (não saturada)	>10m	5-10m	<5m
	- controlados	CTC	>15 meq/100g	5-15 meq/100g	<5 meq/100g
	- sem coleta de chorume	pH	6 - 8	---	<7
		K	<10 ⁻² cm/seg	---	>10 ⁻² cm/seg
	2. lagoas de vinhoto	PROF. N.A.	>10m abaixo da fonte poluidora	5-10m	<5m
3. fossas ou tan-ques sépticos	GRADIENTE N.A.	Baixo		Alto	
	VELOCIDADE E DIREÇÃO DAS ÁGUAS	(para	águas	subterrâneas)	
	PROFUNDIDADE DO TOPO ROCHOSO EM RE-LAÇÃO AS COMDIÇÕES HIDRICAS	>2m do NA	---	<2m	
	ÁREA DE INUNDAÇÃO	inexistente	se houver barramento	proximidade	
	ÁREA DE RECARGA	inexistente	se houver proteção	existente	
	MOVIMENTO DE MASSAS	inexistente	se houver contenção	existente	

Fonte: SOUZA - DINIZ, 1992.

Tabela 10 – Critérios de avaliação: recursos naturais, hídricos e em material de construção civil.

ANÁLISE QUALITATIVA			AVALIAÇÃO QUANTITATIVA	
APTIDÃO				
RECURSO	CLASSES			
	APTO	INAPTO	RECOMENDAÇÕES	ATRIBUTO
existente	inexistente	ocorrências	potencialidades	
HÍDRICO				SUBACIAS
SUPERFICIAL				ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA CARGAS POLUIDORAS SANEAMENTO DE ESGOTOS RECURSOS HIDROENERGÉTICO
SUBSUPERFICIAL				AQUÍFERO-GEOLOGIA TIPO E AQUÍFERO ESPESSURA PERMEABILIDADE TRANSMISSIVIDADE CAPACIDADE ESPECÍFICA E VAZÃO DE POÇOS
MATERIAL DE CONSTRUÇÃO			GRAU DE ALTERAÇÃO	MINERALOGIA GRANULOMETRIA EQUIVALENTE AREIA
AREIA			IMPUREZAS ARGILIO-MINERAIS MINERALOGIA DUREZA	
CERÂMICA COMUM			DESCONTINUIDADES POROSIDADE DENSIDADE APARENTE	ESTÁ AVALIAÇÃO SE DARÁ EM CARÁTER DE INVESTIGAÇÃO LOCAL, EM ESCALA MAIOR DE TRABALHO.
CERÂMICA VERMELHA			ABSORÇÃO AZUL	
PEDRAS ORNAMENTAIS (cantaria)			DE METILENO PETROGRÁFICO DETERMINATIVO	
AGREGADOS (brita)			ABRASÃO FORMA ALTERABILIDADE (ciclagem)	

OBSERVAÇÕES:
As unidades de Terreno foram avaliadas qualitativamente quanto à sua aptidão, ou seja, potencialidade a recursos naturais existentes;

A viabilidade de exploração de tais recursos deverá ser avaliada quantitativamente nos aspectos técnicos e econômicos, de acordo com de terminado recurso de interesse;

Fonte: SOUZA - DINIZ, 1992.

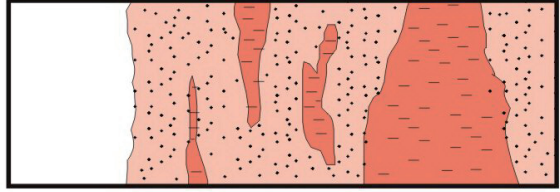
Tabela 11

CLASSIFICAÇÃO DO TERRENO PROVÍNCIA DE TERRENO: 1 e 2 **SISTEMA DE TERRENO:** Planícies Aluviais **Litologia:** areia, areia - siltoosa, areia argilosa, areia conglomerática

Nº DA UNIDADE DE TERRENO	FORMAS DE RELEVO						INCLUSÕES
	TIPO DE FORMA	EXPRESSÃO DA ÁREA	FORMAS TÍPICAS	AMPLITUDE DE RELEVO	DECLIVIDADE	DRENAGEM PADRÃO DENSIDADE	
I 111 . QA . 1	Planícies aluvionares	10 km ²	vales abertos preenchidos	< 20 m	<5 %	retangular 2 - 4 (canais/16 km ²)	terraços aluvionares de agregação ou de degradação terraços aluvionares concrecionados

PARÂMETROS GEOTÉCNICOS														
VT	NÍVEL ALTERAÇÃO	TEXTURA (%)		AREIA	SILTE	ALGILA	ω _{NAT} (%)	ρ _d campo	ρ _s	LL	LP	IP	ω _{OT}	ρ _d max
		SILTE	ALGILA											
I	Aluvião	92	6	2	6,82	1,542	2,535	NP	NP	27,15	NP	NP	--	--
		62	22	16	21,91	1,917	2,517	30,6	3,45	--	--	--	--	--

MATERIAL INCONSOLIDADO										
PERFIL TÍPICO DE ALTERAÇÃO	ASSOCIAÇÃO PEDOLÓGICA	TEXTURAL	MCT	SUCS	HRB	COMPORTAMENTO GEOTÉCNICO				
							AREIA	SILTE	ALGILA	ω _{NAT} (%)
aluvião heterogêneo lentes de areia média/ areia siltoosa/ argila / matéria orgânica intercaladas espessura = 15 m	solos hidromórficos a gleissolos	areia média	--	SP	A-3	poroso permeável				
		areia siltoosa	NC'	SM	A-2	baixa compactidade não colapsível baixa capacidade de carga não expansível				



HETEROGÊNEO

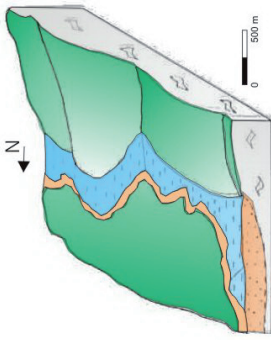
Lentes de sedimentos aluvionares intercalados
areia média a areia siltoosa amarela a marrom com matéria orgânica

Espessura: 2 - 15 m
SPT: < 15

Perfil Típico de Alteração

Tabela 12

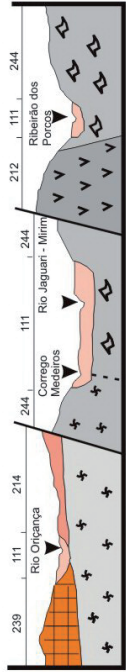
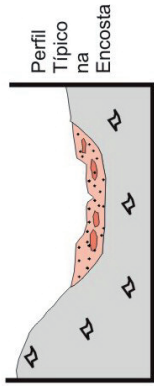
AVALIAÇÃO DO TERRENO



Bloco diagrama do arranjo dos sistemas com as províncias de terreno no relevo



Área de 16km²



Seção longitudinal pelos Sistemas e Unidades de Terreno

CLASSIFICAÇÃO ESTRATIGRÁFICA	TIPO LITÓGICA	TIPO GEOTÉCNICO
Aluvião Quaternário	QA	Aluvião Quaternário 32.QA
Sedimentos aluvionares recentes	areia média	

Nº DA UNIDADE DE TERRENO	RISCOS GEOLÓGICOS (HAZARDS) - SUSCETIBILIDADE		
	EROSÃO	ASSOREAMENTO	INUNDAÇÃO
I 111 . QA . 1	baixa	alta	alta
			MOVIMENTO DE MASSA
			estável

OCUPAÇÃO POR ENGENHARIA - ADEQUABILIDADE				
LOTEAMENTO RESIDENCIAL	INDUSTRIAL	ESTRADAS	BARRAGEM RURAL	DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS
				inadequado

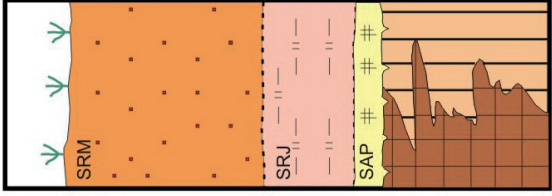
RECURSOS NATURAIS - APTIDÃO					
HÍDRICOS		MATERIAL DE CONSTRUÇÃO			
SUPERFICIAIS	SUBTERRÂNEOS	AREIA	CANTARIA	BRITA	CERÂMICA VERMELHA
apto	inapto	apto	inapto	inapto	apto explorada nos rios Jaguarí-Mirim e Ribeirão dos Porcos para tijolo comum
					CERÂMICA COMUM

CLASSIFICAÇÃO DO TERRENO PROVÍNCIA DE TERRENO: 3 SISTEMA DE TERRENO: Morrotes **Litologia: Laminitos, siltitos, argilitos, arenitos, diamictitos**

FORMAS DE RELEVO							
Nº DA UNIDADE DE TERRENO	TIPO DE FORMA	EXPRESSÃO DA ÁREA	FORMAS TÍPICAS	AMPLITUDE DE RELEVO	DECLIVIDADE	DRENAGEM PADRÃO DENSIDADE	INCLUSÕES
VII 234 . LA . 2 (1)	Morrotes Alongados e Espiçães	160 km²	topos achatados, vertentes retilíneas e ravinadas, interflúvios sem orientação preferencial	< 80 m	0 - 5% e 5 - 10 %	dendrítico 2 - 4 (canais/16 km²)	QA AA topos aplainados com cobertura inconsolidada e/ou afloramento rochoso de arenito arcossiano
VIII 234 . LA . 3				< 100 m	> 10 %	24 (canais/16 km²)	LJ vales fechados com afloramento Formação Itararé

PARÂMETROS GEOTÉCNICOS												
VT	NÍVEL ALTERAÇÃO	AREIA	TEXTURA (%) SILTE	ALGILA	ω NAT (%)	ρ_4 campo	ρ_s	LL	LP	IP	ω_{OT}	ρ_d max
VII	SEM	70	25	5	8,52	1,867	2,544	15,6	NP	NP	10,15	1,988
VIII	SRJ	30	45	25	26,52	1,918	2,426	48,72	NP	11,31	24,25	1,494

MATERIAL INCONSOLIDADO						
PERFIL TÍPICO DE ALTERAÇÃO	ASSOCIAÇÃO PEDOLÓGICA	TEXTURAL	MCT	SUCS	HRB	COMPORTEAMENTO GEOTÉCNICO
SMR espesso nos topos e raso nas encostas, chegando a expor o solo residual jovem e a rocha na parte inferior da encosta e nos fundos de vale	Podzólico vermelho - amarelo textura argilosa leve	SMR areia siltosa	NA'	SM	A-5	poroso baixa permeabilidade
		SRJ silte argiloso	NG'	ML	A-2	alta erodibilidade colapsível alta compressibilidade expansível



Perfil Típico de Alteração

SOLO RESIDUAL MADURO
Areia siltosa a areia argilosa porosa, pouco evoluído vermelho claro, mole a medianamente compacta

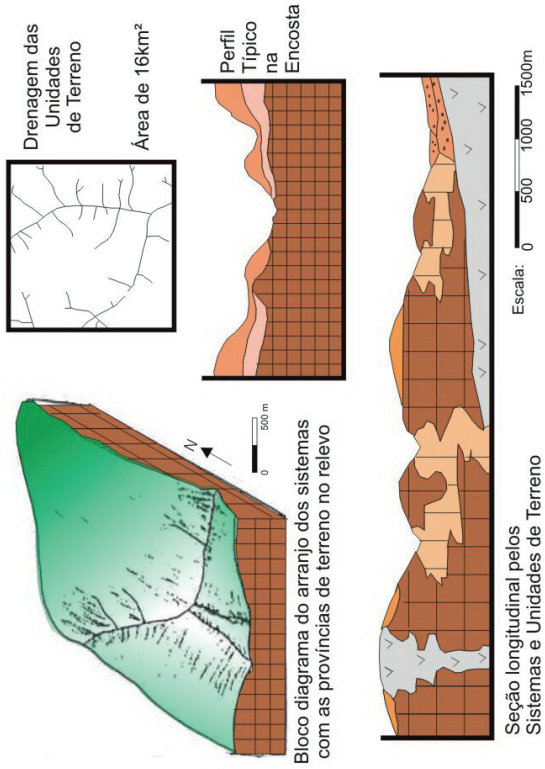
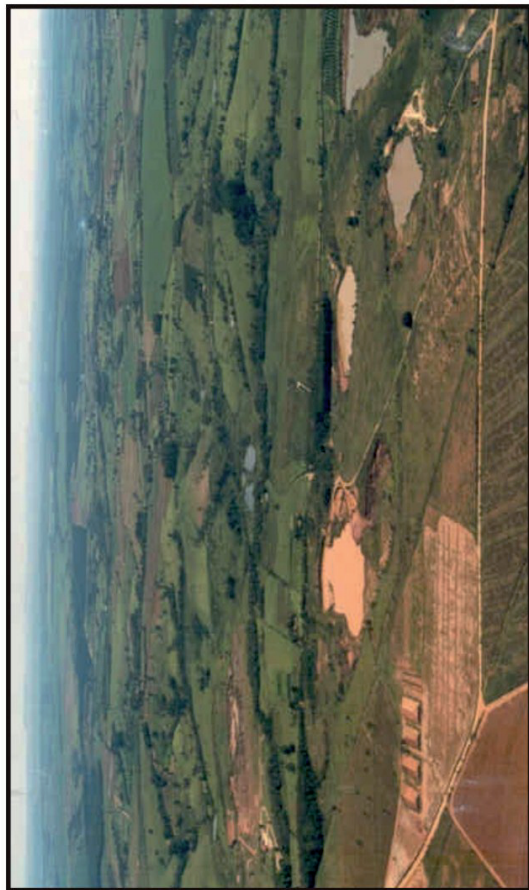
SOLO RESIDUAL JOVEM
Silte argiloso a argila, baixo índice de vazios, medianamente compacto

SAPROLITO
Silte arenoso compacto

LAMITOS AQUIDAUANA/ITARARÉ
espessura: 2 - 10 m
SPT: 1 / 7 / 23

Tabela 14

AVALIAÇÃO DO TERRENO



CLASSIFICAÇÃO ESTRATIGRÁFICA	TIPO LITÓGICO	TIPO GEOTÉCNICO
Grupo Tubarão	Laminto vermelho tijolo Arenito Micáceo	Lamintos Solo hidromorfo (00.LA)
Formação Aquidauana	Diamictito	SRM (03.LA)
Formação Itararé	Arenito com matriz argilosa fração arenosa grosseira a muito fina com matriz argilosa com mica e fragmentos angulosos	SAP (06.LA) (09.LA) ROCHA (01.LI)

Nº DA UNIDADE DE TERRENO	RISCOS GEOLÓGICOS (HAZARDS) - SUSCETIBILIDADE			MOVIMENTO DE MASSA
	EROSÃO	ASSOREAMENTO	INUNDAÇÃO	
VII	alta	nenhuma	nenhuma	estável
VIII	alta	nenhuma	nenhuma	potencialmente instável (escorregamentos)

OCUPAÇÃO POR ENGENHARIA - ADEQUABILIDADE			
RESIDENCIAL	LOTEAMENTO		DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS
	INDUSTRIAL	ESTRADAS	
adequado	adequado	não recomendado	razoável
não recomendado	não recomendado	com restrições	adequado
		com restrições	inadequado

RECURSOS NATURAIS - APTIDÃO						
HÍDRICOS	MATERIAL DE CONSTRUÇÃO					
	SUBTERRÂNEOS	AREIA	CANTARIA	BRITA	CERÂMICA VERMELHA	CERÂMICA COMUM
SUPERFICIAIS	baixo potencial	apto	inapto	inapto	inapto	inapto
	apto (média potencialidade)	inapto	inapto	inapto	apto (09.LA) (01.LI)	apto (09.LA)

Tabela 15

CLASSIFICAÇÃO DO TERRENO PROVÍNCIA DE TERRENO: 1 SISTEMA DE TERRENO: Morros Paralelos **Litologia: Migmatitos**

Nº DA UNIDADE DE TERRENO	TIPO DE FORMA	EXPRESSÃO DA ÁREA	FORMAS TÍPICAS	FORMAS DE RELEVO			INCLUSÕES
				AMPLITUDE DE RELEVO	DECLIVIDADE	DRENAGEM PADRÃO DENSIDADE	
XIV 244 . MG . 2	Morros Paralelos	60 km²	topos arredondados a angulosos; vertentes retilíneas a convexas	60 m	5 - 10%	treliça a localmente sub-dendrítico	Serras com vertentes ravinadas com matações e movimentos de massa
XV 244 . MG . 3 03/01IB				180 m	>10%		GD, GN, GC IB, LA, QA

PARÂMETROS GEOTÉCNICOS

VT	NÍVEL ALTERAÇÃO	AREIA	SILTE	TEXTURA (%)	ALGILA	ω NAT (%)	ρ _d campo	P _s	LL	LP	IP	ω OT	ρ _d max
XV	colúvio	56	6	38	21,1	1,959	2,596	62,8	45,4	17,7	19,8	1,635	
XV	SRM	45	25	26	23,14	1,652	2,637	45,5	36	9,5	20	1,614	
XIV	SRJ	18	23	59	29,71	1,853	2,635	63	46,4	16,6	31,4	1,397	
XV	SAP	60	32	8	17,4	1,545	2,594	42	32,9	9,1	18,8	1,652	

MATERIAL INCOSSOLIDADO

PERFIL TÍPICO DE ALTERAÇÃO	ASSOCIAÇÃO PEDOLÓGICA	TEXTURAL	MCT	SUCS	HRB	COMPORTEAMENTO GEOTÉCNICO
Perfis bem evoluídos com solo laterizado com pedregulhos e poucos matações solo residual maduro com estrutura macro-porosa	Podzólico vermelho escuro textura argilosa	Colúvio - argila arenosa SRM - argila siltosa SRJ - argila siltosa SAP - areia siltosa	LG'	CH	A-7	não expansível
			LG'	CL	A-7	média a alta erodibilidade
			NG'	CH	A-7	compressível
			NS'	SM	A-2	

COLÚVIO

Argila arenosa mole a média marrom a vermelha

SOLO RESIDUAL MADURO

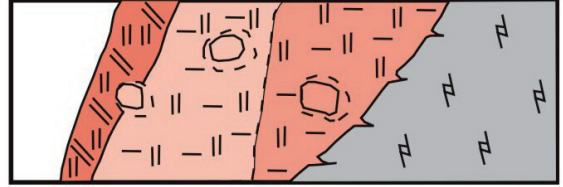
Argila siltosa muito mole a rija marrom acinzent. a avermelhada

SOLO RESIDUAL JOVEM

Argila siltosa rija marrom acinzentado com matações

ROCHA Migmatito cinza são

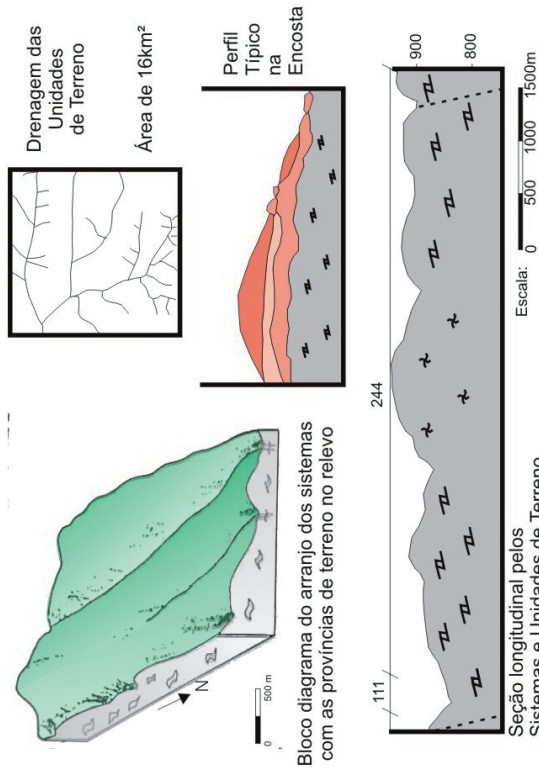
Espessura = 5 - 25 m
SPT = 1 - 36



Perfil Típico de Alteração

Tabela 16

AVALIAÇÃO DO TERRENO



CLASSIFICAÇÃO ESTRATIGRÁFICA	TIPO LITÓGICA	TIPO GEOTÉCNICO
Complexo Varginha	migmatitos de estruturas diversas Schielliren nebulítica agmatítica cinza, branco, róseos bandados biotíticos	Migmatitos SRJ 08MG, 01MG Colúvio 17MG
Migmatitos		SRM 08MG SAP 03MG

Nº DA UNIDADE DE TERRENO	RISCOS GEOLÓGICOS (HAZARDS) - SUSCETIBILIDADE			MOVIMENTO DE MASSA
	EROSÃO	ASSOREAMENTO	INUNDAÇÃO	
XIV	média	nenhuma	nenhuma	estável
XV 07MG	média	nenhuma	nenhuma	potencialmente instável para Rastejo
08MG 03MG	alta	nenhuma	nenhuma	potencialmente instável para escorregamento

OCUPAÇÃO POR ENGENHARIA - ADEQUABILIDADE			DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS		
LOTEAMENTO		ESTRADAS	BARRAGEM RURAL		
RESIDENCIAL	INDUSTRIAL				
inadequado	inadequado	inadequado	com restrições	inadequado	inadequado
com restrições	com restrições	com restrições	inadequado	inadequado	inadequado
inadequado	inadequado	não recomendado	inadequado	inadequado	inadequado

RECURSOS NATURAIS - APTIDÃO					
HÍDRICOS		MATERIAL DE CONSTRUÇÃO			
SUPERFICIAIS	SUBTERRÂNEOS	AREIA	CANTARIA	BRITA	CERÂMICA COMUM
mananciais	inapto	inapto	inapto	inapto	inapto
mananciais	inapto	inapto	inapto	inapto	inapto
mananciais	inapto	inapto	apto (saibro)	inapto	inapto

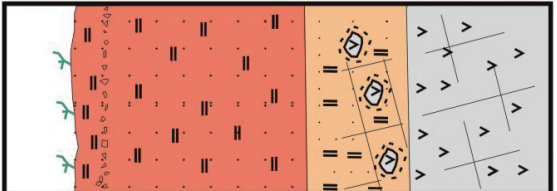
Tabela 17

CLASSIFICAÇÃO DO TERRENO **PROVÍNCIA DE TERRENO: 3** **SISTEMA DE TERRENO: Colinas Amplas** **Litologia: IB magmatitos básicos, diabásio**

Nº DA UNIDADE DE TERRENO	FORMAS DE RELEVO						INCLUSÕES
	TIPO DE FORMA	EXPRESSÃO DA ÁREA	FORMAS TÍPICAS	AMPLITUDE DE RELEVO	DECLIVIDADE	DRENAGEM	
IX 312.IB.1 09IB (SRM)	Morros Basálticos de Topos arredondados	5 km²	topos aplainados, vertentes convexas a retílineas, vales abertos a fechados, planícies aluvionares inter., cuestas	< 20 m	2 - 5%	sub- retangular	00IB lagoas, alveolos, ou "dales" LA. 2 Laminto Aquidauana QA Aluviões LA.3 01.IB.3 escarpa cuesta
				< 80 m	5 - 10 %		
				< 120 m	> 20%	2 - 4 (canais/16 km²)	

PARÂMETROS GEOTÉCNICOS														
VT	NÍVEL ALTERAÇÃO	AREIA	TEXTURA (%)		SILTE	ALGILA	ω NAT (%)	ρ_d campo	ρ_s	LL	LP	IP	ω OT	ρ_d max
X	colúvio	24	21	55	21	55	27,71	1,732	2,878	54,1	35,1	19	27,1	1,555
IX	SMR	30	32	38	32	38	26,72	1,512	3,572	37,1	26,6	10,6	25,25	1,565
XI	SAP	56	36	8	36	8	37,05	2,033	2,831	46	38,7	7,3	29,45	1,428

MATERIAL INCONSOLIDADO						
PERFIL TÍPICO DE ALTERAÇÃO	ASSOCIAÇÃO PEDOLÓGICA	TEXTURAL	MCT	SUCS	HRB	COMPORTAMENTO GEOTÉCNICO
Colúvio - solo transportado com contribuições de areia arredondada, com hematita e magnetita laterizado SRM - espesso homogêneo evoluído, com estrutura macro-porosa laterizado SAP - raso com fragmentos e bloco de rocha alterada	Latossolo roxo textura argilosa e/ou Latossolo vermelho escuro textura média inclusões de solos hidromórficos em lagoas nas cabeceiras de drenagem, em sub. Superf. = crosta concrecionada dura	SMR - argila arenosa a argilosa Colúvio - argila arenosa SAP - areia siltosa	LG'	CL	A-6	Colúvio e SRM poroso e = 1,1 a 1,6 estrutura típica de solos lateríticos permeável até 3,5 m, não expansível, alta compressibilidade SAP pode conter argilo-mineral expansível na fração siltosa
			LG'	CH	A-7	
			NS'	SM	A-2	



Perfil Típico de Alteração

Essespura: 2 - 25 m
SPT: 2 / 7 / 55

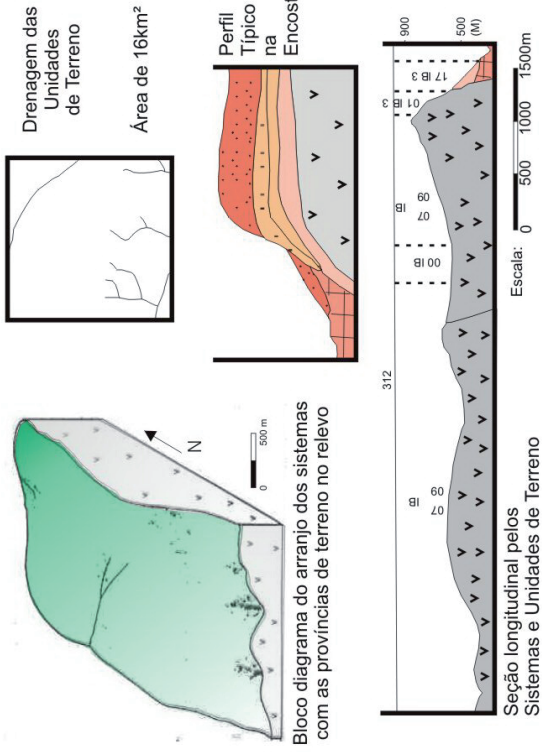
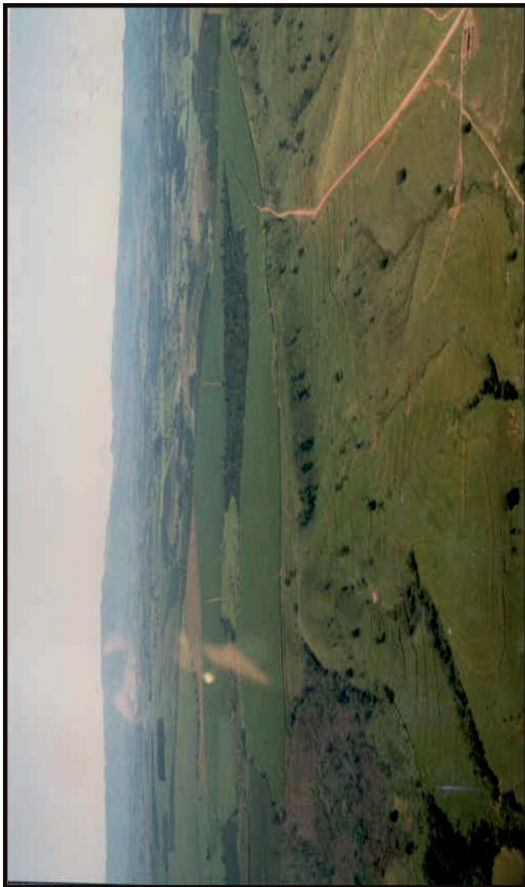
COLÚVIO
Argila arenosa vermelha a marrom, com fragmentos de quartzo

SOLO RESIDUAL MADURO
argila arenosa marrom escuro, média a rija, espessa, homogênea

SAPROLITO
areia siltosa amarela a verde dura com fragmentos e blocos de rocha

Tabela 18

AValiação do Terreno



CLASSIFICAÇÃO ESTRATIGRÁFICA	TIPO LITÓGICA	TIPO GEOTÉCNICO
Grupo São Bento	IB Intrusiva Básica	Magmatitos Básicos 09IB 00IB
Formação Serra Geral		17IB
Sills de diabásio, alguns em contato por controle estrutural		07/09IB
		03/01IB

Nº DA UNIDADE DE TERRENO	RISCOS GEOLÓGICOS (HAZARDS) - SUSCETIBILIDADE				MOVIMENTO DE MASSA
	EROSÃO	ASSOREAMENTO	INUNDAÇÃO		
IX	nula	nula	nula	nula	estável
X	baixa	nula	nula	nula	estável
XI	média	nula	nula	nula	previamente instável observado o fenômeno de rastejo (17.IB.3)

OCUPAÇÃO POR ENGENHARIA - ADEQUABILIDADE			
LOTEAMENTO	ESTRADAS	BARRAGEM RURAL	DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS
RESIDENCIAL	adequado	adequado	adequado
adequado	adequado	com restrições	razoável
adequado	inadequado	inadequado	inadequado

RECURSOS NATURAIS - APTIDÃO					
HÍDRICOS		MATERIAL DE CONSTRUÇÃO			
SUPERFICIAIS	SUBTERRÂNEOS	AREIA	CANTARIA	BRITA	CERÂMICA VERMELHA COMUM
inapto	baixo potencial	inapto	inapto	inapto	inapto
apto baixo potencial	somente nas discontinuidades	inapto	inapto	inapto	inapto
apto baixo potencial		apto usado como saibro	apto como blocos de pavimento	apto explorado na areia	inapto

A IAEG (*International Association of Engineering Geology*) elaborou através de comissões 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 Sanejoud (1979) na França, dentre outras.

Dentre os estudos de caráter regional que se fundamentam em critérios geomorfológicos, destacam-se Thomas (1974), Verstappen & Zuidan (1975), Young (1976), Leighton (1976), Palner (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), Zuidan (1985), Nagarajan & Shah (1987), Meijerink (1988), Cook & Doornkamp (1990), in Souza – Diniz, 1992, resumidos na Tabela 2.

A realização de estudos geotécnicos regionais não era comum no Brasil até a década de 1990, contrariamente ao que acontecia em outros países, como os da Europa, EUA, Canadá e Austrália.

5.2 Exemplos da cartografia geotécnica nacional

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 de 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.

Prandini, pesquisador do IPT, reconhecido como importante precursor e fomentador da cartografia geotécnica no Brasil, coordenou e executou diversas cartas geotécnicas municipais, (1974, 1976, 1978, 1980, 1990, 1993, 1994, 1995) apresentou em diversos trabalhos sobre os fenômenos do meio físico, observados a partir dos problemas em áreas urbanas, como abordagem metodológica para elaboração de cartas geotécnicas voltadas ao planejamento urbano, como subsídio à elaboração de Planos Diretores municipais. Em 1992, foi executada a cartografia geotécnica do município de São Paulo, na escala $1:10.000$, pela equipe de geólogos da PMSP, com base nesta abordagem metodológica do IPT.

Nakazawa et al (1994) apresentou a metodologia utilizada nas cartas geotécnicas elaboradas pelo IPT, tendo a aplicação como pressuposto, para compartimentação do meio físico em relação as problemas decorrentes do uso e da ocupação.

Desde a década de 90 passaram a ser consolidados estudos de cartografia geotécnica também regional no Brasil, seguindo a orientação de Zuquette (1997) que aplicou o mapeamento geotécnico na escala $1:250.000$, na Folha Campinas, como adequação à realidade brasileira, que contou com inúmeras elaborações de cartas $1:50.000$ e $1:100.000$, em mestrados e doutorados realizados na EESC-USP.

Partindo dessa diretriz e somando-se ao pressuposto de Nakazawa et al (1994) e ainda, como atendimento à necessidade de adequação à informação geológica disponível, à sistematização de informações georreferenciadas em sistemas gerenciadores de dados para disponibilização das informações ao domínio público, como subsídio a demanda de gestão ambiental, gestão de recursos hídricos e planejamento e estudos de viabilidade de obras de infraestrutura regional, em 1994 o IPT (Nakazawa, Freitas & Diniz, 1994) publicou

a Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, já em formato digital. Em 1997, a sua consolidação em Sistema de Informações Geográficas permitiu lançar lançada a Base Geoambiental do Estado de São Paulo, bem como seu SGBD – sistema gerenciador de dados, desenvolvidos no âmbito do doutorado de Diniz (1998). Esse Sistema é o que subsidia a base de dados dos Comitês de Bacia do Estado de São Paulo e o Atlas Geoambiental do Estado de São Paulo (SMA, 2002), que é o suporte do licenciamento ambiental do DAIA/SMA no estado de São Paulo.

Em 2003, foi realizado o Workshop para o SIG Geoambiental do Brasil, coordenado por Diniz. Em 2005, Diniz incluiu o projeto do SIG Geoambiental do Brasil no PPA (Programa Pluri-Anual, do Planejamento do Brasil, proposto na Constituição Federal desde 1988) da Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, sendo que, em janeiro de 2006, o Projeto foi incluído no PAT (Programa de Atividades) da CPRM, Serviço Geológico do 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 F° (1978, 1990) em Santa Maria, RS. Ainda colaboraram na produção de cartas geotécnicas desta década Cabral (1979) na baixada do Jacarepaguá e Seignemartins (1979), em Ribeirão Preto. E discutindo metodologia e área de aplicação de geologia de planejamento destacam-se Prandini et al (1974), Infanti Jr. (1974), Prandini & Iwasa (1978), em Osasco, e Prandini et al (1979), como Relatório IPT, em Santos e São Vicente, publicada em 1980.

Já na década de oitenta o IPT (1980 e 1989) realizou diversos trabalhos na confecção das cartas Geotécnicas 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.

Silva Jr. & Barrosos (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).

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), e de onde se podem 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 diversas geotécnicas nas décadas de 1990 e 2000, por Brollo, Vedovello, Tominaga, dentre outros.

Diversas trabalhos foram produzidos nessas duas décadas, também pelo grupo de pesquisa da EESC-USP. Além de outros importantes desenvolvimentos na UFRJ, UFOP, URGs, UFSC, UFPe, UFBA, dentre outros.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Se por um lado existem exemplos que deram certo, na elaboração de cartas de risco e cartas geotécnicas, quanto ao seu georreferenciamento, disponibilização pública da informação e efetiva aplicação às comunidades, como nos casos de Belo Horizonte, Vitória, Recife, Blumenau e Rio de Janeiro, por outro, ainda é necessário ampliar a análise geodinâmica, que considere as regionalidades da geodiversidade brasileira e incorporar soluções locais que deram certo. Outro desafio é a articulação dos diversos sistemas de informações

geográficas, nas suas diferentes escalas, compatíveis com as várias esferas das políticas públicas. Além de permitir atualização e monitoramento dinâmicos, de forma a atender comunidades, planos municipais, gerenciamento estadual e gestão federal na prevenção de desastres naturais, que efetivamente evite vítimas, por meio da indicação de áreas favoráveis ao uso e ocupação urbana.

A cartografia geotécnica que utiliza a compartimentação por unidades de terreno, e realiza a caracterização por perfis típicos de solos tropicais, reflete a análise fenomenológica de suscetibilidade a processos do meio físico, e permite avaliar a aptidão à urbanização prevenindo os problemas de riscos geológicos.

As tabelas de classificação e avaliação de terrenos, com respectivos cujos critérios de análise, utilizadas por Souza-Diniz (1992) e Diniz (1998), podem subsidiar os novos trabalhos de cartografia geotécnica, nessa nova fase demandas para geologia de engenharia.

BIBLIOGRAFIA

ABREU, A. E. S., 2007. Mapeamento Geotécnico para Gestão Municipal – Abordagem Combinando Três Métodos Distintos e sua Aplicação em Analândia (SP). Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 204 p.

AGUIAR, R.L. 1997. Zoneamento geotécnico geral do Distrito Federal. São Carlos. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2v.

ALMEIDA, M.C.J.de., DINIZ, N.C. 1994. A expansão urbana no entorno metropolitano de São Paulo e os problemas decorrentes: o caso das regiões de Campinas e Vale do Paraíba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38., Camboriú, 1994. Anais... Camboriú: SBG.

ANON, 1972. The preparation of maps and plans in terms of engineering geology. *Quarterly Journal of Engineering Geology*, 5, 293-382.

AUGUSTO FILHO, O. 1994. Cartas de risco de escorregamentos: uma proposta metodológica e sua

aplicação no município de Ilha Bela, SP. Dissertação (Mestrado). EPUSP, São Paulo. 168p.

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., Salvador, 1990. Anais... Salvador: ABGE/ABMS. v.1, p.297-308.

ÁVILA, I.G.de. et al. 1987. Carta geotécnica do município de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 5, São Paulo, 1987. Anais... São Paulo: ABGE. v.2, p.389-398.

BARROSO, J. A.; CABRAL, S.; PEDROTO, A. E. S. 1986. Mapeamento geológico-geotécnico como instrumento básico para o planejamento do uso do solo na grande região metropolitana do Rio de Janeiro. *Revista SEARJ- 20 anos de Geotécnicos*, 20: 40-44.

BECKER, B. K.; EGLER, C. A. G. **Metodologia detalhada para execução do zoneamento ecológico-econômico pelos estados da Amazônia Legal**. Brasília: MMA, SAE, 1997.

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 RISCO GEOLÓGICO URBANO, 2., Pereira, 1992. Atas... v. 1, p.35-41.

BRASIL, Ministério das Cidades. 2004. Critérios para mapeamento de riscos. Programa de Prevenção e Erradicação de Riscos, Secretaria de Programas Urbanos. Disponível em <http://www.cidades.gov.br/SNPU>, acessado em agosto de 2011.

BROLLO, M.J. 1991. Mapeamento geotécnico da quadrícula de Araras, SP, escala 1:50.000. Dissertação. (Mestrado) EESC/USP, São Carlos. 2v.

CARNEIRO, P. J. R. 1999. Mapeamento Geotécnico e Caracterização dos Materiais Naturais de Construção do Distrito Federal: uma Base de Dados para o Planejamento e Gestão. Tese de Doutorado. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 209p.

- CARVALHO, C.M. 2003. Avaliação da suscetibilidade aos movimentos de massa nos entornos dos polidutos de Cubatão (SP), com o apoio de técnicas de geoprocessamento. Monografia de Trabalho de Formatura. Orientação: Riedel, P.S. IGC-UNESP. Rio Claro – SP. 94p.
- CARVALHO, C.C. 1996 Gerenciamento de riscos geotécnicos em encostas urbanas: uma proposta baseada na análise de decisão. Tese (Doutorado) EPUSP, São Paulo.
- CARVALHO, E.T. de. 1987. Carta geotécnica de Ouro Preto. São Paulo: ABGE. 53p. (Síntese de Tese, 7).
- CECARELLI; I. C. F. **Caracterização Geotécnica do Meio Físico com uso de Técnicas de Sensoriamento Remoto - Proposição Metodológica.** – Boletim de Resumos Expandidos do 380 CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 1994, Balneário Camboriú – SC. **Anais:** Balneário Camboriú: 1994.453 p.
- CECARELLI, M.J.; VEDOVELLO, R.; MATTOS, J.T.; ALVES, C.A.S. 1994. Avaliação geotécnica para definição do traçado do mineroduto Rio Capim-Murucupi. *In:* CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38., 1994, Balneário de Camboriú. *Boletim de Resumos Expandidos...* Balneário de Camboriú, SBG, v.1, p.22- 23.
- CERRI, L. 1990. Carta geotécnica: contribuições para uma concepção voltada as necessidades brasileiras. *In:* CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 6/ CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES, 9., Salvador, 1990. *Anais...* Salvador: ABGE. v.1, p.309-317.
- CERRI, L.E.S.; AKIOSSI, A.; AUGUSTO FILHO, O. & ZAINE, J.E. 1996. Cartas e mapas geotécnicos de áreas urbanas: reflexões sobre as escalas de trabalho e proposta de elaboração com o emprego do método de detalhamento progressivo. *In:* ABGE Cong. Bras. Geologia de Engenharia, 8, Rio de Janeiro, 1996. *Anais*, v.2, p.537-548.
- CERRI L.E.S. & AMARAL, C. P. 1998. Riscos geológicos. *In:* A. M. S. Oliveira & S. N. A. Brito (eds). *Geologia de Engenharia*, ABGE, p.301-310.
- CHORLEY, Richard J. A. 1971. Geomorfologia e a teoria dos sistemas gerais. **Notícia Geomorfológica.** Campinas, v. 11, n. 21, p. 3-22. jun.
- CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Geomorfologia.** 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.
- _____. Significância da teoria de sistemas em Geografia física. **Boletim de Geografia Teorética.** Rio Claro, n. 16-17, p. 119-128, 1986-1987.
- COSTA, M. O., PAULON, N., DINIZ, N. C. 1994. Obtenção do mapa de erosão efetiva nas bacias dos rios Tietê e Pinheiros com utilização de informações digitais. *In:* CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37., Camboriú, 1994,. *Anais...* Camboriú: SBG.
- COUTINHO, R.Q. et al. 1990. Carta geotécnica da cidade de Recife. *In:* CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 6., Salvador, 1990. *Anais ...* Salvador: ABGE/ABMS. v.1, p.429-440.
- CREPANI, E. *et al.* **Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico.** São José dos Campos: Inpe, 1996. (INPE-6145-PUD/028).
- CREPANI, E. *et al.* **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial.** São José dos Campos: Inpe, 2001. (INPE-8454-RPQ/722).
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. **Imagens fotográficas de MNT do Projeto SRTM para fotointerpretação na Geologia, Geomorfologia e Pedologia.** São José dos Campos: Inpe, 2004. (INPE-11238-RPQ/761).
- CUNHA, M.A., FREITAS, C.G.L. de. 1991. Compartimentação geológico-geotécnica do Estado de São Paulo para aplicação em rodovias. *In:* SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 2., São Paulo, 1991. *Atas...* São Paulo: SBG.
- DEARMAN, W.R., EYLES, N. 1982. An engineering geological map of the soils and rocks of the United Kingdom. *Bull IAEG*, Paris, n.25, pp.3-18.

- DEARMAN, W.R. & MATULA, M. 1976. Environmental aspects of engineering geological mapping. Bull. IAEG, Krefeld, n.14, pp. 141-146.
- DEARMAN, W.R. & STRACHAN, A. 1983. Engineering geological plans of Tyne and Wear County, N.E. England. Bull. IAEG, Paris, n.28, pp. 31-41.
- DEARMAN, W.R., 1991. Engineering Geological Mapping. British Library Cataloguing Publication Data. Butterworth & Heinemann, London, UK, 415p.
- DIAS, R. R. **Zoneamento ecológico-econômico no Tocantins: contribuição metodológica e processual para sua execução.** 2008. 191 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, 2008.
- DINIZ, N.C., CINTRA, J.P. 1997. Automated cartography for engineering geological maps. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 18./ INTERNATIONAL SCIENTIFIC ASSEMBLY IAG, Rio de Janeiro, 1997. Anais... Rio de Janeiro: SBC/IAG.
- DINIZ, N.C., PRANDINI, F.L, NAKAZAWA, V.A. 1993. Engineering-geological mapping as a subsidy to the planning and reordering of urban land use. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PROBLEMAS AMBIENTAIS DOS CENTROS URBANOS, 2., São Paulo, 1993. Anais... São Paulo: Biosfera. (ECO URBS'93)
- DINIZ, N.C. et al. 1997. Construção da base de dados geoambientais para multifinalidade: mapas digitais, multimídia e SIG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 4., São Paulo, 1997. Atas... São Paulo: EPUSP.
- DINIZ, N.C., 1998. Automação da cartografia geotécnica: uma ferramenta de estudos e projetos para avaliação ambiental. Tese de Doutorado. Departamento de Transportes. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2v.
- DINIZ N. C., SOUZA, N.M., Delgado, J.A.C. 2005. Mapeamento geoambiental e aplicação de geoindicadores: fundamentos para um sistema de dados georreferenciados brasileiro. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, Anais, 15 p.
- FORNASARI FILHO, N. et al. 1992. Alterações no meio físico decorrentes de obras de engenharia. São Paulo: IPT. 165p. (IPT. Publicação, 1972; Boletim, 61).
- FREITAS, C.G.L. 2000. Cartografia geotécnica de planejamento e gestão territorial: proposta teórica e metodológica. Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia. São Paulo, Universidade de São Paulo, 230 p.
- GUERRA, Antonio José Teixeira. Encostas e a questão ambiental. In: CUNHA, Sandra Baptista da; GUERRA, Antonio José Teixeira (Orgs.). **A questão ambiental: diferentes abordagens.** 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. p. 191-218.
- _____. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da (Orgs.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.** 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. p. 149-209.
- GUERRA, Antonio José Teixeira; MENDONÇA, Jane Karina Silva. Erosão dos solos e a questão ambiental. In: VITTE, Antonio Carlos; GUERRA, Antonio José Teixeira (Orgs.). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p.225- 256.
- GUERRA, Antônio Teixeira; GUERRA, Antonio José Teixeira. **Novo dicionário geológico-geomorfológico.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.
- GRANT, K. 1965. Terrain features of the Mt. Isadajarra region and an assessment of their significance in relation to potential engineering land use. Austrália: CSIRO Soil Mechanics Section, p.3-110. (Technical Paper, 1).
- _____. 1970. Terrain Evaluation. A logical extension of engineering geology. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE IAEG, 1., Paris, 1970. Proceedings... Paris: IAEG, v.2, p.971-980.
- _____. 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).

- _____. 1975b. The PUCE Programme for terrain evaluation for engineering purposes; II: procedures for terrain classification. Austrália: Division of Applied Geomatematics. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. (Technical Paper, 19).
- GRANT, K., FINLAYSON, A. 1978. The application of terrain analysis to urban regional planning. In: INTERNATIONA CONGRESS OF THE IAEG, 3., Madrid, 1978. Proceedings... Madrid: IAEG. p.79-91.
- GRIFFITHS, J.S. & Stokes, M., 2008. Engineering Geomorphological input to ground models: an approach based on Earth systems. Quarterly Journal Of Engineering Geology And Hydrogeology, 41, 73-91.
- GRIFFITHS, J. S., Stead, D., Giles, D. P. & Stokes, M. 2010. Preliminary Report On IAEG Commission 22: Landscape Evolution And Engineering Geology. The Eleventh IAEG Congress, Auckland, NewZealand.
- INTERNATIONAL ASSOCIATION OF THE ENGINEERING GEOLOGY - IAEG. 1976. Engineering geological maps: a guide to their preparation. Paris: Unesco Press. 79p.
- INTERNATIONAL ASSOCIATION OF THE ENGINEERING GEOLOGY - IAEG - COMMISSION ON ENGIN. GEOL. MAPPING. 1979. Classification of rocks and soils for engineering geological mapping. Part I: rock and soil materials. Bull. IAEG, Krefeld, nº 19, pp.364-371.
- INTERNATIONAL ASSOCIATION OF THE ENGINEERING GEOLOGY - IAEG. 1981a. Recommended symbols for engineering geological mapping. Bull. IAEG, n.24, pp. 227-234.
- _____. - 1981b . Rock and soils description and classification for engineering geological mapping. Bul. IAEG, n.24, pp. 235-274.
- IAEG, 1992. Statutes of the International Association of Engineering Geology And the Environment. 132 Newsletter, No 19, Paris.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. 1978. Levantamentos dos condicionantes do meio físico e estabelecimento de critérios normativos para a ocupação urbana dos Morros de Santos e São Vicente (carta geotécnica). São Paulo. (IPT. Relatório, 11.599).
- _____. 1980. Carta geotécnica dos morros de Santos e São Vicente: condicionantes do meio físico para o planejamento da ocupação urbana.. São Paulo. (IPT. Monografias, 3).
- _____. 1984a. Carta geotécnica da Grande São Paulo. São Paulo. 13p. (IPT. Publicação, 1618; Comunicação Técnica, 350).
- _____.1984b. Levantamento geológico-geotécnico das áreas de encostas do município de Cubatão: carta geotécnica; diretrizes de obras para consolidação dos assentamentos habitacionais. São Paulo. (IPT. Relatório, 20.481).
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. 1984c. 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 Grande S. Paulo, escala 1:50.000. São Paulo. (IPT. Relatório, 19.817).
- _____.1985a. Planejamento de uso e ocupação do solo urbano e rural no Município de Itapevi, S.P: (carta geotécnica). São Paulo. (IPT. Relatório, 22.961).
- _____.1985b. Subsídios geotécnicos para planejamento urbano - Cartografia Geotécnica do Município de São Paulo, escala 1:25.000. São Paulo. (IPT. Relatório, 21.472).
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT.1987a. Diagnóstico do abatimento do terreno em Cajamar, SP e definição de medidas e diretrizes para a resolução do problema; fase 2. São Paulo. 7v. (IPT. Relatório, 25.053).
- _____.1987b. Subsídios geológico-geotécnicos para o estabelecimento de critérios para a restauração da cobertura vegetal nas encostas da Serra

do Mar afetadas pela poluição atmosférica. 2º Relatório de Andamento. São Paulo. (IPT. Relatório, 25 402).

_____. 1988a. Estudo geotécnico dos principais mecanismos de instabilização da Serra do Mar. São Paulo. (IPT. Relatório, 25.957).

_____. 1988b. Programa Serra do Mar: carta geotécnica da Serra do Mar nas folhas de Santos e Riacho Grande. São Paulo. (IPT. Relatório, 26.504).

_____. 1989. Carta geotécnica do Município de Guarujá, SP. São Paulo. (IPT. Relatório, 27 786).

_____. 1990a. Análise de Risco em favelas críticas do município de São Paulo. Coordenação técnica. São Paulo. (IPT. Relatório, 28 057).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. 1990b. Carta geotécnica de Campo Grande, MS. São Paulo. (IPT Relatório, 28710).

_____. 1991a. Carta geotécnica do município de Ubatuba, SP. São Paulo. 3v. (IPT. Relatório, 28 975).

_____. 1991b. Diretrizes para expansão urbana na região sudeste do município de Santo André, SP. São Paulo. (IPT. Relatório, 29 402).

_____. 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).

_____. 1991d. Apoio técnico à elaboração da carta geotécnica de Cuiabá. (IPT. Relatório, 29.033).

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1991e. Ocupação de Encostas. São Paulo, 216 pp.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. 1993a. Assessoria técnica ao Projeto de Macrozoneamento do Litoral Norte, SP. São Paulo. (IPT. Relatório, 31.366).

_____. 1993b. Erosão e assoreamento nas bacias dos rios Tietê e Pinheiros na Região Metropolitana de São Paulo: diagnóstico e diretrizes para a solução integrada do problema. São Paulo. 4 v. (IPT. Relatório, 30.796).

_____. 1993c. Plano de redução e prevenção de riscos associados a movimentos de massa e inundações/enchentes para o município de Ilhabela, SP. São Paulo, 1993. (IPT. Relatório, 31.355).

_____. 1994. Carta geotécnica do Estado de São Paulo; escala 1:500.000. São Paulo. 2v. (IPT. Publicação, 2.089).

_____. 1995a. Carta de risco de erosão da área urbana de Botucatu, SP; escala 1:25.000. São Paulo. (IPT. Relatório, 32.369).

_____. 1995b. Subsídios técnicos para elaboração de um plano de desenvolvimento sustentável para o município de Itapeverica da Serra. São Paulo. 2v. (IPT. Relatório, 32.924).

_____. 1995c. Laboratório de Cartografia Geotécnica - LCG. Manual para garantia de qualidade. São Paulo: IPT. 3v.

_____. 1996a. Carta Geotécnica de São José dos Campos, SP; escala 1: 25.000. São Paulo,. 2v. (IPT. Relatório, 34.645).

_____. 1996b . Áreas de conflitos de uso da terra no município de Guaíra - SP. (IPT. Relatório 33.042).

_____. 1997a. Adequação e controle da mineração na bacia do Guarapiranga: carta de condicionantes físicos. (IPT Relatório 35.026).

_____. 1997b. Subsídios técnicos para o plano diretor de Mococa, São Paulo. 2v. São Paulo, (IPT. Relatório 35.476).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. 1997c. Mapa de erosão do Estado de São Paulo. São Paulo: IPT/DAEE. Escala 1. 1.000.000.

_____. 1997d. Sistema de dados ambientais no Estado de São Paulo para atualização da carta geotécnica digital. São Paulo. 2v. (IPT. Relatório, 35.539).

- _____. 1997e. Subsídios técnicos para plano de controle preventivo e corretivo de erosão na área urbana do município de São José do Rio Preto, SP. São Paulo. IPT. Relatório, 35.285).
- _____. 1997f. Carta Geotécnica de Bertioga: escala 1:25:000. São Paulo. 2v. (IPT. Relatório 35.649).
- _____. 1997g. Cadastramento de rios de escorregamentos e concepção de obras de estabilização no núcleo de sub-moradias: Jardim São Camilo - Jundiá - SP. (IPT Relatório 34.146).
- _____. 1998. Subsídios técnicos para um Plano de Controle Preventivo de Erosão para a área urbana do município de Franca, SP. São Paulo. (IPT. Parecer Técnico, 7 149).
- IPT. 1999. Carta Geotécnica de Manaus. Parceria: IPT< FUA, CPRM, IMPLAN-Manaus. Relatório Técnico. Mapa e CD- Multimídia.
- IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo 2011. Banco de Dados de Mortes por Escorregamento. São Paulo.
- INSTITUTO GEOLÓGICO - IG. 1990. Subsídios do meio físico-geológico ao planejamento do município de Sorocaba, SP; escala 1:50.000. São Paulo. (Publicação Interna).
- _____. 1991. Subsídios do meio físico-geológico ao planejamento do município de Itú, SP; escala 1:50.000. São Paulo. (Publicação Interna).
- _____. 1993. Subsídios do meio físico-geológico ao planejamento do município de Campinas, SP; escala 1:50.000. São Paulo.
- _____. 1995. Subsídios para o planejamento regional e urbano do meio físico na porção média da Baía do Rio Piracicaba, SP; escala 1:50.000. São Paulo.
- _____. 1996. Subsídios para o planejamento regional e urbano do meio físico do município de São Sebastião; escala 1:50.000. São Paulo.
- LOLLO, J.A.de. 1991. Mapeamento geotécnico da folha de Leme, SP: utilização da geomorfologia para caracterização preliminar das unidades geotécnicas. Dissertação. (Mestrado) EESC/USP, São Carlos. 2v..
- _____. 1996. O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadrícula Campinas. Tese (Doutorado) EESC/USP, São Carlos. 2v.
- MANDAI, P.R. 2012. Avaliação da Aptidão à Urbanização com Uso de Inferência Fuzzy em Dados Geomorfométricos - Subsídios para o Planejamento Territorial em torno do Anel Viário do Distrito Federal. Dissertação. (Mestrado). Instituto de Geociências. UnB, Brasília - DF. 139p.
- MATHEWSON, C. C., FONT, R. G. 1974. Geologic environment: forgotten aspects in the land use planning process. In: GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA. Engineering geology: cases histories. Boulder. v.10, p.23-28.
- MATULA, M. 1976. Environmental aspects of eng. geological mapping. In: INTERNATIONAL GEOLOGIC CONGRESS, 25., Sydney, 1976.
- _____. 1978. Engineering-geological evaluation for region and urban development. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF IAEG, 2, Madrid, 1978. Anais...Madrid: IAEG. v.10, p.15-30.
- MATULA, M. 1979. Regional engineering geological evaluation for planning purposes. Bulletin IAEG, Krefeld, n.19, p. 18-24.
- MEIJERINK A. M. 1988. Data acquisition and data capture through terrain mapping units. ITC Journal, p.23-44.
- MENDONÇA, F. B. 2012. Análise de perigo de movimentos gravitacionais de massa do talus do maciço de Itatiaia associado à implantação do trem de alta velocidade - TAV Brasil. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 191p.
- MENDONÇA, F. B., DINIZ, N. C., BAPTISTA, G. M. M. 2010. Análise da Vulnerabilidade do Terreno em um Trecho de Implantação do Trem de Alta Velocidade entre Rio de Janeiro e São Paulo: Identificação de Talus por MDE e Imagens CBERS 2B. In: SERFA 10 - Encontro de Usuários de Sensoriamento Remoto das Forças Armadas, Anais, p. 16.

- _____. 2011a. Movimento gravitacional de massa associado a um trecho de implantação do trem de alta velocidade entre Rio de Janeiro e São Paulo: identificação de depósito de tálus por meio de imagens CBERS 2B e SRTM. *In: XV SBSR – XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Anais*, p. 7478-7485.
- _____. 2011b. Aplicação de filtros direcionais para a identificação da direção de movimentação de depósito de tálus, utilizando imagens CBERS 2B e dados da missão SRTM em trecho a ser cortado para a passagem da ferrovia do trem de alta velocidade. *In: 13° CBGE – 13° Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, Anais*, 7p. CD.
- _____. 2012. Mapa de riscos de movimento gravitacional de massa, obtido por meio de inventário de cicatrizes de deslizamentos no trecho 4 do trem de alta velocidade brasileiro. (no prelo). *Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental*. p. 21.
- _____. 2012. Risco de deslizamento em trecho do trem de alta velocidade brasileiro. (no prelo). *Revista Luso Brasileira de Geotecnia*. p. 27.
- _____. 2012. Álgebra de mapas na geração de mapeamento de risco utilizando imagens do ADS80, uma aplicação no projeto do trem de alta velocidade brasileiro. *Revista Spectrum*. **15**. p. 6.
- MENDONÇA, F. B., DINIZ, N. C. 2012. Tálus landslide hazard assessment for a stretch of TAV based on scars inventory using high resolution ADS80 aerial images and GIS. *In: International Workshop on Extreme Rainfall Induced Landslides*. Rio de Janeiro. Atas. p. 20.
- MOREIRA, E.C. 1993. Uma análise da automação do processo de mapeamento geotécnico. *Dissertação (Mestrado)*. EESC/USP, São Carlos. 124p.
- MOREIRA, E.C., SOUZA, N.C.D.C. de, GUIDARRA JR., P. 1993. Uma aplicação: o sistema de processamento de mapas e imagens: MIPS em mapeamento geotécnico. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 2./ CONFERÊNCIA LATINOAMERICANA SOBRE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA, 4., São Paulo, 1993. Anais... São Paulo: EPUSP. p.593-608.*
- NAKAZAWA, V.A., PRANDINI, F.L., DINIZ, N.C. 1993. The environmental and legal restrainings and urban land use control. *In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PROBLEMAS AMBIENTAIS DOS CENTROS URBANOS, 2., São Paulo, 1993. Anais... São Paulo: Biosfera. (ECO URBS'93).*
- NAKAZAWA, V.A. et al. 1991. Cartografia geotécnica: a aplicação como pressuposto. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 2, São Paulo, 1991. Atas... São Paulo: SBG.*
- NAKAZAWA, V. A; FREITAS, C.G.L.; DINIZ, N. C. 1994. Carta geotécnica do Estado de São Paulo; escala 1:500.000. São Paulo. 2v. (IPT. Publicação, 2.089).
- NAKAZAWA, Valdir Akihiko; PRANDINI, Fernando Luiz; DINIZ, Nórís Costa. Subsídências colapsos de solo em áreas urbanas. *In: BITAR, Omar Yazbek. (Coord.). Curso de geologia aplicada ao meio ambiente*. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE) e Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 1995, p.101-133.
- NOGUEIRA, F.R. 2002 Gerenciamento de riscos ambientais associados a escorregamentos: contribuição às políticas públicas municipais para áreas de ocupação subnormal, Tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Campus de Rio Claro. 266p.
- PARIZI, C.C. 2003. Metodologia Para avaliação de áreas para implantação de empreendimentos habitacionais de interesse social baseada em análise multi-critério e cartografia geotécnica. *Dissertação De Mestrado, IPT, São Paulo/SP.*
- PARIZI, C.C. & DINIZ, N.C. 2004. Metodologia Para avaliação de áreas para a implantação de habitação de interesse social. *In: Pejón, O. & Zuquete, L.V. (Eds.) Cartografia Geotécnica E Geoambiental: Conhecimento do meio físico: base para a sustentabilidade*. São Carlos, ABGE/UFSCAR, p. 57--62.
- PONÇANO, W.L. et al. 1979. O conceito de sistemas de relevo aplicado ao mapeamento geomorfológico do estado de São Paulo. *In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2, Rio Claro, 1979. Atas... Rio Claro: SBG. v.2, p.253-262.*

- PONÇANO, W.L.; CARNEIRO, C.D.R.; BISTRICHI, C.A.; ALMEIDA, F.F.M.; PRANDINI, F.L. 1981. *Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo*. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, v.1, 94p (Publicação IPT n° 1183, Monografias 5).
- PRANDINI, F.L., GUIDICINI, G., GREHS, S.A. 1974. Geologia ambiental ou de planejamento?. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., Porto Alegre, 1974. Anais... Porto Alegre
- PRANDINI, F.L. 1974. Geological-geotechnical factors conditioning environmental degradation. In: International Congress of the International Association of Engineering Geology, 2, São Paulo, 1974. *Proc...*, São Paulo, IAEG. V3, p. 168-175. e: SBG. v.7, p.273-290.
- PRANDINI, F.L. 1976. O Brasil e a geologia no planejamento territorial e urbano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 1., São Paulo, 1976. Anais... São Paulo: ABGE. v.3., p.354-370.
- PRANDINI, F.L.(Coord.) et al. 1978. Uma carta geotécnica dos terrenos adjacentes ao canal do Rio Tietê: de Osasco a Guarulhos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 2., São Paulo, 1978. Anais.... São Paulo: ABGE, v.1, Tema 2, p. 281-296.
- PRANDINI, F.L.(Coord.) et al. 1979. Metodologia da carta geotécnica aplicada às áreas marginais do canal do Rio Tietê: de Osasco a Guarulhos. In: SIMPÓSIO DE CARTOGRAFIA, 9., Curitiba, 1979. Anais.... Curitiba: SBC.
- PRANDINI, F.L.(Coord.) et al. 1980. Carta geotécnica dos Morros de Santos e São Vicente: condicionantes do meio físico para o planejamento da ocupação urbana. São Paulo, IPT. 31p. (IPT, Monografias, 3).
- 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, São Paulo, 1990. Anais... São Paulo: PMSP.
- PRANDINI, F.L., NAKAZAWA, V.A., CAMPANÁRIO, M.A. 1992. Cartografia geotécnica da grande São Paulo. In: SEMINÁRIO DE PROBLEMAS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO, RMSP, São Paulo, 1992. Anais... São Paulo: ABGE/ABAS/SBG-SP. p.241-252.
- PRANDINI, F.L., NAKAZAWA, V. A. 1993. Parcelamento de solos urbanos: algumas lições nas áreas com restrições de uso. In: FÓRUM NACIONAL DE GEOLOGIA DE MEIOS URBANOS, 1., Porto Alegre, 1993. Anais... Porto Alegre. p.92-104.
- _____. 1994. A superação dos desafios ambientais das cidades; novos conceitos e políticas. *Revista do Instituto de Engenharia*, São Paulo. n.501, p.329-336.
- _____. 1994. Desafios ambientais urbanos: novas posturas e oportunidades profissionais. *Revista Politécnica*, n.212/213, jan./jun., p.62-65.
- PRANDINI, F.L.; NAKAZAWA, V.A.; FREITAS, C.G.L. & DINIZ, N.C. 1995. Cartografia Geotécnica nos planos diretores regionais e municipais. In: O.Y. Bitar (coord.). 1995. *Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente*. ABGE/IPTDIGEO. São Paulo. Série Meio Ambiente. p.187-202.
- ROMÃO, P. A, 1995. Mapeamento Geotécnico da Região de Águas Claras (DF): Utilização de Recursos de Geoprocessamento. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil E Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília/DF.
- ROSS, J.L.S.. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 6, p. 17-29, 1992.
- ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 8, p. 63-74, 1994.
- _____. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 4. ed. São Paulo: Contexto, 1997.
- SANTOS, R, 2008. Diálogos Geológicos: É preciso conversar mais com a Terra. Editora Nome da Rosa. ISBN: 978-85-6872-45-7. 184 p.

- SANTOS FILHO, P. 2000. Uso de Geoprocessamento na distribuição espacial das características e classes geotécnicas de solos do Distrito Federal. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 179p.
- SILVA, S. F. & PEJON O. J. 2004. Utilização de inferência de lógica Fuzzy na elaboração de documentos cartográficos In: Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, 5, São Carlos, SP. **Anais**. São Carlos, SP: SUPREMA, 7p. v. 1.
- SILVA, C. P. L.. 2007. Cartografia Geotécnica de Grande Escala: Estudo de Caso Brasília - área tombada pela UNESCO. Dissertação De Mestrado. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília/DF, 106 p.
- SOBREIRA, F.S. 2001. Suscetibilidade a processos geológicos e suas consequências na área urbana de Mariana, MG. Geo.Br. Disponível Em [HTTP://www.dageo.ufop.br/geobr](http://www.dageo.ufop.br/geobr).
- SOUZA, N.C.D.C. de. 1992. Mapeamento geotécnico regional da Folha de Aguaí: com base na compartimentação por formas de relevo e perfis típicos de alteração. Dissertação (Mestrado) EESC/USP, São Carlos. 2v.
- SOUZA, N.C.D.C.de, ZUQUETTE, L.V. 1992. Mapeamento Geotécnico com Base em Perfis Típicos de Alteração para Caracterização de Unidades de Terreno. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 2, São Paulo, 1991. Atas... São Paulo: SBG.
- SOUZA, N.C.DINIZ.C.de, ZUQUETTE, L.V. 1993. Critérios de avaliação geotécnica de unidades de terreno no planejamento urbano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 2., Poços de Caldas, 1993. Anais... Poços de Caldas: ABGE.
- SOUZA, N. M. 1998. Uso de lógica difusa em cartografia geotécnica In: Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, 3, Florianópolis, SC. **Anais**. Florianópolis, SC, 13p. v. 1.
- TOMINAGA, L., SANTORO, J., AMARAL, R. Desastres Naturais: conhecer para prevenir. 2009. IG/SMA. São Paulo, SP. 197 p.
- UNDRO – United Nations Disaster Relief Office. UNDRO's approach to disaster mitigation. *UNDRO News*, jan.-febr.1991. Geneva: Office of the United Nations Disasters Relief Co-ordinator. 20p., 1991.
- VARNES, D. J. 1974. The logic of engineering geological and related maps. A discussion of the definition and classification of map units, with special references to problems presented by maps intended for use in civil engineering. Washington: USGS. 48p. (Professional Paper 837)
- VEDOVELLO, R. 1993. Zoneamento geotécnico, por sensoriamento remoto, para estudos de planejamento do meio físico - aplicação em expansão urbana. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE.
- VEDOVELLO, R. 2000. Zoneamentos geotécnicos aplicados à gestão ambiental, a partir de Unidades Básicas de Compartimentação - UBCs, Tese de Doutorado . Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Campus de Rio Claro.
- 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).
- ZAINE, J.E. 2000 Mapeamento geológico-geotécnico por meio do método do detalhamento progressivo: ensaio de aplicação na área urbana do município de Rio Claro (SP), Tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Campus de Rio Claro, 149 p.
- ZUQUETTE, L.V. 1981. Mapeamento geotécnico preliminar na região de São Carlos. Dissertação (Mestrado) EESC, São Carlos. 2v.
- _____. 1985. Mapeamento geotécnico: estado da arte. São Carlos: EESC/USP. (Seminário apresentado na Disciplina SGS-833).

_____. 1987. Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodológica para condições brasileiras. Tese (Doutorado) EESC/USP, São Carlos. 4v.

_____. 1993. Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamentos e guia para elaboração. Tese (Livre-Docência) EESC/USP, São Carlos. 2v..

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

ZUQUETTE, L.V., NAKAZAWA, V.A. 1998. Cartas de geologia de engenharia. In: OLIVEIRA,

A.M.dos S., BRITO, S.N.A. *Geologia de engenharia*. São Paulo: ABGE. Cap.17, p.283-298.

ZUQUETTE, L.V. & GANDOLFI, N. 2004. *Cartografia Geotécnica*. Oficina de Textos, São Paulo, 190 p.

ZUQUETTE, L.V., PEJON, O.J., SINELLI, O. 1994. Engineering geological zoning of Sao Paulo State, Brazil, scale 1:500.000. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE IAEG, 7., Lisboa, 1994. Proceedings... Rotterdam: Balkema. v 2, p.1187-1195.

ZUQUETTE, L.V. & GANDOLFI G. 2004. *Cartografia Geotécnica*. Oficina de Textos, São Paulo, 190 p.

