NÃO CIRCULA

GEOLOGIA DE ÁREAS URBANAS: O EXEMPLO DE RIBEIRÃO PRETO, S.P.

Claudio Lisias Seignemartin

TESE DE DOUTORAMENTO APRESENTADA AO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO.

ORIENTADOR:

Prof. Dr. Vicente José Fúlfaro

DEDALUS - Acervo - IGC

30900009486

Instituto de Geociências BIBLIOTECA T459 V. 1 U.S.P.

SÃO PAULO

— 1979 —

Instituto de Geociências
BIBLIOTECA

Í N D I C E

Pág.

RESUMO

PARTE I - GEOLOGIA E PLANEJAMENTO TERRITORIAL E URBANO

I.1. INTRODUÇÃO 1

I.2. PLANEJAMENTO REGIONAL, TERRITORIAL E URBANO 9

I.3. PLANEJAMENTO E GEOLOGIA 14

3.1. O PAPEL DA GEOLOGIA NO PROCESSO DE PLANEJAMENTO TERRITORIAL E URBANO 14

3.2. CONDICIONANTES GEOLÓGICOS E PLANEJAMENTO TERRITORIAL E URBANO 19

3.2.1. APROVEITAMENTO DE RECURSOS MINERAIS 20

3.2.2. APROVEITAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS 22

3.2.3. CONSTITUIÇÃO DE NÚCLEOS URBANOS 22

I.4. O MAPEAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO COMO METODOLOGIA DE TRABALHO 25

4.1. AVALIAÇÃO DE TERRENOS 26

4.2. ORDENAÇÃO DA INFORMAÇÃO GEOLÓGICA PARA DECISÕES DO USO DO SOLO 27

4.3. METODOLOGIA FRANCESA DE CARTOGRAFIA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA 30

4.3.1. CLASSIFICAÇÃO DAS CARTAS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS 31

4.3.2. OS FATORES 33

4.3.3. CARTAS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS MAIS COMUNS 35

4.4. MÉTODO DA SUPERPOSIÇÃO 35

4.5. CARTOGRAFIA AUTOMÁTICA 36

PARTE II - CONDICIONAMENTOS GEOLÓGICOS E PLANEJAMENTO URBANO EM RIBEIRÃO PRÊTO, SP.

II.1. GENERALIDADES 38

II.2. ASPECTOS FISIOGRÁFICOS REGIONAIS 40

2.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA E ASPECTOS GERAIS 40

2.2. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS 40

2.3. ASPECTOS HIDROGRÁFICOS 42

2.4. ASPECTOS CLIMÁTICOS 44

2.5. ASPECTOS DA VEGETAÇÃO 46

2.6. ASPECTOS PEDOLÓGICOS 47

2.7. ASPECTOS HISTÓRICOS E SÓCIO-ECONÔMICOS 48

II.3. GEOLOGIA REGIONAL 49

3.1. GENERALIDADES 49

3.2. O EMBASAMENTO CRISTALINO PRÉ-CAMBRIANO 49

3.3. FORMAÇÕES PALEOZÓICAS 51

3.3.1. FORMAÇÃO AQUIDAUANA 51

3.3.2. FORMAÇÃO TATUÍ 51

3.3.3. FORMAÇÃO ESTRADA NOVA 52

3.4. FORMAÇÕES MESOZÓICAS 52

3.4.1. FORMAÇÃO PIRAMBÓIA 52

3.4.2. FORMAÇÃO BOTUCATU 53

3.4.3. FORMAÇÃO SERRA GERAL 54

3.4.4. FORMAÇÃO BAURU 54

3.5. DEPÓSITOS DE IDADE CENOZÓICA 54
3.5.1. DEPÓSITOS TERCIÁRIOS 55
3.5.2. DEPÓSITOS QUATERNÁRIOS 55
3.6. ROCHAS INTRUSIVAS 56
3.7. TRAÇOS TECTÔNICOS REGIONAIS 56

II.4. AS CARTAS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS 59
4.1. METODOLOGIA DE OBTENÇÃO 59
4.2. A CARTA DE DOCUMENTAÇÃO 61
4.3. AS CARTAS DE FATORES 75
4.3.1. CARTA DO SUBSTRATO GEOLÓGICO. 75
4.3.2. CARTA DE DECLIVIDADES 78
4.3.3. CARTA DOS MATERIAIS DE COBERTURA 80
4.3.4. CARTA HIDROGEOLÓGICA 87
4.4. AS CARTAS DE APTIDÃO 91
4.4.1. METODOLOGIA DE OBTENÇÃO 91
4.4.2. CARTA DE APTIDÃO I - FUNDAÇÕES, ESCAVAÇÕES E RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO 99
4.4.3. CARTA DE APTIDÃO - INSTALAÇÃO DE SISTEMAS DE SANEAMENTO, DRENABILIDADE DOS TERRENOS E UTILIZABILIDADE COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO 102
4.4.4. CARTA DE APTIDÃO III - TRAFICABILIDADE, EXPANSIBILIDADE E COMPRESSIBILIDADE 105
4.4.5. CARTA DE APTIDÃO IV - PERMEABILIDADE, ESTABILIDADE NATURAL DOS TERRENOS E RESISTÊNCIA À EROSÃO 106

II.5. CONCLUSÕES: A CARTA DE RECOMENDAÇÕES DA GEOLOGIA PARA UTILIZAÇÃO RACIONAL DO MEIO FÍSICO 109

5.1. METODOLOGIA DE OBTENÇÃO 109

5.2. A CARTA DE RECOMENDAÇÕES DA GEOLOGIA PARA FINS DE OCUPAÇÃO URBANA 110

5.2.1. ÁREA I - ZONA DE USO IMEDIATO 111

5.2.2. ÁREA II - ZONA DE USO RESTRITO 113

5.2.3. ÁREA III - ZONA DE USO EXTREMAMENTE RESTRITO 114

5.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS 115

BIBLIOGRAFIA 117

ÍNDICE DAS TABELAS

Pág.

TABELA 1 - DISCIPLINAS E ESTUDOS INTER-RELACIONADOS NO PLANEJAMENTO 15

TABELA 2 - DADOS MENSAIS DA TEMPERATURA MÉDIA DO AR, DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E DOS BALANÇOS HÍDRICOS EM 125 MM DE PROFUNDIDADE DO SOLO EM RIBEIRÃO PRÊTO 45

TABELA 3 - DADOS HIDROGEOLÓGICOS DO MUNICÍPIO DE RIBEIRÃO PRÊTO - ÁREA URBANA 63

TABELA 4 - DADOS DE CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DOS MATERIAIS DE COBERTURA DA ÁREA URBANA DE RIBEIRÃO PRÊTO 65

TABELA 5 - CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS PARA AEROPORTOS . 93

TABELA 6 - CLASSIFICAÇÃO UNIFICADA DE SOLOS 94

TABELA 7 - PARÂMETROS E ÍNDICES DE APTIDÃO PARA O USO DO MEIO FÍSICO 95

TABELA 8 - COMPORTAMENTO DOS VÁRIOS TIPOS DE SOLOS FRENTE A SOLICITAÇÕES DIVERSAS EM ENGENHARIA 96

TABELA 9 - POTENCIAL DE USO DOS MATERIAIS DE COBERTURA FRENTE AOS PARÂMETROS DE APTIDÃO .. 98

ÍNDICE DAS FIGURAS

Pág.

FIGURA 1 - ESQUEMA DA ORDENAÇÃO DA INFORMAÇÃO GEOLÓGICA PARA DECISÕES DE PLANEJAMENTO DO USO DO SOLO 29

FIGURA 2 - MAPAS DE LOCALIZAÇÃO E SITUAÇÃO DA REGIÃO ESTUDADA 41

FIGURA 3 - POSIÇÃO DA ÁREA ESTUDADA EM RELAÇÃO ÀS PROVÍNCIAS GEOMORFOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO 43

FIGURA 4 - CURSO ANUAL DA PRECIPITAÇÃO E DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL MENSAIS E DISPONIBILIDADES NORMAIS DE ÁGUA NO SOLO DA REGIÃO DE RIBEIRÃO PRÊTO 45

FIGURA 5 - SITUAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA NO CONTEXTO ESTRUTURAL DA BACIA SEDIMENTAR DO PARANÁ . 50

FIGURA 6 - PERFIL GEOLÓGICO SERRANA-RIBEIRÃO PRÊTO--SERTÃOZINHO 58

FIGURA 7 - MAPA DE TENDÊNCIA (RESIDUAL E SUPERFÍCIE DE 2º GRAU) DA VARIÁVEL RESÍDUO SÊCO NA ÁREA URBANA DE RIBEIRÃO PRÊTO 90

RESUMO

De algum tempo a esta parte, vem sendo notado um interesse crescente entre os geólogos brasileiros, para os problemas da preservação do meio ambiente como um todo, e do meio físico em particular. Essas idéias, no entanto, fruto da influência exercida por profissionais estrangeiros, especialmente da área da Geologia de Engenharia, cresceram mal dirigidas e voltadas únicamente para interesses mais imediatos, por erros nacionais de enfoque e interpretação, tanto a nível técnico, quanto empresarial e governamental, inclusive no que diz respeito à própria essência da Geotécnica ou Geologia de Engenharia.

Tendo acompanhado de perto o desenvolvimento dessas tendências, o autor vê com certa preocupação o futuro dessa área das geociências no país, sendo, no seu entender, necessário que haja uma reflexão, uma volta crítica às raízes, às origens dos problemas de utilização racional do ambiente, que são eminentemente do meio físico e, portanto, geológicas.

Tomando por base esse princípio, procura-se firmar, na parte inicial do trabalho, uma série de conceitos que podem trazer alguma contribuição ao assunto, reabilitando o termo Geologia Ambiental e introduzindo a expressão Geologia de Áreas Urbanas. É também enfatizado o caráter multidisciplinar do planejamento urbano e, a seguir, discutidas as principais correntes metodológicas, justificando-se a escolha da

apresentada por SANEJOUAND (1972), a cartografia geológico-geotécnica, com a adoção das cartas de documentação, de fatôres e de síntese, além do documento final, de caráter recomendativo quanto ao uso do terreno disponível.

A segunda parte, é uma tentativa de demonstração da validade prática das idéias apresentadas, associando dados geológicos à dados geotécnicos, com a finalidade de fornecer uma base para estudos de planejamento do uso do meio físico natural. Assim, como área-teste, foi escolhido um centro urbano em processo acelerado de desenvolvimento, face ao agravamento das solicitações impostas ao meio ambiente, como na intensificação da busca de soluções que se impõe, imediata.

Uma vez determinada a área, parte do município de Ribeirão Prêto, estado de São Paulo, e conhecida sua problemática através da confecção das Cartas de Fatores e de Aptidão, foi estabelecido um zoneamento que indica, frente ao Coeficiente do Potencial de Uso do terreno, as áreas preferenciais para a ocupação urbana sob o ponto de vista da geologia (Carta de Recomendações de Uso do Meio Físico).

Fica claro que, embora esteja diretamente inserido no contexto dinâmico do planejamento como uma de suas partes básicas, este trabalho não se constitui em um trabalho global sobre planejamento urbano, mas é um subsídio imprescindível à complexa tarefa de ordenar a ocupação das áreas disponíveis à expansão de um determinado aglomerado urbano.

PARTE I

GEOLOGIA E PLANEJAMENTO TERRITORIAL E URBANO

I.1. INTRODUÇÃO

No estágio atual do binômio Terra-Homem, o seu segundo componente achou-se, de repente, possuidor de uma enorme capacidade transformadora sobre sêres animados e inanimados, antigamente tidos como incontroláveis e/ou imutáveis. Essa capacidade foi-lhe acrescentada através do desenvolvimento de sua inteligência criadora, altamente solicitada e exercitada, com ênfase nas áreas da ciência e da engenharia, comumente agrupadas e conhecidas sob a designação tecnologia.

Hoje, o homem é capaz de aplicar eficientemente grandes quantidades de energia a um custo relativamente pequeno, de modo a executar os mais diversos tipos de projetos em qualquer lugar da Terra. Fragmentar e remover rochas, modificar regimes de torrentes, alterar cursos de rios e padrões de correntes litorâneas, por exemplo, não constituem maior impecilho para a moderna tecnologia. A extração de grandes quantidades de bens minerais e combustíveis é um procedimento usual. O fazer e o mudar são atividades constantes e rotineiras.

Os grandes problemas decorrentes dessa situação, aparentemente normal e lógica, são (1) prever os efeitos da ação antrópica sobre o meio ambiente a curto, médio e longo prazo, e (2) controlar as alterações do meio físico e biológico, ou seja, supervisionar e regulamentar seu início e guiar seu curso.

A segunda questão proposta é particularmente grave. As implicações de uma alteração radical na maneira de encarar a exploração do meio ambiente pela sociedade e suas decorrências — cultura industrial, voracidade pelos recursos naturais, energia abundante a baixo custo e máquinas para aplicá-la — são simplesmente chocantes e aterradoras para seu padrão de tempo — a vida humana — e de futuro — algumas décadas —.

O início dessa mudança não é voluntário, embora o homem possa exercer seu arbítrio e contrôle sobre esta ou aquela situação. Assim, ele pode ou não construir uma barragem, não escavar certo túnel, não devastar esta ou aquela reserva florestal, porém a sociedade o obriga a construir barragens, escavar túneis, devastar florestas, retirar a maior quantidade possível de recursos minerais para que, uma vez industrializados, prestem-se à transformação em bens de consumo.

A fim de suportar a explosão populacional em seus múltiplos aspectos (alimentação, moradia, mercado de trabalho, lazer, etc), existe a necessidade premente de:

1. escavar e explorar a superfície da Terra na busca de bens minerais;

2. perfurar milhares e milhares de quilômetros da crosta para a obtenção de petróleo, gás, carvão e água;

3. redistribuir componentes do substrato físico (principalmente rochas, metais e água) e concentrá-los em áreas específicas, com a consequente alteração na composição local da crosta e da atmosfera;

4. desenvolver e manter uma agricultura altamente eficiente, a partir da aplicação maciça de fertilizantes e defensivos extremamente agressivos e prejudiciais ao meio natural;

5. reorganizar a superfície terrestre e reorientar a drenagem para a construção de sistemas de edificações e transporte;

6. alterar os sistemas naturais de erosão-transporte-de

posição;

7. providenciar locais para o lançamento da enorme quantidade de rejeitos sólidos, líquidos e gasosos que interagem de muitas formas com o meio ambiente; e assim poderiam ser citadas outras dezenas de interferências diretas do homem sobre o meio que o cerca.

Por outro lado, restam muito poucas dúvidas de que a exploração desse meio físico-biológico hoje levada a cabo, conduzirá toda a humanidade, dentro de breve tempo, a um ponto sem retorno na história pouco gloriosa da devastação de seu ambiente natural, o planeta Terra.

Os sinais dessa degradação já se fazem sentir em maior ou menor escala, mas de modo tão evidente que técnicos, órgãos governamentais e o próprio povo já se apercebem da necessidade de planejar a ocupação do meio físico, bem como a forma de exploração dos recursos naturais disponíveis para garantir a estabilidade do meio ambiente a longo prazo e, por decorrência, assegurar melhores condições de vida para todos.

Assim, apesar do não reconhecimento total da importância de que se reveste o estudo do substrato geológico no processo de planejamento territorial e urbano, em um esforço de um grupo de técnicos, vem se desenvolvendo um novo enfoque da problemática geológica com ênfase na ocupação racional do meio físico: a Geologia Ambiental.

A idéia básica é muito antiga, pois os princípios da sistematização e os primeiros trabalhos nesse sentido são devidos aos engenheiros alemães e tchecoslavacos que, desde 1919, vem realizando documentos publicados sob a designação "Ingenieur Geologische Karte" de tendência fortemente ecológica, onde já se associam a utilização racional do meio físico à Geologia e à Cartografia Geotécnica, um dos mais eficazes instrumentos de trabalho do geólogo dedicado aos problemas ambientais. O enfoque principal, no entanto, era o dos problemas relacionados à implantação de obras específicas de engenharia.

O aparecimento efetivo da Geologia Ambiental deu-se na década de 50 na Europa e sua afirmação, dez anos depois, nos anos 60 na própria Europa e também nos Estados Unidos.

Os grandes responsáveis por essa rápida progressão foram, sem dúvida, as respostas, por vezes violentas, da natureza às constantes investidas do homem contra sua integridade, em primeiro lugar e, posteriormente, um despertamento da consciência adormecida da humanidade para os problemas futuros daí advindos. Essa preocupação fica patente nos meios científicos pela análise dos encontros internacionais onde o tema foi debatido, para situar o problema apenas à área da Geologia de Engenharia:

1. 1968 - Praga (Tchecoslavāquia) - 1st Meeting of the I.A.E.G. (International Association of Engineering Geology)- "Engineering Geology in Country Planning".

2. 1970 - Paris (França) - I International Congress of I.A.E.G. - "Engineering Geological Mapping" - 20 contribuições -.

3. 1974 - São Paulo (Brasil) - II International Congress of I.A.E.G. - "Engineering Geology Related to Urban and Country Planning" - 44 contribuições.

4. 1977 - Tokio (Japão) - 9th International Congress of the Int. Soc. of Soil Mech. and Fdn. Eng. -" Geotechnical Engineering and Environmental Control".

5. 1978 - Madrid (Espanha) - III International Congress of I.A.E.G. - "Regional Planning".

Associadas a esses eventos, uma sērie de publicações diretamente voltadas para os problemas do ambiente geológico foram sendo editadas, caracterizando a problemática, os aspectos metodológicos e o escōpo da Geologia Ambiental. Entre elas, podem ser destacadas:

1. 1970 - "Environmental Geology" de Flawn, P.T.
2. 1972 - "La Cartographie Gēotechnique en France" editada por Sanejouand, R.

3. 1973 - "Cities and Geology" de Legget, R.F.
4. 1973 - "Focus on Environmental Geology" editado por Tank, R.W.
5. 1974 - "Geologic Mapping for Environmental Purposes" editado por Fergunson, H.F. - Geological Society of America - Engineering Geology Case Histories nº 10.
6. 1975 - "Environmental Geology" revista editada bimestralmente.

No Brasil, as primeiras manifestações sobre o problema são devidas a GREHS' (1970) que por duas vezes consecutivas apresentou contribuições discutindo aspectos ligados a participação da Geologia nos processos de planejamento territorial e urbano. Posteriormente, COULON (1974) deu efetiva colaboração para o desenvolvimento da Geologia Ambiental no país, apresentando seu "Mapa Geotécnico das Folhas de Morretes e Montenegros", trabalho pioneiro em seu gênero.

Ainda em 1974, sob o impacto do Congresso Internacional da Associação Internacional de Geologia de Engenharia e da Mesa Redonda "Geologia Ambiental" promovida durante o XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia, grande número de trabalhos surgiu, sobretudo os de PRANDINI, PRANDINI, GUIDICINI e GREHS e GUIDICINI e PRANDINI, onde, além das primeiras tentativas no sentido de uma caracterização metodológica nacional, são apresentados mapas de áreas específicas, visando orientar a ocupação do meio físico.

A preocupação metodológica continuou a ser a tônica dos trabalhos apresentados em 1976, durante os trabalhos da Mesa Redonda "Geociências e Uso Racional do Meio Físico" do I Congresso Nacional de Geologia de Engenharia. Assim, PRANDINI, INFANTI Jr. e COULON, principalmente, voltaram a enfatizar a necessidade do estabelecimento de critérios nacionais para a ocupação do meio físico brasileiro, inserido em um contexto geológico tropical e com problemas peculiares, portanto.

Os primeiros frutos dessas discussões metodológicas puderam ser sentidos nas contribuições de CONSTANZO Jr. *et al.*,

PRANDINI *et al.* e principalmente de MACIEL Fº, apresentadas ao 2º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, no ano de 1978, onde estão contidas cartas geotécnicas para utilização em planejamento, principalmente urbano, com base em caracterizações geológico-geotécnicas cuidadosamente executadas e consideradas.

Como pode ser observado, é ainda extremamente reduzido o número de geólogos e de trabalhos na área de Geologia Ambiental e, nas poucas contribuições havidas, pode ser sentida a extrema preocupação em situar e sedimentar a problemática da utilização racional do meio físico frente a realidade geológico-geotécnica nacional, o que poderia ser sintetizado nos seguintes ítens:

1. Definição de seu escôpo e metodologia;
2. Divulgação junto a organizações governamentais, às empresas e ao público em geral;
3. Desenvolvimento de tecnologia compatível com as condições geológicas e sócio-econômicas do país, através de:
   a. sistematização de informações geológicas dirigidas para a ocupação do meio físico (coleta de dados, análise e interpretação das informações e apresentação dos resultados);
   b. criação e aperfeiçoamento de técnicas para sistematizar e baratear o custo dos mapas geológico-geotécnicos para fins de planejamento territorial e urbano;
   c. consolidação da Geologia Ambiental no planejamento do uso do solo, permitindo sua participação nos processos decisórios técnicos, financeiros e administrativos.

O presente trabalho de tese pretende, dentro das possibilidades atuais, trazer alguma contribuição efetiva ao estudo dos ítens acima expostos, através de um enfoque teórico de situação e caracterização da Geologia Ambiental dentro do processo dinâmico do planejamento territorial e urbano e da

apresentação e discussão dos resultados de uma campanha de mapeamento geológico para fins de planejamento urbano realizada na cidade de Ribeirão Prêto, estado de São Paulo.

AGRADECIMENTOS

O autor não poderia deixar de registrar sua profunda gratidão ao Prof. Dr. VICENTE JOSÉ FÚLFARO pelo incentivo e efetiva orientação deste trabalho. Através de sugestões e discussões, quase sempre à custa de suas horas de lazer e de convívio familiar, sua atuação foi uma constante, desde as fases preliminares até a redação final, que ora é apresentada.

Da mesma maneira, o autor deseja consignar seu agradecimento às muitas pessoas que contribuiram para o bom andamento do trabalho em suas diferentes fases.

Ao Prof. Dr. ANTONIO CARLOS ROCHA-CAMPOS, pela motivação e oportunidade de ingresso na vida universitária e pelo despertamento para o campo da Geologia Ambiental; ao Prof. Dr. ALBERTO PIO FIORI, pelo auxílio durante a fase de fotointerpretação; ao Prof. Dr. PAULO MILTON BARBOSA LANDIM, pelas discussões, incentivo e cessão de material ainda não publicado, para explicitação de algumas idéias expressas neste trabalho; aos colegas professores do Curso de Geologia de Rio Claro, pelo incentivo constante; aos colegas da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto - U.S.P., Prof. Dr. OSMAR SINELLI, Prof. Dr. ADÔNIS DE SOUZA e Profª NEIDE MARIA MALUSÁ GONÇALVES, pela troca de idéias, dados, materiais diversos e experiência na área que, com toda a boa vontade e desprovidos de qualquer interesse, colocaram à disposição do autor; aos colegas do Curso de Geografia de Rio Claro, Prof. ADEMIR LUIZ CÉSAR e Prof. JOSÉ CARLOS GODOY DE CAMARGO, pelas discussões sobre Materiais de Cobertura que culminaram com o estabelecimento da nomenclatura aqui utilizada; aos futuros colegas, VICENTE AMAURI MUZARDO e CIRO TEIXEIRA CORREA, estagiários da disciplina Geologia Ambiental,

êste pela dedicação ao estafante trabalho de coleta de dados, e aquele pela ajuda sistemática em todas as fases da elaboração dos mapas que acompanham este trabalho de tese; a Srta. MARGARIDA DE PAULA CARAÇA, Sr. LEOPOLDO CALLIGARIS NETO, Sr. MARCO ANTONIO RUBINI POLETTO e Sr. JORGE VALÉRIO, pelos cuidadosos serviços de datilografia, desenho, organização geral e encadernação do trabalho.

O autor deseja ainda expressar seu agradecimento pelo elevado espírito de compreensão e louvável atitude de apoio ao desenvolvimento científico demonstrado pelo DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM do Estado de São Paulo - D.E.R. - residência de Ribeirão Prêto - e pela PENTÁGONO LTDA, dentre as muitas empresas procuradas, cedendo dados de sua propriedade, sem os quais a parte prática deste trabalho seria enormemente dificultada. Também fica registrado aqui o agradecimento do autor à F.A.P.E.S.P. - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - processo 79/1011 - pelo apoio financeiro aos trabalhos de campo realizados.

Finalmente e de maneira toda especial, o autor agradece a Sra. JOSEBETE DOS SANTOS SEIGNEMARTIN, pelo incentivo constante, pela compreensão, pelo carinho, pelo auxílio sempre presente nas horas mais necessárias, pela troca de idéias e experiências durante estes anos de vida em comum.

I.2. PLANEJAMENTO REGIONAL, TERRITORIAL E URBANO

Planejamento regional pode ser entendido hoje como sendo a coordenação, integração e equipamento do espaço como um todo, sendo aqui o termo equipamento utilizado em seu sentido urbanístico e social mais amplo.

Os urbanistas e planejadores de todo o mundo são unânimes em afirmar que o sistema atual de distribuição das populações sobre o solo, consequência direta da Revolução Industrial e Demográfica, está errado, é desumano e anti-social. Para sua racionalização deve ser estabelecido um equilíbrio entre o Homem-Espaço-Economia, sempre levando em consideração que as regiões (Espaço) se constituem de áreas funcionais, de uso especializado do solo, ligadas pelos meios de transporte e comunicação.

Nos primeiros trabalhos sobre planejamento executados no mundo moderno, a ordenação geral da economia visando o desenvolvimento econômico pura e simplesmente era uma constante. Deste modo, o espaço considerado era o mais amplo possível, pois as proposições eram formalizadas de maneira global, de âmbito até nacional em não poucos casos. As grandes variáveis macro-econômicas, como propensão ao consumo, relação produto-capital, taxa de investimento, entre outras, eram assumidas totalmente em detrimento dos aspectos então considerados menos importantes, tais como a localização das atividades econômicas.

Quando, a partir do final da década de 50, esse enfoque desenvolvimentista distorcido começou a ser superado, a idéia de que o bem estar seria também função de certo número de formas alternativas de consumo não vinculadas à disponibilidade de bens materiais para a população foi sendo gradualmente implantada. A partir dessa nova visão do processo de planejamento é que foi a êle incorporada a variável Espaço, com a consequente preocupação da localização das atividades econômicas de modo geral.

Um dos indicadores dessa mudança de mentalidade planejadora foi sentido em comunidades econômicas européias, onde a relação população-território era extremamente alta. Em função do crescimento do produto que deveria levar a um aumento de consumo, uma série de fenômenos, assumindo a forma de uma concentração industrial muito grande nos principais aglomerados urbanos, vieram a prejudicar, de maneira sensível, a qualidade de vida da população. A consequência dessa expansão industrial desregrada foi, de imediato, a concentração humana, trazendo problemas graves, como congestionamento de tráfego, poluição de vários tipos, redução de áreas de lazer, aparecimento de zonas de sub-moradia, entre outros.

O agravamento progressivo desses problemas chegou a níveis tão alarmantes, que os países da Europa Ocidental, reunidos em Roma, preconizaram como solução para a situação o "crescimento zero do produto", acreditando que menor disponibilidade de bens de consumo associada a melhores condições de vida pela redução dos efeitos indiretos e indesejáveis da industrialização levariam à volta ao bem estar social.

Essas idéias fizeram com que novas formas de planejamento surgissem com o enfoque principal voltado para o bem estar ligado à qualidade de vida, assumindo contornos de um planejamento global integrado, levando em conta tanto os aspectos econômicos como aqueles diretamente relacionados à organização do espaço disponível. Assim, a Nação, como unidade, perdeu sua importância relativa em relação às regiões e às cidades e o planejamento, como fenômeno regional e, portanto, de maior grau de complexidade, passou a exigir maior nú

mero de especialistas em campos diversos.

É predominante hoje a tendência de estudar a cidade, objeto último e específico da ação do Planejamento Urbano, sob o ponto de vista regional, uma vez que as comunidades urbanas acham-se diretamente relacionadas com as regiões onde estão inseridas. Deste modo, o planejamento urbano, que visava no passado apenas a organização racional e coerente dos espaços internos da cidade propriamente dita, vem sendo cada vez mais integrado no contexto mais amplo e complexo do estudo dos espaços regionais.

Esses estudos, porém, tem assumido vários significados, em função tanto dos diferentes sentidos dados ao termo "região", como da diversidade de enfoques decorrentes dos desenvolvimentos independentes, nacionais e multinacionais, da abordagem da problemática regional.

Segundo BOUDEVILLE (1968 e 1970), os estudos regionais devem ser apoiados nos três seguintes conceitos de região:

1. Região homogênea: é uma área especialmente homogênea, definida em relação a uma ou mais variáveis de caráter natural (clima, relêvo, vegetação, litologia, etc), histórico, econômico, e outros;

2. Região polarizada: é uma área definida pela localização de núcleos populacionais controlados ou dominados por um centro urbano mais importante;

3. Região operacional: é aquela que tem sua área definida pelo domínio de intervenções de uma autoridade político-administrativa, judicial, militar ou outra.

A cidade, em que pese a grande diversidade conceitual ainda existente, é sempre aceita por todas as correntes como o elemento estruturador do espaço regional. O binômio cidade-região é, regra geral, o elemento essencial da manipulação do processo do planejamento regional (ou territorial), pois assim como o dinamismo de uma área urbana está quase sempre apoiado num correspondente e necessário dinamismo de sua região, também a decadência de uma cidade denuncia a decadên

cia do seu quadro regional.

Neste contexto, a definição de região proposta por HILHORST (1969), como sendo "o conjunto dos espaços sociais, econômicos e administrativos, polarizados pelas aglomerações urbanas", além de mais apropriada e abrangente, apresenta pelo menos dois aspectos fundamentais:

1. Afirma a idéia de região polarizada e o papel das cidades na definição das regiões;

2. Cristaliza a idéia de Planejamento Territorial ou Regional, como a especificação de diretrizes para a ocupação como um todo, condicionado ao planejamento da ocupação do meio físico pelo aglomerado urbano que lhe serve de polo.

A organização consciente e racional do espaço natural urbano é tão antiga quanto as aldeias neolíticas do Oriente Médio, pelo menos. A construção do núcleo mais rudimentar sempre traduzia um ato consciente e deliberado de modificação do espaço. A sequência de deduções necessárias tanto à escolha do melhor local para a localização de uma aldeia, como à determinação do tamanho, forma ou disposição mais adequada das habitações, pode ser, de certo modo, identificada como uma forma embrionária de organização racional do espaço, as primeiras idéias do planejamento urbano.

É, todavia, em núcleos como Ur, Nippur, Uruk, Heliópolis, Tebas, Assur, Babilônia e outras localidades produzidas pelas antigas civilizações surgidas nos vales dos rios Nilo, Tigre-Eufrates, Indus e Huang-Ho, que podem ser identificados os exemplos mais claros e nítidos do esforço de planejar a ocupação racional do espaço pelo homem.

Os mais antigos mapas urbanos até hoje conhecidos foram elaborados por planejadores mesopotâmicos. O mapa de Nippur (1500 a.C.) já é caracterizado pela habilidade de representação de figuras irregulares (árvores, jardins, canais, templos, etc) em planta, como pela técnica de construção de muralhas defensivas e canais para irrigação e drenagem de áreas pantanosas (o que já denotava a preocupação com o ambiente físico).

Numerosos são os exemplos dessa preocupação humana para com seu local de moradia dados pelos povos primitivos como babilônicos, gregos, romanos e outros, embora já os primeiros grandes problemas datem da mesma época, como, por exemplo, os congestionamentos de tráfego na Roma antiga, obrigando Júlio César a baixar ato proibindo o tráfego diurno de veículos no centro da cidade e Marco Aurélio a estender o decreto a todas as cidades do império.

Durante os anos que se seguiram, a Idade Média e até os dias de hoje, as cidades seguiram e seguem sendo planejadas sob as mais diferentes influências, porém um dos pontos fundamentais tem sido sistematicamente levado em conta com importância menor, quando não totalmente esquecido: o meio ambiente ou ambiente físico, embora definido pelos planejadores como sendo a expressão da soma total de condições que influenciam o crescimento e o desenvolvimento de qualquer organismo.

Face ao grande número de situações, por vezes catastróficas, criadas pela não consideração desse importante fator, situações estas causadas especialmente pela ação antrópica sobre o ambiente natural, destruindo os sistemas de interdependência necessários à preservação da flora, fauna e do solo utilizável, já é notada a adoção de medidas preventivas no processo de planejamento incluindo, por exemplo, o reconhecimento geológico e geotécnico local e regional em planos diretores ou zoneamentos urbano-industriais hoje executados.

I.3. PLANEJAMENTO E GEOLOGIA

3.1. O PAPEL DA GEOLOGIA NO PROCESSO DO PLANEJAMENTO TERRITORIAL E URBANO

Como não foi possível até agora desenvolver uma definição sucinta e abrangente do conceito de planejamento no contexto urbano, existem hoje ainda afirmações e enfoques errôneos sobre o assunto, fruto da complexidade e variedade de atribuições e solicitações de um projeto realmente convincente e preciso.

Segundo MUNFORD (1938), "o objetivo do planejamento ... é tornar a região passível de acolher os tipos mais ricos da cultura e a envergadura total da vida humana, oferecendo um abrigo para cada tipo de caráter, índole e temperamento, criando e preservando campos, objetivos de respostas às mais essenciais necessidades do homem". Baseados nessa afirmação e em vários anos de pesquisas sôbre o assunto, POLLARD e MOORE (1969, *in* LEGGET, 1973) apresentaram um diagrama (Tabela 1) onde relacionam as necessidades disciplinares a considerar em projetos de planejamento urbano e suas relações com os tipos de estudos a serem realizados, com as devidas prioridades. Nesse diagrama de 1400 quadros, cada um deles representando uma função específica inserida no processo do planejamento, 500 aproximadamente dizem respeito a especializações.

GRUPOS DE ESTUDOS PRINCIPAIS	ESTUDOS QUE QUANDO ADEQUADAMENTE COORDENADOS E INTER-CONECTADOS COMPREENDEM UM AMPLO PLANO.	DISCIPLINAS PROFISSIONAIS: 1 - ARQUITETOS; 2 - CLÉRIGOS; 3 - ENGENHEIROS CIVIS; 4 - ELEMENTOS DE MANUTENÇÃO; 5 - DEMOGRAFOS; 6 - ECOLOGISTAS; 7 - ECONOMISTAS; 8 - EDUCADORES; 9 - FLORESTAIS; 10 - GEOGRAFOS; 11 - HISTORIADORES; 12 - ARQUITETOS PAISAGISTAS; 13 - ADVOGADOS; 14 - METEOROLOGISTAS; 15 - PLANEJADORES; 16 - CIENTISTAS POLÍTICOS; 17 - ADMINISTRADORES PÚBLICOS; 18 - HOMENS DE RELAÇÕES PÚBLICAS; 19 - CORRETORES DE IMÓVEIS; 20 - PLANEJADORES DE RECREAÇÃO; 21 - ENGENHEIROS SANITARISTAS; 22 - SOCIÓLOGOS; 23 - ASSISTENTES SOCIAIS; 24 - CIENTISTAS DE SOLO E GEÓLOGOS; 25 - ESTATÍSTICOS; 26 - ENGENHEIROS DE TRÁFEGO; ecologia
ECONOMIA	1 - ECONOMIA DE BASE	
	2 - NECESSIDADES ECONÔMICAS E RECURSOS	*
	3 - OPORTUNIDADES ECONÔMICAS	
	4 - TURISMO	*
	5 - OUTROS	
POPULAÇÃO E ASPECTOS SOCIAIS	6 - POPULAÇÃO	
	7 - FATORES SOCIAIS E SERVIÇOS	
	8 - FATORES ÉTNICOS E RACIAIS	
	9 - CONSIDERAÇÕES RELIGIOSAS	
	10 - OUTROS	
TRANSPORTE	11 - RUAS E TRÂNSITO	*
	12 - TRANSPORTE PÚBLICO	*
	13 - PARQUES	*
	14 - OUTROS	
AMBIENTE NATURAL E UTILIDADES PÚBLICAS	15 - SOLOS E GEOLOGIA	*
	16 - CLIMA	
	17 - UTILIDADES PÚBLICAS	*
	18 - PROTEÇÃO CONTRA ENCHENTES	*
	19 - CONSERVAÇÃO DO SOLO	*
	20 - MODIFICAÇÕES NOS TERRENOS	*
	21 - OUTROS	
UTILIDADES DA POPULAÇÃO	22 - ESCOLAS E EDUCAÇÃO	
	23 - PARQUES E RECREAÇÃO	*
	24 - LIVRARIAS	
	25 - BOMBEIROS, POLÍCIA	
	26 - OUTROS	
USO DA TERRA	27 - ANÁLISE DO USO GERAL E PLANEJAMENTO	*
	28 - PROJETOS DAS ÁREAS VIZINHAS	*
	29 - DESENVOLVIMENTO COMERCIAL	*
	30 - DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL	*
	31 - OUTROS	
CONSTRUÇÕES E EDIFÍCIOS PÚBLICOS	32 - CONSTRUÇÕES E OUTROS EDIFÍCIOS	*
	33 - EDIFÍCIOS PÚBLICOS	*
	34 - OUTROS	
VALORES ESTÉTICOS	35 - VALORES CULTURAIS	*
	36 - APARÊNCIA DA COMUNIDADE	*
	37 - CARTAZES E CONTROLES DE SINAIS	
	38 - OUTROS	
ADMINISTRAÇÃO E LEGISLAÇÃO	39 - LEGISLAÇÃO	
	40 - ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA	
	41 - OUTROS	
ANÁLISES FINANCEIRAS E PROGRAMAS DE APLICAÇÃO DE CAPITAL	42 - PROGRAMA DE APLICAÇÃO DO CAPITAL	
	43 - UTILIZAÇÃO DE PROGRAMAS DE AUXÍLIO	
	44 - OUTROS	
OUTROS ESTUDOS CO-RELACIONÁVEIS NO PLANEJAMENTO	45 - PARTICIPAÇÃO DE CIDADÃOS E INFORMAÇÕES	
	46 - METAS COMUNITÁRIAS E PADRÕES	*
	47 - PADRÕES DO COMPORTAMENTO PÚBLICO	
	48 - MELHORIAS PÚBLICAS	*
	49 - RELOCAÇÕES	
	50 - RESÍDUOS SÓLIDOS E COISAS IMPRESTÁVEIS	*
	51 - SAÚDE PÚBLICA	*
	52 - CONTROLE DE EPIDEMIAS	
	53 - DEFESA CIVIL	*
	54 - OUTROS	
	55 - OUTROS	

CONVENÇÕES
- INTER-RELACIONAMENTO PRINCIPAL
- INTER-RELACIONAMENTO SECUNDÁRIO
- INTER-RELACIONAMENTO MENOR OU NENHUM

DICIPLINAS E ESTUDOS INTER-RELACIONADOS NO PLANEJAMENTO
(Segundo POLLARD & MOORE in LEGGET, 1.973)
Tabela: 1

Embora idealizado especificamente para o contexto urbano, o quadro supra citado demonstra o grau de complexidade e o caráter eminentemente multidisciplinar do processo de planejamento do uso do meio ambiente em qualquer situação. Não se trata, pois, de uma nova ramificação da ciência, mas de uma proposta de correlacionar e integrar um número considerável de funções individuais, todas voltadas para o bom uso do meio físico.

Entre os princípios básicos desse interrelacionamento, são principalmente importantes para o sucesso do empreendimento:

1. Os planos devem ser necessariamente postos em prática.

2. O compromisso no planejamento é de ordem geral e os elementos envolvidos devem participar em todas as suas fases.

3. As decisões são dinâmicas e devem ser retomadas sempre que necessário, dentro das diretrizes gerais do plano.

4. O planejamento deve ser flexível e sensível às mudanças e alterações tecnológicas, definindo sempre as necessidades presentes.

Dentro da dinâmica do planejamento, deve ser ressaltada a necessária, e tão comumente esquecida, correlação ocupação do meio físico-geologia, uma das partes mais significativas do processo global, sem a qual não poderá haver precisão na disposição dos equipamentos necessários ao bem estar das comunidades, nem a racionalização quanto ao uso dos recursos naturais disponíveis.

O ponto inicial dos trabalhos é a obtenção de dados geológicos da área objeto de estudos, ou seja, onde, por exemplo, se pretende instalar uma comunidade urbana ou redispor seus equipamentos ou ainda como localizar os distritos industriais. Claro está que, para o melhor aproveitamento desses mesmos dados, impõe-se um estudo mais amplo, no sentido de situar a área dentro de um contexto regional, aproveitando melhor seus recursos.

"A natureza para ser comandada deve ser obedecida" dizia Francis Bacon, e uma cidade, uma barragem, um sistema de extração de recursos minerais nunca poderão ser planificados desrespeitando o ambiente físico natural. Assim, todas as feições geológicas, desde áreas de materiais de construção necessários às edificações até as características hidrogeológicas locais e regionais são pontos a serem cuidadosamente considerados para que a disposição dos elementos urbanos seja compatibilizada aos traços morfológicos naturais. Somente desta maneira essa cidade será parte integrante da paisagem local e a ação antrópica será menos devastadora e mais racional.

As informações sobre o meio ambiente, familiares ao geólogo, envolvendo características superficiais e de profundidade dos terrenos, são, na maioria dos casos, incompreensíveis para os demais profissionais. Cabe, então, ao geólogo envolvido no processo de planejamento, a transformação e a presentação desses dados de uma forma tal que sua compreensão e manipulação seja facilitada a todos os demais elementos que deles devam fazer uso.

A idéia fundamental da utilização da geologia no processo da ocupação do meio físico é, pois, o de estudar e propor soluções para os problemas que o homem enfrenta ao fazer uso da terra e a reação da terra a esse uso. Ao ramo da Ecologia que se propõe a estabelecer esse equilíbrio nas relações homem-habitat geológico convencionou-se chamar Geologia Ambiental (FLAWN, 1970).

A Geologia Ambiental dá enfase ao estudo dos processos geológicos naturais ou provocados, aos recursos naturais e às propriedades tecnológicas de rochas e depósitos superficiais, na medida em que cada um deles, ou seu conjunto, venha a afetar as atividades humanas. Deste modo, seu estudo inclui campos tradicionalmente pertencentes à Geotecnia (ou Geologia de Engenharia), à Geologia Econômica, à Geologia Estrutural, à Estratigrafia e outras áreas das ciências geológicas.

Portanto, considerando o planejamento, como o já exposto, como sendo a determinação dos objetivos ou metas de um empreendimento, inclusive a coordenação de meios e recursos para atingí-los, a substituição pura e simples da designação Geologia Ambiental por Geologia de Planejamento (PRANDINI, GUIDICINI e GREHS, 1974 e PRANDINI, 1976) parece ao autor deste trabalho totalmente equivocada. Se por um lado a tradução do têrmo "Environmental Geology" perde parte de seu sentido original, por outro ainda é mais expressiva e mais íntimamente relacionada ao aproveitamento racional do meio físico que o substitutivo proposto, quer por sua definição, quer pela caracterização de suas proposições.

Do mesmo modo, não é aceita neste trabalho a filiação, proposta por PRANDINI *et al.* (*op. cit.*), da Geologia Ambiental (através de seu substitutivo Geologia de Planejamento) à Geologia de Engenharia por se tratarem ambas de áreas do conhecimento geológico interrelacionadas e interdependentes. A Geologia Ambiental se utiliza dos conhecimentos e metodologia da Geologia de Engenharia, como o inverso deveria ser a realidade, o que infelizmente não tem acontecido.

O autor propõe, então, a manutenção do têrmo original Geologia Ambiental como definido acima, em seu sentido mais amplo, regional, e que seja adotado a designação Geologia de Áreas Urbanas, para o estudo dos problemas de áreas específicas (cidades) onde o uso da terra é mais intenso, onde os problemas sociais advindos do uso da terra são mais prementes, onde os complexos sistemas desenvolvidos pela engenharia moderna devem ser protegidos, onde enormes somas serão economizadas se os equipamentos comunitários de moradia, trabalho, lazer e transporte forem instalados segundo um planejamento que inclua o conhecimento minucioso do substrato físico local, com o fim precípuo de promover o bem estar de todos os que dele dependem.

3.2. CONDICIONANTES GEOLÓGICOS E PLANEJAMENTO TERRITORIAL E URBANO

Em anos passados, as atividades humanas ligadas à produção e à engenharia, atividades estas diretamente relacionadas ao meio físico, foram desenvolvidas fazendo uso de condições geográficas e geológicas especialmente favoráveis.

Com o passar do tempo, o avanço tecnológico e o aumento significativo da população mundial, forçaram o homem a habitar, explorar e a conviver com os mais variados tipos de climas, solos, altitudes e outros fatores naturais adversos. Com isto, grande foi o número de problemas surgidos e soluções foram buscadas, obrigando o desenvolvimento teórico e prático de vários campos da ciência e tecnologia, entre os quais a Geologia.

Os problemas geológicos e geotécnicos avolumaram-se sobremaneira nas últimas décadas, principalmente nos grandes aglomerados urbanos, onde o homem impôs a modificação dos constituintes do meio ambiente, de modo tal que houve a evolução de um substrato físico-biológico completamente diferente do original.

Os exemplos desse ato antes de tudo predatório do homem moderno se avolumam, porém um deles é especialmente convincente. KOTLOV (1962 *in* MATULA, 1973) analisando os problemas da cidade de Moscou, U.R.S.S., relata que, durante os últimos 800 anos de ocupação humana, a superfície do terreno foi elevada, artificialmente, em cerca de 7 metros; uma centena de pequenos vales fluviais e ravinas foram aterradas; mais de 210 milhões de metros cúbicos de terra foram mobilizados; o nível piezométrico baixou de 40 a 60 metros face ao bombeamento de água em mais de 700 poços profundos; o lençol freático sofreu um rebaixamento de 32 metros; a mineralização das águas subterrâneas atingiu níveis elevadíssimos (até 10 g/l); o conteúdo de sulfatos corrosivos na água foi a 3,3 g/l, sendo seu pH reduzido a 2,9.

Os processos geológicos provocados pelo homem, ou antró

picos, como também muitos dos processos geológicos naturais, não tem ainda suas leis perfeitamente conhecidas, devido ao grande número de variáveis envolvidas, diferentes em intensidade e tipo em cada caso. Esta característica confere importância fundamental à realização de estudos geológicos e geotécnicos que permitam definir os principais parâmetros desses fenômenos passíveis de serem instalados em uma certa área, de modo a evitá-los, ou, caso já estejam em ação, a minimizar seus efeitos.

Para demonstrar a complexidade dos problemas que a Geologia Ambiental encontra hoje na tentativa de fornecer subsídios ao planejamento territorial e urbano, poderiam ser citados três campos fundamentais da atividade humana com influência direta e consequentes alterações no substrato físico: 1. aproveitamento de recursos minerais; 2. aproveitamento de recursos hídricos e, 3. constituição de núcleos urbanos.

3.2.1. APROVEITAMENTO DE RECURSOS MINERAIS

As atividades de exploração mineira vem afetando a litosfera de maneira crescente e inexorável, sendo objeto da preocupação constante dos geólogos, principalmente no que tange às alterações superficiais impostas à crosta como consequência direta da extração dos bens minerais, inclusive água e petróleo.

A escavação de minas a céu aberto e seus depósitos de material de rejeito, as deformações superficiais causadas pela abertura de túneis e galerias em minas subterrâneas, subsidência como resultado do bombeamento de água e óleo que pode atingir até dezenas de metros de profundidade e quilometros de extensão, são exemplos de alguns problemas criados pela ação do homem sobre o substrato físico, caso não seja levado em conta o impacto ambiental global que essas situações criam sobre o meio como um todo.

Assim, o problema da poluição ambiental direta ou indi

retamente causada por atividades mineiras já é extremamente grave em muitas regiões do globo. Para citar apenas dois exemplos bem conhecidos, os municípios brasileiros de Perús, estado de São Paulo, e Contagem, estado de Minas Gerais, estão entre os casos mais evidentes de poluição aérea originária de atividade industrial ligada à mineração, causando sérios danos ao meio ambiente em geral e à população, de maneira especial.

De modo a evitar ou minimizar as interferências antrópicas desnecessárias e predatórias sobre o meio físico, o planejamento da sua utilização racional onde existam recursos minerais economicamente exploráveis ou já em exploração deve levar em conta fatôres essenciais, como:

a. interferência das alterações produzidas pelas atividades mineiras no substrato que venham a se refletir sobre edificações, instalações e obras de apoio existentes.

b. preservação ou restauração da estabilidade dos terrenos.

c. prevenção ou minimização da poluição da litosfera, atmosfera e hidrosfera.

d. indicação de áreas específicas para lançamento de material de rejeito e sugestões para sua utilização e aproveitamento.

e. definição de áreas prioritárias para expansão de atividades.

f. estudo e avaliação do impacto ambiental causado pela atividade mineira e sugestões para seu contrôle.

Deste modo haverá uma possibilidade cada vez maior de orientação na exploração racional dos recursos minerais existentes em função da preservação do equilíbrio ecológico, buscando soluções próprias para cada caso frente às solicitações de cada local.

3.2.2. APROVEITAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS

A utilização dos recursos hídricos superficiais ou subterrâneos, necessidade premente da sociedade moderna, representa a mais direta das interferências do homem sobre a hidrosfera. Seus resultados podem ser extremamente benéficos ou totalmente nefastos, conforme o grau de conhecimento da geologia local e regional da área em apreço.

Sérios problemas podem advir da construção de uma barragem, por exemplo, com qualquer finalidade (energia elétrica, irrigação, ou outra), variando desde a destruição de feições naturais do terreno pelo lago artificial criado, a alterações climáticas e a mudanças drásticas no regime das águas superficiais e subterrâneas.

Torna-se imperioso, então, uma avaliação prévia das possíveis implicações geológico-ambientais advindas da introdução dessa variável alienígena ao meio ambiente, sendo enfatizados os seguintes aspectos:

a. o conhecimento do ciclo hidrológico local e a comparação do mesmo com a variável a ser introduzida (instalação do projeto);

b. avaliação do impacto ambiental do projeto, especialmente sobre os componentes do meio mais particularmente suscetíveis à falta ou excesso de água;

c. apresentação de sugestões e soluções alternativas frente a depreciação ou destruição dos componentes ambientais causados pela intervenção antrópica sobre o meio.

3.2.3. CONSTITUIÇÃO DE NÚCLEOS URBANOS

Os aspectos mais difíceis, os problemas mais intrincados e delicados com que hoje se defronta a Geologia Ambiental são aqueles relacionados a instalação e desenvolvimento de aglomerados urbanos, porque aí a alteração do meio físico natural pelo homem e, senão total, pelo menos intensamente

sentida.

Entre os problemas diretamente relacionados à Geologia de Áreas Urbanas, merecem especial cuidado:

a. Alterações na superfície natural do terreno. Estas alterações podem ser ocasionadas tanto por sua elevação, causadas pelos aterros para construção civil, aterros sanitários, movimentos de terra de várias ordens, como por seu rebaixamento por escavações, abertura de ruas e estradas, retirada de materiais de construção, e outros. As consequências de tais modificações podem ser imprevisíveis, mas as mais comuns e imediatas são: o estabelecimento de novas redes de drenagem e de escoamento superficial; aumento na taxa de erosão; distúrbios na estabilidade dos terrenos.

b. Condições hidrogeológicas locais. Dada sua importância e à suscetibilidade à alterações nas condições geológicas que os definem, os parâmetros hidrogeológicos são de especial interesse no estudo das áreas urbanas. Os indicadores principais da ação antrópica sobre o equilíbrio original são o aumento da taxa de mineralização na água e o aumento da temperatura, advindos de alterações no regime dinâmico, químico e térmico das águas subterrâneas. Por outro lado, a captação e condução das águas pluviais e servidas, canalização de rios e riachos e a retificação de outros, a impermeabilização de extensas áreas por asfaltamento e construções civís, originam problemas de grande porte frente ao sistema de escoamento e ao lençol freático. As consequências imediatas dessas alterações são sentidas na diminuição do abastecimento e também na alteração das propriedades dos terrenos por rebaixamento ou elevação do nível d'água.

c. Rejeitos urbanos. Um dos grandes problemas que hoje aflige as cidades, principalmente as de grande porte, é o que fazer de seus dejetos sólidos e líquidos, para que seus aterros sanitários, lagoas de oxidação e botas-fora de líquidos servidos não venham a se constituir em focos altamente nocivos de poluição ambiental. Estudos geológicos e geotécnicos, de situação geo-política e social são extremamente ne

cessários no planejamento e implantação destes importantes equipamentos urbanos. Infelizmente, na grande maioria das cidades brasileiras, muito pouco tem sido feito para eliminar esse fator de poluição da litosfera, atmosfera e da hidrosfera, uma vez que os rejeitos "in natura" continuam sendo quando muito queimados ou enterrados em qualquer lugar, quando sólidos, e os líquidos atirados, com pouco ou nenhum tratamento, diretamento nos rios, alguns dos quais já verdadeiros esgôtos a céu aberto.

O estudo dos processos desencadeados pela ação antropogênica requerem, como o visto, uma análise racional que permita o estabelecimento de prognósticos exatos em um complexo físico-ambiental. Para que êles se prestem à utilização no planejamento da disposição dos equipamentos urbanos em função dos terrenos e suas especificações, três proposições se impõem ao geólogo de áreas urbanas:

a. A reconstituição do estado natural e a manutenção das tendências evolutivas da paisagem original, das características das rochas e solos, das condições de equilíbrio das águas superficiais e subterrâneas e dos processos geodinâmicos.

b. Descobrimento e avaliação do ponto exato em que a interação homem-meio físico se processe de maneira harmoniosa, onde o equilíbrio está rompido e o que deve ser feito para seu restabelecimento.

c. Apresentação de alternativas de desenvolvimento do núcleo urbano frente ao meio ambiente natural onde ele se acha instalado.

I.4. O MAPEAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO COMO METODOLOGIA DE TRABALHO

Não é necessário, nem mesmo possível, que todos os elementos de uma equipe interdisciplinar de planejamento conheçam os métodos de trabalho do geólogo para se utilizarem de maneira eficiente dos resultados das investigações geológicas. É, sim, preciso que essas pessoas sejam capazes de apreciar essas informações e discutir suas possíveis implicações no projeto como um todo. Para isto é condição fundamental que o geólogo apresente seus resultados e sugestões da maneira mais completa e precisa, associando facilidade de entendimento à possibilidade de utilização imediata.

Ainda não foi encontrada uma forma melhor de apresentação de trabalhos de geologia que alie as qualidades acima mencionadas à facilidade de execução, que o método proposto em 1815 por William Smith: o mapeamento geológico.

Baseado nesse técnica, aprimorada e associada aos recursos tecnológicos hoje disponíveis, o geólogo pode fazer com que sejam respeitadas as características peculiares do ambiente físico dentro de um esquema de planejamento de implantação de uma obra civil de grande porte, da instalação de distritos industriais em uma cidade, da distribuição dos equipamentos básicos em uma cidade em fase de planejamento, da implantação de um projeto de mineração. A cartografia geológico-geotécnica é hoje aceita sem restrições e acha-se consa

grada como metodologia de trabalho tanto na Geologia Ambiental como na Geologia de Áreas Urbanas.

Existe um sem número de formas de coleta e avaliação de dados, como também da representação dos resultados obtidos, resultantes da busca de melhores soluções para casos específicos em áreas diferentes. Alguns desses métodos são particularmente interessantes e sua aplicabilidade parece independer de fatores regionais. O autor fará uma apreciação sucinta dos mesmos, enfatizando aquele adotado como modelo para este trabalho, por melhor preencher as finalidades a que se propôs frente às solicitações do meio natural disponível.

4.1. AVALIAÇÃO DE TERRENOS (AITCHISON e GRANT *in* GRANT, 1970)

A sistemática da avaliação dos terrenos para fins de planejamento teve origem em diversas tentativas de resolução de problemas rodoviários levadas a efeito na África do Sul. O processo baseou-se na utilização de métodos fotointerpretativos associados a ensaios tecnológicos realizados em amostras coletadas ao longo de uma faixa pré-determinada. O resultado final era a obtenção de uma combinação de mapa geológico e mapa de solos, contendo informações sobre as condições gerais do sub-leito ao longo da faixa escolhida e os depósitos de materiais de construção disponíveis.

Na Austrália, o sistema de classificação de terrenos proposto por AITCHISON e GRANT (*op. cit.*, *in* GRANT, 1970) aperfeiçoou grandemente o método, extendendo-o a grande número de aplicações. A base da sistemática adotada foi a consideração de 4 parâmetros fundamentais, quais sejam: (1) características de inclinação dos terrenos; (2) Geologia de superfície e sub-superfície; (3) características dos solos; (4) características da vegetação. Com o desenvolvimento da metodologia e a utilização de sistemas automáticos de catalogação e classificação, foram criadas subdivisões para todos os parâmetros, permitindo classificações mais precisas.

Os trabalhos para a aplicação da metodologia de avaliação dos terrenos se desenvolvem em duas fases. A primeira, de âmbito regional, tem como produto final cartas nas escalas de 1:250.000 ou 1:100.000. A segunda, de caráter local, fornece resultados em escalas grandes (1:50.000 a 1:5.000, ou mesmo maiores) com grande riqueza de detalhes, como seria de se esperar.

A utilização dessa sistemática tem sido amplamente discutida e aceita, tanto de maneira a fornecer apenas subsídios para a implantação de um determinado projeto em certa área (cartas em escalas grandes) como para fins de planejamento territorial, onde as duas fases se completam.

O método não foi adotado pelo autor deste trabalho em função de dois problemas principais:

1. A metodologia de trabalho proposta impõe estudos por uma equipe necessariamente interdisciplinar, pois certos itens transcendem o campo da geologia (solos, vegetação).

2. O autor reputa o método extremamente útil em problemas de ocupação racional do meio físico de forma mais ampla, em âmbito regional, mas discute sua utilização para áreas urbanas, onde existem métodos de trabalho mais especificamente voltados para as situações características desses locais, como os apresentados a seguir.

4.2. ORDENAÇÃO DA INFORMAÇÃO GEOLÓGICA PARA DECISÕES DO USO DO SOLO (MATHEWSON e FONT, 1974)

A metodologia proposta por estes dois autores se baseia na idéia fundamental de que a Geologia Ambiental tem participação obrigatória em dois tipos de estudo:

1. Seleção de locais mais viáveis para um determinado uso, em uma certa área;

2. Estudo de uma área para a definição do uso do solo recomendado pela geologia;

Considerando o segundo como o mais abrangente, MATHEWSON e FONT (*op. cit.*) propõe um esquema de trabalho visando a ordenação das informações geológicas para orientar as decisões a respeito do tipo de ocupação a ser imposta ao meio ambiente em trabalhos de planejamento territorial e urbano (Figura 1).

Como pode ser facilmente depreendido do esquema apresentado, os mapas observacionais ou mapas de 1ª ordem representam os resultados técnicos de um determinado tipo de estudo, onde cada fator é considerado isoladamente e sua influência é bem determinada.

Os mapas de 2ª ordem, ou mapas de geologia de engenharia, são especificamente projetados para que sejam de utilidade para quem estuda os diversos tipos de materiais nos projetos de implantação de uma determinada obra em suas várias fases (principalmente projetistas, empreiteiros e engenheiros).

Como resultado da sobreposição dos dados e dos vários mapas de primeira e segunda ordem, são obtidos os mapas interpretativos, ou de terceira ordem, que representam sínteses, a partir da junção de informações oferecidas por dois ou mais mapas de ordem inferior, conforme sua destinação, delineando riscos existentes ou potenciais, ou apresentando a aptidão de uma certa área para determinado uso. A importância dos mapas de terceira ordem no esquema proposto por MATHEWSON e FONT (*op. cit.*) é grande, pois essas cartas serão manuseadas por elementos de diversas formações durante o processo de planejamento de uso do solo. Deste modo, os cuidados já enfatizados deverão ser tomados quanto à apresentação dos mesmos, a fim de que sejam cartas utilizáveis por leigos em assuntos geológicos.

Finalmente, o coroamento do processo é representado por um mapa de quarta ordem, o mapa de uso do solo recomendado pela geologia, onde fica definida, do ponto de vista geológico, a utilização mais adequada para o meio físico da região. É de fundamental importância que o geólogo envolvido no pro

MAPA DE USO DO SOLO
RECOMENDADO PELA GEOLOGIA

MAPA DE 4ª ORDEM (PLANEJAMENTO)

RISCOS GEOLÓGICOS

APTIDÃO P/ CONSTRUÇÃO de RESIDÊNCIAS | APTIDÃO P/ CONSTRUÇÕES PESADAS

APTIDÃO P/ INSTALAÇÕES SUBTERRÂNEAS | APTIDÃO P/ RECURSOS NATURAIS | APTIDÃO P/ DISPOSIÇÃO DE REJEITOS

MAPA DE 3º ORDEM (INTERPRETATIVOS)

QUALIDADE DA ROCHA | QUALIDADE DO SOLO | ESTABILIDADE DE TALUDES | ERODIBILIDADE DOS TERRENOS

ESCARIFICABILIDADE DOS TERRENOS | CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO | QUALIDADE D'ÁGUA SUBTERRÂNEA | RECURSOS DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO | RECURSOS MINERAIS

MAPA DE 2º ORDEM (GEOLOGIA DE ENGENHARIA)

TOPOGRAFIA | DRENAGEM SUPERFICIAL | SOLOS (AGRICULTURAS) | GEOLOGIA | TECTÔNICA E ESTRUTURAS | ÁGUA SUBTERRÂNEA | USO ATUAL DO SOLO

MAPA DE 1º ORDEM (OBSERVACIONAIS)

ESQUEMA DA ORDENAÇÃO DA INFORMAÇÃO GEOLÓGICA PARA DECISÕES DE PLANEJAMENTO DO USO DO SOLO.

(Modificado de MATHEWSON & FONT, 1974)

Figura: 1

cesso de planejamento não venha a cair no mesmo êrro fatal de outros profissionais, centralizando os problemas da ocupação racional do espaço em torno de sua área de conhecimento. É extremamente necessário reconhecer a existência de um grande número de fatôres, avaliando-os com os devidos cuidados e com isenção de ânimos, passíveis de condicionar o uso do espaço disponível à necessidades prementes da população. Daí a ênfase dada às propostas de uso dos terrenos em ordem de prioridade de ocupação, suas implicações e possíveis soluções para eliminar ou minimizar os problemas decorrentes da escolha consciente do tipo de ocupação dessas áreas, mesmo que menos favoráveis geologicamente.

4.3. METODOLOGIA FRANCESA DE CARTOGRAFIA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA (SANEJOUAND, 1972)

Não diferindo fundamentalmente da proposição anteriormente discutida, a metodologia de avaliação do uso racional do meio físico proposta pela escola francesa, como sintetizada por SANEJOUAND (*op. cit.*), parece ao autor deste trabalho como a mais apropriada às necessidades impostas pela área escolhida, por sua praticabilidade e precisão, aumentando a facilidade de visualização dos parâmetros representados em mapa e, consequentemente, permitindo uma utilização mais ampla e adequada das informações cartografadas.

O único reparo feito por este autor à sistematização apresentada pela escola francesa é quanto à designação "Cartografia Geotécnica" aplicada indistintamente a todos os tipos de mapas, inclusive à cartas geológicas convencionais. Em que pese a afirmação de KARL TERZAGHI — "A geotécnica reagrupa os dados mais significativos dos domínios da mecânica dos solos, e da geologia de engenharia...", fazendo com que SANEJOUAND passe a considerar a expressão "geotécnica" como englobando" os aspectos geológicos e da mecânica dos solos do estudo dos solos", o autor deste trabalho não concorda com essa designação, por entender que essa generalização é

perigosa e imprecisa de origem, sugerindo a adoção da terminologia "cartografia geológico-geotécnica" por ser mais própria para o tipo de destinação a que se propõe, ou seja, a Geologia Ambiental e a Geologia de Áreas Urbanas.

4.3.1. CLASSIFICAÇÃO DAS CARTAS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS

Os mapas geológicos e geotécnicos para fins de planejamento de uso racional do meio físico, podem ser classificados, basicamente, quanto à escala e pelo conteúdo e forma.

A. Escala

Tomando como base para a classificação das cartas a escala em que são elaboradas, automaticamente acham-se incluídas as finalidades de utilização das mesmas. Segundo o parâmetro escala, os mapas poderiam ser:

A.I. De âmbito regional: escalas menores que 1:100.000;

A.II. De âmbito local: escalas maiores que 1:100.000, englobando:

A.II.1. de áreas metropolitanas: entre 1:50.000 e 1:100.000;

A.II.2. de cidades : entre 1:25.000 e 1:10.000;

A.II.3. de áreas específicas : entre 1:5000 e 1:2000;

A.II.4. de detalhe : maiores que 1:1000.

Como pode ser observado, acham-se cobertas nessa proposta de classificação desde áreas muito grandes até muito pequenas, das tendências regionais às características individuais de cada local específico.

B. Conteúdo e Forma

As cartas geológico-geotécnicas sob esses aspectos poderiam ser subdivididas em:

B.I. Cartas analíticas: caracterizadas pela representação de um fator, ou conjunto de fatores, significativos de

um determinado tipo de estudo, que implique no detalhamento dos dados recolhidos ao longo do trabalho. podem ser chamadas, também, de Cartas de Fatores. São exemplos os mapas geológico, hidrogeológico, de solos, e outros.

B.I.1. Cartas de fatores normais - contêm informações de utilidade ampla, sendo mais utilizadas para fins de planejamento territorial e urbano.

B.I.2. Cartas de fatores especiais - contêm informações de utilidade mais restrita. São utilizáveis com maior propriedade na resolução de problemas específicos, como, por exemplo, na determinação de uma certa camada considerada como nível preferencial de fundações.

B.II. Cartas sintéticas: representam a síntese, em termos de utilização, dos diversos fatores. Estabelecem zonas homogêneas ou heterogêneas para o tipo de utilização requerida. Podem ser agrupadas sob a designação "Cartas de aptidão", sendo particularmente frequentes as cartas de aptidão à fundações, as cartas de materiais e os zoneamentos geotécnicos.

Via de regra, o produto final da cartografia geológico-geotécnica é um conjunto de vários mapas de fatores e aptidão, associados a uma Carta de Documentação, onde se acham lançados todos os dados utilizados no trabalho ou passíveis de utilização futura. Essa carta reflete o grau de conhecimento geológico e geotécnico sobre a área em questão e sua importância é primordial em estudos de planejamento territorial e urbano.

Outra carta que pode acompanhar o documento final, na decorrência do tipo de prestação de serviços atribuido ao geólogo no processo, é a Carta de Recomendação do Uso do Solo pela Geologia, onde é cartografada a melhor utilização do meio frente ao panorama geológico-geotécnico geral da área em estudo.

4.3.2. OS FATORES

É impossível a implantação de qualquer projeto de utilização racional do meio físico sem a análise dos principais elementos que o compõe e o afetam diretamente. Entre eles poderiam ser destacados:

I. Natureza e Propriedades das Rochas

O estudo das rochas sob o ponto de vista de sua natureza, seu estado de alteração, suas propriedades mecânicas, sua distribuição espacial e extensão de sua ocorrência, são alguns dos pontos fundamentais a serem enfocados nesse ítem. É de grande importância que seja feita a distinção entre o substrato rochoso e as formações superficiais, caracterizando-os da melhor maneira possível, tanto no campo como em laboratório.

II. Hidrogeologia

As águas subterrâneas constituem importante fator, influindo de maneira direta no comportamento das rochas e na utilização dos terrenos. Sua dependência de outros fatores é notória, principalmente da natureza e do estado das rochas, condicionantes de sua existência e armazenamento.

A consideração dos principais aquíferos e seus regimes e sua representação em mapa, sob forma de informações pontuais ou através de curvas de isovalores, sempre correlacionando essas informações às feições hídricas superficiais, são de valor inestimável numa carta hidrogeológica. Outro tipo de enfoque nesse mapa, de valor especialmente grande para o planejamento de uso do solo, é o de suscetibilidade à poluição dos aquíferos.

III. Geomorfologia

Embora de utilidade reduzida em primeira instância, em aglomerados urbanos já instalados, os mapas geomorfológicos convencionais são imprescindíveis nos estudos de planejamento regional. Frente às solicitações atuais, um tipo de mapa que permite uma visualização dos terrenos em termos geomorfo

lógicos, associando a eles dados numéricos de inclinação, a Carta Clinométrica, vem sendo cada vez mais utilizada como orientação geral e útil ferramenta de trabalho.

IV. Geodinâmica externa

Sendo a disciplina que estuda principalmente a evolução do meio natural sob ação dos processos erosivos e de sedimentação, os fenômenos que despertam maior interesse frente aos problemas apresentados ao planejamento territorial e urbano são os de instabilidade de taludes, escorregamentos e dissolução de rochas, todos associados intimamente a outros fatores como natureza e estado das rochas e hidrogeologia.

V. Geodinâmica interna

Entre os diversos aspectos que caracterizam a área, dois são de especial importância: os fenômenos sísmicos e vulcânicos. Em regiões por eles afetadas, principalmente o primeiro, os estudos geológico-geotécnicos tem por finalidade o estabelecimento de zonas afetadas de modos diferentes pelo evento, levando em conta as características particulares do meio, especialmente as tectônicas.

VI. Os materiais

A localização e a extensão dos jazimentos de material de construção e de áreas de material de empréstimo são fatores importantes dentro de um levantamento de uma região com finalidades de planejamento ou de geotécnica. Caso estes materiais sejam submetidos a ensaios de caracterização e as respectivas especificações sejam plotadas em mapa, este poderá ser considerado como uma carta de aptidão.

VII. Modificações do meio natural causadas pelo homem

A ação antrópica, como já enfatizado anteriormente, é fator de maneira alguma negligenciável em estudos de utilização racional do meio físico. Suas expressões mais danosas, além da poluição em todos os níveis, acham-se manifestadas através da instabilidade de taludes (cortes e aterros), variações do lençol freático, processos de erosão acelerada (boçorocas, por exemplo), e outras. Sua cartografia presta-

-se a retirada de informes no sentido de minimizar seus efeitos em áreas já atacadas e sua prevenção em locais ainda não tocados.

4.3.3. CARTAS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS MAIS COMUNS

Entre os documentos citados, os que são mais frequentemente elaborados e utilizados são:

a. Carta de Documentação ou Carta Base

b. Cartas de Fatores

   b.1. Carta do Substrato Geológico

   b.2. Carta de Formações Superficiais

   b.3. Carta Hidrogeológica

   b.4. Carta Geomorfológica

c. Cartas de Aptidão ou Cartas Sintéticas

   c.1. Carta de Aptidão à Fundações

   c.2. Carta de Materiais

   c.3. Zoneamento Geotécnico

4.4. MÉTODO DA SUPERPOSIÇÃO

A metodologia da superposição de cartas propostas por MCHARG (1969), semelhante às duas anteriormente discutidas, difere delas no tocante à elaboração do mapa final, que seria obtido pela sobreposição de mapas transparentes de vários fatores, determinando zonas mais adequadas para usos específicos.

Duas limitações existem para o método:

1. É extremamente caro e trabalhoso;

2. O usuário deve ter boa formação geológica para compreender o significado da superposição dos mapas, sem o que

a interpretação fica comprometida.

4.5. CARTOGRAFIA AUTOMÁTICA

O método de MCHARG (*op. cit.*) aplicado por computadores elimina os problemas acima citados em grande parte, associando a êle as qualidades naturais de precisão e rapidez no processamento dos dados.

Trata-se de uma sistemática de trabalho que se acha em franco progresso em todos os centros de pesquisa em mapeamento geológico-geotécnico pelas facilidades que apresenta.

A cartografia geológico-geotécnica, no dizer de MATULA (1973) é e será o método fundamental para investigação em Geologia Ambiental e Geologia de Áreas Urbanas. É necessário, pois, desenvolver a técnica tanto em sua parte prática como em suas bases teóricas, onde os seus três estágios fundamentais — coleta, processamento e apresentação das informações — são igualmente importantes e merecedores de estudos aprofundados para sua melhor caracterização.

PARTE II

CONDICIONAMENTOS GEOLÓGICOS E O PLANEJAMENTO URBANO EM RIBEIRÃO PRÊTO, SP.

II.1. GENERALIDADES

Já a algum tempo existe o interesse do autor pelos problemas da Geologia Ambiental e da Geologia de Áreas Urbanas, mais especificamente. Com o atual desvirtuamento das idéias iniciais que nortearam o aparecimento e a afirmação dessa nova área das ciências ambientais, surgiu a idéia da elaboração de um trabalho que representasse uma retomada do caminho, através de uma série de considerações de caráter teórico e da aplicação prática dos conceitos assim reformulados à problemática do uso do espaço físico disponível a ser ocupado por um aglomerado urbano.

A área escolhida para esse teste foi a cidade de Ribeirão Prêto, estado de São Paulo, limitada pelo seu anel viário, teoricamente o espaço físico disponível para ocupação urbana até o ano 2000. Essa escolha foi motivada, a princípio, pela preocupação das autoridades municipais com os problemas relativos à poluição do aquífero subterrâneo, pois a cidade tem seu abastecimento de água dependente, na sua totalidade, das reservas do sub-solo. Essa peculiaridade chamou a atenção do autor, tendo, após estudos preliminares, surgido outras características que acabaram por indicar a área como de grande interesse para um estudo do tipo a ser realizado. Entre esses caractéres, podem ser destacados:

1. Situação geológico-estrutural bastante interessante,

havendo variação no tipo de substrato rochoso em pequena área, associada à tectônica de atuação marcante em toda a região.

2. A cidade de Ribeirão Preto é um dos polos de desenvolvimento econômico-social mais importantes do estado de São Paulo na atualidade, justificando-se a preocupação com o uso do subtrato geológico disponível para que não haja o agravamento de uma série de problemas já sentidos e o aparecimento de outros.

3. O grande crescimento urbano verificado pelos últimos recenseamentos, onde incrementos de até 100% a cada dez anos são notados.

4. Interesse demonstrado pela população local frente aos problemas de poluição ambiental.

5. Facilidade de obtenção de dados geológicos e geotécnicos em quantidade suficiente para permitir a realização das várias cartas de fatores e aptidão.

Estabelecida a problemática local e ordenadas as diretrizes para atacá-la, foi possível a elaboração de um zoneamento que representa uma tentativa de orientar e fornecer subsídios para o uso do meio físico segundo suas características próprias.

As próximas páginas procuram demonstrar a sequência dinâmica acima exposta.

II.2. ASPECTOS FISIOGRÁFICOS REGIONAIS

2.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA E ASPECTOS GERAIS

A área em apreço acha-se situada a NNE do estado de São Paulo e está contida entre as coordenadas de 21°07' e 21°13' de latitude Sul e 47°45' e 47°51' de longitude W Gr, abrangendo parte do município de Ribeirão Prêto. Sua área total é de 104,5 km^2, totalmente delimitadas pelo anel viário da cidade.

A sede municipal localiza-se a 21°10'42"S e 47°48'24" W Gr, em um planalto de 518 m de altitude média. No censo de 1970, a cidade contava 197.045 habitantes, estimados hoje em cerca de 300.000. O município, cuja área é de 1057 km^2, pertence à microregião do mesmo nome e possuia, em 1970, 212.300 hab, acusando a densidade demográfica de 200,9 hab./km^2.

A Figura 2 posiciona a área estudada em relação ao Estado de São Paulo e ao município de Ribeirão Prêto.

2.2. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

A região é caracterizada por ser parte integrante da Província Geomorfológica das Cuestas Basálticas (ALMEIDA, 1964), o que vale dizer, por comparação, sub-região Alto Pla

MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA FIGURA-2

nalto, segundo MONBEIG (1954). Representa, pois, a borda de um extenso planalto que se estende para oeste, com suave inclinação, em direção ao rio Paranã, constituindo a grande expressão morfológica do Planalto Ocidental Paulista (Figura 3).

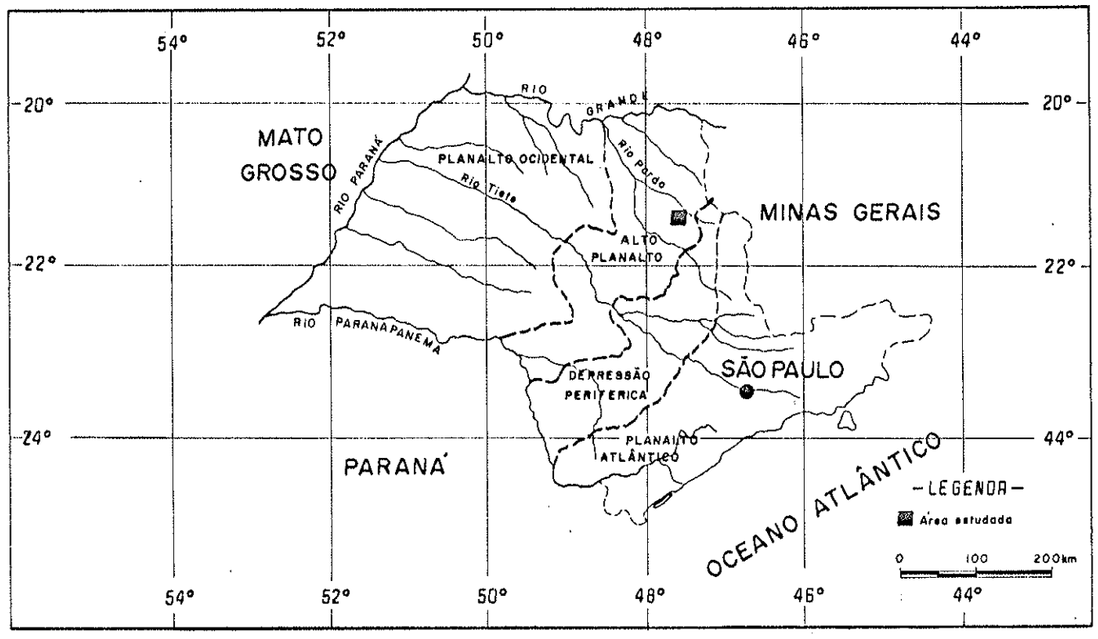
O relêvo de "cuestas" é elemento de grande importância na caracterização geomorfológica, pois é o traço de separação entre duas grandes Províncias, o Planalto Ocidental e a Depressão Periférica, representadas, respectivamente, pelas formações de idade mesozóica e pelas camadas paleozóicas decimidas.

À semelhança do que é comum a toda a região, a feição que domina todo o relêvo na área é a presença de grandes testemunhos tabuliformes sobressaindo em meio a uma superfície ondulada suave. Estes testemunhos se distribuem em forma de elevações isoladas ou ainda como plataformas interfluviais amplas e contínuas, reflexo do entalhamento imposto ao terreno pelos tres principais rios da região e seus respectivos afluentes.

O sítio urbano de Ribeirão Prêto acha-se localizado em uma espécie de depressão ou bacia, com altitudes variando de 500 a 650 m, e que aumentam rapidamente para SE (município de Cravinhos), atingindo até 900 m. SETZER (1954) define essas formas de relevo como "mesas de topo irregular com morros e morrotes", definição esta perfeitamente aceitável e adequada, facilmente notada no Mapa Clinométrico apresentado neste trabalho, em que pese a ação antrópica largamente manifestada.

2.3. ASPECTOS HIDROGRÁFICOS

Os principais cursos de água da região são os rios Mogi, Sapucaí e Pardo, este último de especial interêsse, tendo em vista que a área estudada acha-se localizada em terrenos de sua bacia hidrográfica.



POSIÇÃO DA ÁREA ESTUDADA EM RELAÇÃO ÀS PROVÍNCIAS GEOMORFOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. (modificado de ALMEIDA, 1.964 in GONÇALVES, 1.978).

Des. L. Calligaris Netto

FIGURA – 3

Fato que chama a atenção desde logo ao ser observado o mapa de drenagem da região (SINELLI, 1971), é a retilinidade por longos trechos dos principais rios e seus afluentes, revelando marcante controle estrutural, o que é sobejamente confirmado pelos mapas geológico-estruturais da área (SINELLI, 1970 e 1971; WERNICK e SINELLI, 1970; SOARES *et al.*, 1973) e pelo apresentado neste trabalho.

Das plataformas interfluviais já citadas, a de maior interêsse é aquela que passa por Cravinhos e Bonfim Paulista, a SSE da área estudada, que pode ser situada como um espigão divisor, de direção NW, em cujas vertentes mais acentuadas, a N, localizam-se as cabeceiras dos afluentes do Rio Pardo (GONÇALVES, 1978). A rede de drenagem é mais densa em sua porção inicial, com cabeceiras e encostas mais abruptas. Alguns dos cursos menores apresentam planícies de inundação relativamente amplas e grandes.

O sítio urbano de Ribeirão Prêto, área objeto do presente trabalho, é cortado por alguns dos componentes da bacia do Rio Pardo, sendo o principal deles o ribeirão Prêto e seus afluentes (córrego da Serrana, córrego Monte Alegre, córrego do Retiro Saudoso e córrego Tanquinho), alguns dos quais canalizados, total ou parcialmente, principalmente dentro do perímetro urbano.

2.4. ASPECTOS CLIMÁTICOS

O levantamento mais recente dos elementos térmicos e hídricos para a região de Ribeirão Prêto foi realizado em 1974 pela Seção de Climatologia Agrícola do Instituto Agronômico de Campinas, para a elaboração do Zoneamento Agrícola do Estado, de onde foram extraídos os dados aqui apresentados.

A Tabela 2 e a Figura 4 apresentam, respectivamente, as médias mensais de temperatura, precipitação e balanço hídrico e o balanço anual da precipitação e da evapotranspiração

RIBEIRÃO PRETO S.P.		LAT. 21° 11' S LONG. 47°43' W	
MESES	TEMPERATURA MÉDIA	PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA	BALANÇO HÍDRICO
	°C	mm	mm
JANEIRO	23,3	283	+ 166
FEVEREIRO	23,3	216	+ 114
MARÇO	22,9	169	+ 65
ABRIL	21,3	61	− 1
MAIO	19,2	45	− 3
JUNHO	18,2	24	− 7
JULHO	18,3	17	− 17
AGOSTO	20,5	15	− 37
SETEMBRO	22,6	40	− 43
OUTUBRO	23,0	130	0
NOVEMBRO	23,2	162	0
DEZEMBRO	23,2	254	+ 114
ANO	21,6	1.416	+ 459 − 108

Tabela-2 Dados mensais da temperatura média do ar, da precipitação pluviométrica e dos balanços hídricos em 125mm de profundidade do solo - Região de Ribeirão Preto, S.P. (modificado de GONÇALVES, 1.978).

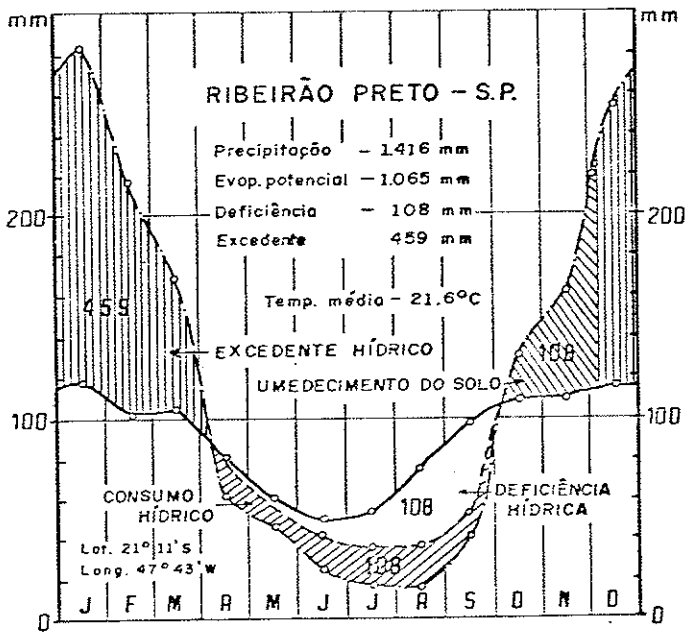


Figura-4 Curso anual da precipitação e da evapotranspiração potencial mensais e disponibilidades normais de água no solo da Região de Ribeirão Preto. (modificado de GONÇALVES, 1.978).

potencial, calculados para a região, segundo a metodologia de THORNTHWAITE, 1948 e THORNTHWAITE and MATHER, 1955, pelo levantamento executado pelo I.A.C. (*in* COMISSÃO DE ZONEAMENTO AGRÍCOLA DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1974).

Os dados obtidos permitem classificar o clima da região de Ribeirão Prêto, como do tipo A_W, segundo a escala internacional de KÖPPEN (*in* GONÇALVES, 1978), assim definido: Clima tropical úmido, bem marcado sazonalmente por uma estação de verão quente e chuvosa (temperaturas superiores a 23°C e mais de 250 mm de precipitação no mês mais quente), e uma estação de inverno, sêca e amena (temperaturas nunca inferiores a 18°C e precipitação inferior a 30 mm no mês mais frio). O índice pluviométrico anual deste tipo climático apresenta amplitude de 1100 a 1400 mm.

2.5. ASPECTOS DA VEGETAÇÃO

A devastação levada a cabo pelo homem em sua busca desenfreada de recursos naturais de todo o tipo, fez com que fosse totalmente exterminada a densa floresta latifoliada tropical, que antigamente recobria extensas áreas do Alto Planalto Paulista, dando lugar ao aparecimento, em áreas esparsas, de uma mata secundária, muito menos densa e mais pobre em espécies.

Um outro tipo de vegetação original, associada sempre a solos de fertilidade mais baixa, é a do campo cerrado, caracterizada pela uniformidade de seus componentes, plantas pequenas, com caules e galhos retorcidos, casca espessa e folhas grandes e grossas, associadas principalmente a gramíneas.

A maior parte da área hoje, acha-se transformada em campos cultivados ou áreas de pastagem. O café, plantado de maneira irracional e predatória, foi o grande responsável pela explosão populacional e pelo desenvolvimento econômico da região, bem como pela degradação e rápido esgotamento dos so

los cultiváveis. Nos dias atuais, seu plantio foi substituido pelo da cana de açucar e da soja, culturas menos exigentes e mais rentáveis a curto prazo.

Quanto às áreas de pastagem, são constituidas por gramíneas de vários tipos, especialmente capim gordura, jaraguá e colonião, para a engorda de já expressivo rebanho bovino destinado, principalmente, ao corte e, em menor escala, à produção de leite.

2.6. ASPECTOS PEDOLÓGICOS

Segundo a classificação adotada pela Comissão Nacional de Solos (C.N.S., 1960) os solos derivados das rochas da região de Ribeirão Prêto, pertencem a duas unidades principais: Latossolo Roxo (ou Solos com Horizonte B Latossólico ou ainda Terra Roxa Legítima) e Solos com Horizonte B Textural (ou Terra Roxa Estruturada).

O termo "latossol" foi apresentado por KELLOG (1950 *in* GONÇALVES, 1978) e vem sendo utilizado para a designação desse tipo característico de solos (BENNEMA *et al.*, 1959 e MONIZ, 1972 *in* GONÇALVES, 1978), sendo correspondente aos solos ferralíticos da Classificação Francesa de 1967 e aos oxisolos da Classificação Pedológica Norte Americana (U.S.D.A. 7ª aproximação, 1960 e 1967).

Já a Terra Roxa Estruturada, apresenta maior grau de dificuldade quanto ao enquadramento nas classificações acima citadas, porém seria melhor encaixada entre os solos fersialíticos (Classificação Francesa) e entre os alfisolos e/ou ultisolos (Classificação Americana).

Outro tipo de solo cartografado na região (GONÇALVES, *op. cit.*) são os solos pouco desenvolvidos. Suas características principais são: a não existência de um perfil completo; a pequena espessura; a semelhança com o material de origem; a brusca transição entre o horizonte A, superficial, e o

substrato rochoso; e a posição em áreas de relêvo mais acentuado.

2.7. ASPECTOS HISTÓRICOS E SÓCIO-ECONÔMICOS

A região de Ribeirão Prêto já era conhecida desde a primeira metade do século XVIII e foi ocupada no século XIX por criadores de gado, vindos de Minas Gerais. A fundação do núcleo, porêm, foi consequência do avanço da frente pioneira do café e se deu a 19 de junho de 1856. O aglomerado foi criado como patrimônio leigo, no vale do pequeno ribeirão Prêto, afluente do rio Pardo.

Situada sobre a maior ocorrência de terra roxa do Planalto Paulista, Ribeirão Prêto conheceu acelerado desenvolvimento durante o surto do café, iniciado nas três últimas décadas do século passado. Em 1870 era freguesia e sede de distrito; em abril de 1871, passou a vila e a sede de município; em abril de 1889 era elevada à categoria de cidade e, em 1892, tornou-se sede de comarca.

Centro de uma região que oferecia condições ideais para a grande lavoura cafeeira, afluiu para lá expressiva corrente migratória. Anos mais tarde, com a retração no plantio do café, desenvolveu-se no município a lavoura da cana de açucar.

Ribeirão Prêto é hoje um grande polo açucareiro, importante nó rodo-ferroviário, além de centro regional médico-hospitalar, industrial, comercial, educacional e cultural.

II.3. GEOLOGIA REGIONAL

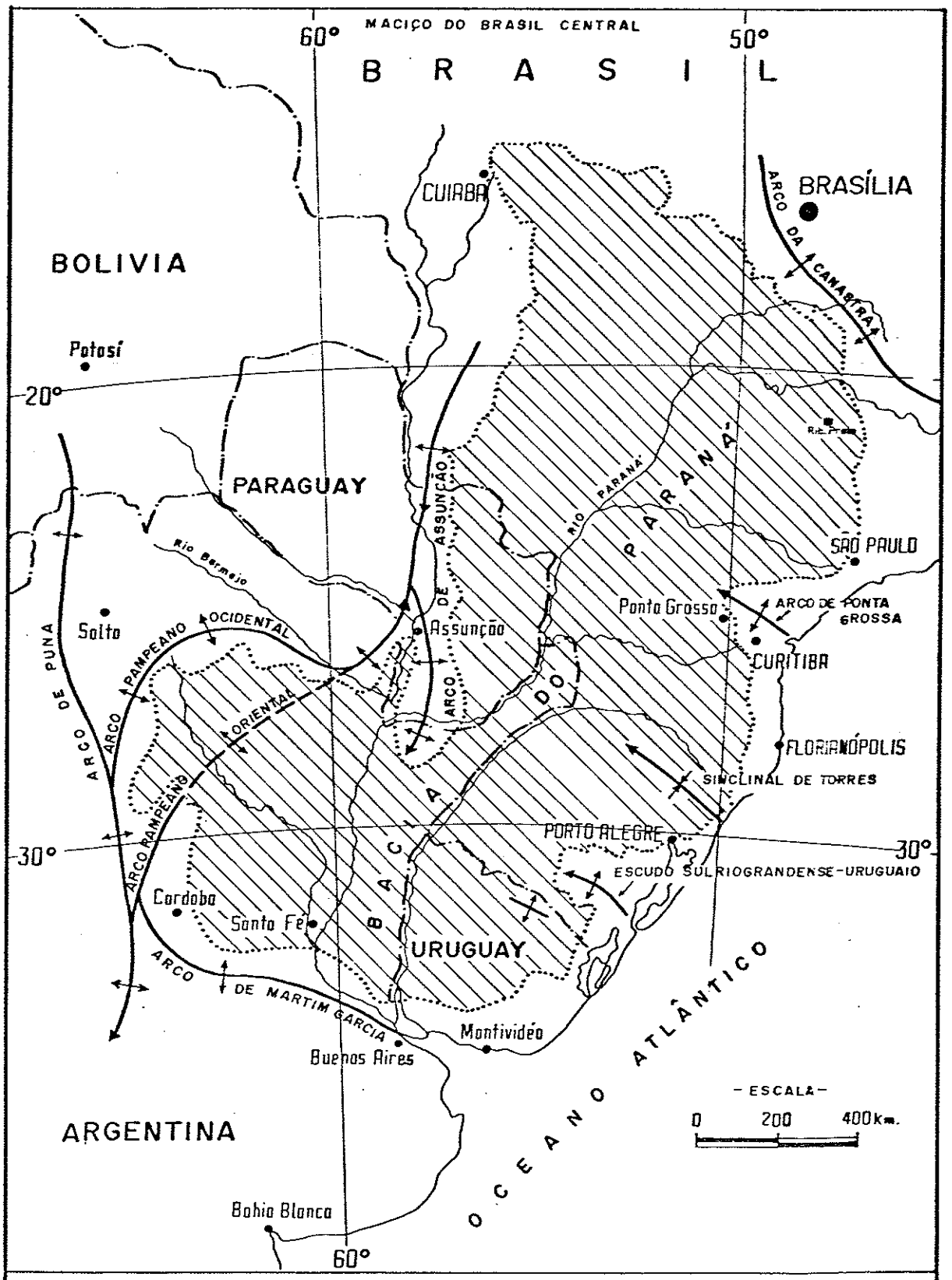
3.1. GENERALIDADES

A região estudada é parte integrante do contexto geológico da porção Nordeste da grande Bacia Sedimentar do Paraná (Figura 5), caracterizada especialmente por seu caráter marginal e suas implicações principais, quais sejam: (1) subsidência mais lenta comparada à experimentada pelas regiões mais próximas ao centro da bacia; e (2) processos erosivos mais atuantes.

Acham-se representadas nessa ampla região as Formações Aquidauana, Tatuí, Estrada Nova, Pirambóia, Botucatu, Serra Geral, Bauru, sedimentos de idade Cenozóica e grandes "sills" de diabásio, estes últimos orientados preferencialmente segundo a direção aproximada N-S.

3.2. O EMBASAMENTO CRISTALINO PRÉ-CAMBRIANO

Constituindo o arcabouço de sustentação das rochas sedimentares da bacia do Paraná, o Embasamento Cristalino de idade pré-cambriana é representado regionalmente por rochas do Grupo Araxá, sendo mais representativos os muscovita-xistos, granada-anfibolitos, anfibolitos e quartzitos.



SITUAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA NO CONTEXTO ESTRUTURAL DA BACIA SEDIMENTAR DO PARANÁ. (Segundo FÚLFARO, 1.971).

FIGURA - 5

Des.L.Calligaris Netto.

De difícil definição, face ao pequeno número de afloramentos disponíveis na região, sua história geológica é bastante complexa, com vários ciclos metamórficos superimpostos, associados a ruptura intensa e grande número de intrusões.

3.3. FORMAÇÕES PALEOZÓICAS

3.3.1. FORMAÇÃO AQUIDAUANA

De idade Permo-carbonífera (Csup.-Pinf.), a Formação Aquidauana acha-se representada na porção NE da Bacia do Paraná principalmente por arenitos de granulação grosseira a muito fina, com matriz argilosa, comumente marrom-avermelhados. Arenitos conglomeráticos, com seixos de quartzito e quartzo e diamictitos, com fração seixo dominante e constituida principalmente por material de composição granítica, quartzítica e de rochas metamórficas de vários tipos, são encontrados subsidiariamente.

Sua espessura máxima na área não ultrapassa os 300 m e sua faixa de ocorrência em superfície atinge um máximo de 20 a 25 km de largura, com média de 5 a 10 km (SOARES *et al.*, 1973).

Os sedimentos da Formação Aquidauana são de origem continental, predominantemente fluvio-glacial, sendo os primeiros mais encontradiços na área em questão.

3.3.2. FORMAÇÃO TATUÍ

Conforme redefinida por SOARES (1972), a Formação Tatuí refere-se a um pacote de siltitos arenosos, arenitos e camadas de silex, com cores arroxeadas no membro inferior e amarelo-esverdeadas no superior, assentado discordantemente sobre a Formação Aquidauana ou Formação Itararé.

Na área, sua faixa de afloramentos é relativamente pequena e pouco espessa, sendo caracterizada por um pacote de siltitos arenosos marrom-arroxeados (membro inferior) com raras intercalações de arenitos finos amarelados.

Sua idade e origem são controvertidas. SOARES (1972), por correlações com os ambientes das Formações Rio do Rasto e Palermo (estado do Paraná), associa sua deposição às planícies costeiras do início do ciclo pós-glacial e lhe atribui idade Permiana média a superior.

3.3.3. FORMAÇÃO ESTRADA NOVA

Segundo SOARES e LANDIM (1973), a Formação Estrada Nova ocorre na região com pequena expressão em área e espessura, não atingindo sequer 80 m nos locais mais representativos. Seu contato com a Formação Tatuí se processa de maneira discordante.

Trata-se de uma unidade com idade provável do Permiano superior (DAEMON e QUADROS, 1970 *in* SOARES, 1973), constituida por arenitos, siltitos e folhelhos rosa-violáceos, resultantes da deposição em ambiente lagunar e de praia.

3.4. FORMAÇÕES MESOZÓICAS

3.4.1. FORMAÇÃO PIRAMBÓIA

De grande expressão em área e com espessuras de até mais de 100 m, a Formação Pirambóia (SOARES, 1973) é caracterizada por seus arenitos argilosos de granulação média a muito fina, de composição quartzosa, esbranquiçados e avermelhados, acamados plano-paralelamente ou com estratificações cruzadas, normalmente planares de pequeno e médio porte.

Suas relações de contato com as Formações Estrada Nova

e Aquidauana são de difícil caracterização pela presença de enorme "sill" de diabásio nesta posição. Do mesmo modo, seu contato com a Formação Botucatu é dificilmente visualizado no campo, por se encontrar encoberto face à posição geográfica, ao pé de "cuestas" e "mesas", que caracterizam o relêvo regional.

Sua idade provável é atribuida ao Triássico inferior - Jurássico superior e seu ambiente de deposição seria fluvial de rios meandrantes.

3.4.2. FORMAÇÃO BOTUCATU (S.S.)

Conforme redefinido por SOARES (1973), a Formação Botucatu constitui uma unidade genética de ambiente desértico, correspondendo ao significado original utilizado desde a elaboração da Carta Geológica de 1927, e também por WASHBURNE (1930) e ALMEIDA e BARBOSA (1953).

A Formação Botucatu (s.s.) é constituida de arenitos de granulação fina a média, com teores de argila variáveis e baixos. Localmente ocorrem arenitos conglomeráticos na porção basal. Em grande parte da área a porção superior destes arenitos acha-se cimentada por material silicoso. Estratificações cruzadas planares de grande porte são comuns, sempre tangenciais na base.

A espessura média da Formação Botucatu em sua expressiva, embora irregular, faixa de ocorrência, é de 60 metros. Existe certa dificuldade para a delimitação dessa faixa, uma vez que (1) existe grande número de "sills" dentro do arenito Botucatu, causando problemas na diferenciação dos derrames sobrejacentes da Formação Serra Geral e dos corpos tabulares intrusivos; (2) presença de grandes corpos de arenito inter-derrames; e, (3) os contatos, como já descrito, acham-se encobertos por material coluvial, face a sua situação geográfica.

Sua origem é estritamente desértica, tendo sido deposi-

tada pelo vento, formando grandes campos de dunas. Por se achar interdigitada com os derrames da Formação Serra Geral, seu evento de deposição deve estar situado entre o Jurássico Superior e o Cretáceo Inferior.

3.4.3. FORMAÇÃO SERRA GERAL

São agrupados sob essa designação os derrames basálticos bem como os arenitos eólicos interderrames de idade Juro-Cretácea (Js-Ki).

Com grande expressão em área e espessura, esses basaltos toleíticos acham-se intimamente associados a corpos intrusivos, dos quais nem sempre são diferenciáveis.

3.4.4. FORMAÇÃO BAURU

Constituida por arenitos silto-argilosos de coloração marrom-avermelhada, com raros níveis argilosos, a Formação Bauru ocorre na área com espessura máxima da ordem de 40 metros. De identificação por vezes difícil, por ser facilmente confundida com os sedimentos Cenozóicos sobrejacentes, sua origem prende-se a depósitos fluviais e lacustres de idade neocretácea, o que é corroborado pela fauna reptiliana encontrada e estudada.

Seu contato, em discordância erosiva, com a Formação Serra Geral, é caracterizado pela existência de um conglomerado basal com seixos de basalto e arenito e, por vezes, um regolito fóssil na base do basalto.

3.5. DEPÓSITOS DE IDADE CENOZÓICA

De importância bastante grande tanto geológica como geotécnica para a região pela extensão de seus depósitos, esses

materiais podem ser subdivididos, segundo SOARES *et al.* (1973) em:

3.5.1. DEPÓSITOS TERCIÁRIOS

São assim classificados os depósitos arenosos amarelo-avermelhados, com camadas de argila, por vezes fossilíferos, apresentando estruturas sedimentares rudimentares. São caracterizados pela cascalheira que lhes é sobreposta, de ocorrência regional, pouco espessa e limonitizada.

Sua ocorrência é quase que restrita às maiores elevações (acima dos 900 metros) e tem, via de regra, por embasamento, os arenitos da Formação Bauru, dos quais nem sempre se diferenciam com facilidade no campo.

3.5.2. DEPÓSITOS QUATERNÁRIOS

São enquadrados sob esta designação dois diferentes tipos de depósitos presentes na região, a saber:

a. Materiais sedimentares formados por deposição acumulativa de detritos na base de encostas, sob regime torrencial. São, geralmente, areias, com níveis de cascalho intercalados, contendo também seixos de basalto e arenito parcialmente limonitizados. Ocupam vários níveis entre os 700 e 900 metros e se acham hoje em fase erosiva.

b. Terraços associados aos principais rios. São formados por areias, por vezes apresentando cascalheiras basais, normalmente retrabalhamento dos sedimentos mesozóicos e cenozóicos. Sua ocorrência principal é relatada no vale do Rio Pardo, próximo à cidade de Ribeirão Prêto, área objeto deste trabalho.

A origem provável destes depósitos é atribuida à dificuldade de rebaixamento do nível de base, bem como do alongamento do rio por erosão remontante, em áreas de basalto. Com

o posterior basculamento da região para W, o gradiente dos rios foi elevado e estes passaram a reentalhar seus próprios depósitos (SOARES *et al.*, 1973).

3.6. ROCHAS INTRUSIVAS

Na região aqui caracterizada geologicamente, são comuns as rochas ígneas intrusivas de caráter concordante, não sendo cartografados ou descritos grandes diques.

Vários dos "sills" assim descritos na área por vários autores (Borda da Mata, Serrana e outros), são por vezes confundidos com os basaltos, principalmente por seu porte em área e espessura.

Fica registrada aqui uma sugestão para um estudo sistemático desse problema, o que viria sanar as dúvidas que ainda da pairam sobre o conhecimento geológico, petrológico e estrutural da região.

3.7. TRAÇOS TECTÔNICOS REGIONAIS

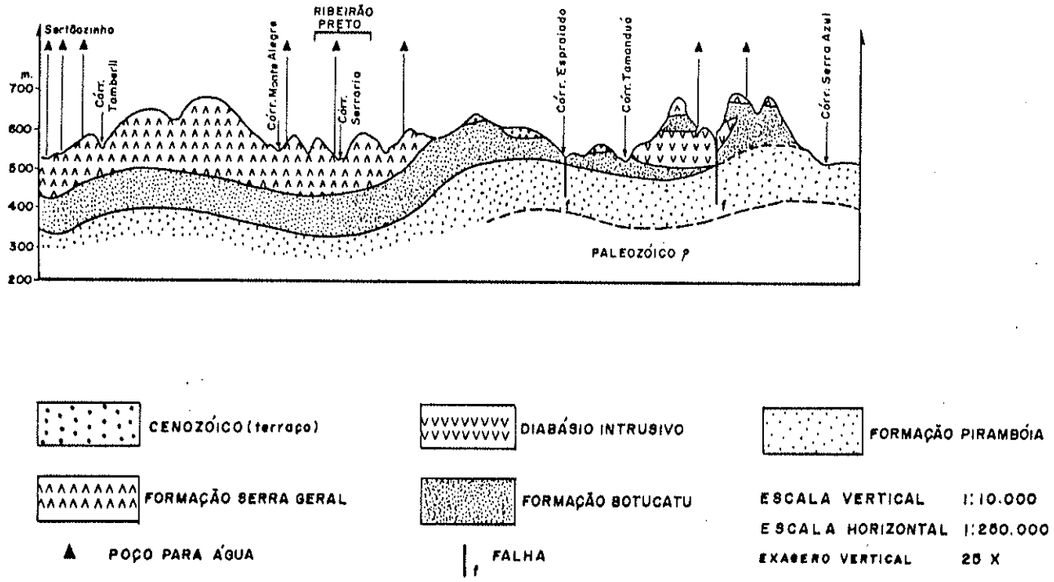
Os grandes traços estruturais da região NE do estado de São Paulo são relativamente simples, obedecendo a forma geral de uma estrutura monoclinal, com mergulhos ao redor de 1/2 grau para W, localmente alterada por arqueamentos, intrusões e lineamentos, representando falhas e fraturas.

Esses falhamentos são de caráter normal e rejeitos pequenos, sendo atribuidos por SOARES *et al.* (1973) ao ajustamento de blocos proveniente da fragmentação do embasamento. Sua orientação preferencial é NW, existindo áreas onde sua ocorrência é particularmente comum (próximo à São Simão, Cajuru, Santo Antonio da Alegria e São Sebastião do Paraíso, especialmente).

Os sedimentos do Grupo Bauru e os depósitos de idade Cenozóica acham-se pouco afetados por tectonismo, o que evi

dência certa calma tectônica em tempos mais recentes, enquanto que áreas de deposição pré-Bauru acham-se mais afetadas, principalmente à época do magmatismo básico.

Nas proximidades de Ribeirão Prêto os falhamentos, sempre com orientação preferencial NW, acham-se associados a dobras tipo flexura, bastante suaves, domos e bacias estruturais. De particular interesse para este trabalho, destaca-se a bacia de Ribeirão Prêto, estudada por SINELLI (1971) e evidenciada pelo perfil Serrana-Ribeirão Prêto-Sertãozinho (Figura 6) aqui apresentado.



PERFIL GEOLÓGICO SERRANA - RIBEIRÃO PRETO - SERTÃOZINHO. (Segundo SOARES et al., 1973).

FIGURA – 6

II.4. AS CARTAS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS

O termo carta geológico-geotécnica ou, simplesmente, carta geotécnica, é genérico e usado atualmente para designar um documento complexo, devendo agrupar um certo número de dados geológicos e técnicos sobre uma região. São, portanto, documentos de trabalho que visam definir constantes do ponto de vista das condições geológicas, das propriedades técnicas dos solos e dos setores construtivos.

O seu objetivo fundamental é o de possibilitar a seleção de áreas mais viáveis para a passagem de uma estrada, para a implantação de distritos industriais, locais para a instalação de lagoas de oxidação de resíduos urbanos, e outros. Todos os autores parecem estar de acordo sobre um ponto fundamental: uma carta deste tipo não deve e não pode, sob qualquer hipótese, dispensar o projetista de efetuar uma campanha de detalhamento no local de implantação da obra.

4.1. METODOLOGIA DE OBTENÇÃO

O objetivo principal que norteou toda a realização deste trabalho foi o da obtenção de dados geológico-geotécnicos para subsidiarem a orientação do desenvolvimento urbano de Ribeirão Prêto, de forma a estabelecer o equilíbrio homem-ambiente geológico. O caminhamento adotado para a obtenção

das cartas que são apresentadas a seguir foi o convencional, respeitadas as peculiaridades de cada caso.

O mapa base, na escala 1:20.000, foi obtido a partir da conjugação de dados existentes em cartas da Prefeitura Municipal de Ribeirão Prêto (Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado - P.D.D.I.-), na escala adotada como padrão, e no mapa do I.B.G.E., folha de Ribeirão Prêto, na escala 1:50.000, devidamente ampliado e cuja equidistância das curvas de nível existentes foi diminuida para 10 metros, pelo método da interpolação.

A escala de 1:20.000 foi adotada como padrão face a existência de um documento oficial já expresso nessa escala (P.D.D.I.), facilitando a obtenção de dados e propiciando maior facilidade nas comparações, além de estar perfeitamente de acordo com a proposição inicial do trabalho, qual seja, a de produzir uma carta de recomendações da geologia para fins de ocupação de área urbana (capítulo I.4 - ítem 4.3.1.).

A metodologia empregada na elaboração das várias cartas geológico-geotécnicas foi a de, para cada caso específico, ou seja, mapa geológico e mapa de materiais de cobertura, estabelecer um esboço em primeira tentativa, baseado em dados extraídos das fotografias aéreas, segundo os critérios foto interpretativos apresentados por LUEDER (1959) e SOARES e FIORI (1976). Para isto, foram utilizadas fotos aéreas de boa qualidade, na escala 1:25.000, do I.B.C.-G.E.R.C.A., do levantamento executado em 1972, num total de 52 fotos, distribuidas em 6 faixas de vôo. Os dados obtidos foram, a seguir, transferidos para as folhas-base, com o auxílio de um Aero-Sketchmaster Zeiss, constituindo um documento inicial para os trabalhos de campo.

A campanha de contrôle de campo foi desenvolvida segundo os moldes convencionais, com levantamento de pontos diversos com altímetro, odômetro e bússola, onde foram relacionados aspectos ligados à geologia e coberturas, além de observações de caráter geomorfológico, de inclinação e estabilidade natural dos terrenos, e de aspectos urbanísticos gerais

(tipos de construção, arruamento, praças, retificação e canalização de córregos, entre outros).

Associados aos dados de campo, foram coletados junto a empresas de engenharia diversos tipos de informações, incluindo dados geológicos, geotécnicos, estratigráficos e hidrogeológicos que, após triados e associados à literatura existente sobre a área, forneceram ao autor os subsídios necessários à elaboração das cartas de documentação e de fatores.

As cartas de aptidão foram obtidas através da conjugação de fatores e dados de várias origens, segundo os critérios estabelecidos por CASAGRANDE (1948 *in* VARGAS, 1978), SANEJOUAND (1972), HOFMANN (1976) e ROBERTS (1977) e o documento final, a carta de recomendação da geologia para o uso racional do espaço destinado a urbanização, foi extraído a partir das conclusões permitidas pela superposição das cartas de aptidão.

Devido às características especiais inerentes a cada um dos mapas, principalmente às cartas finais (aptidão e recomendativa), é praticamente impossível uma abordagem mais específica sobre a metodologia de trabalho e esses aspectos mais característicos serão levantados e discutidos quando da descrição de cada uma delas.

4.2. A CARTA DE DOCUMENTAÇÃO

A carta de documentação, ou carta base, indica o grau de conhecimento geológico-geotécnico de uma determinada área em estudo. Nesse sentido, todas as informações disponíveis e passíveis de serem cartografadas devem dela constar.

Na Carta de Documentação apresentada neste trabalho (MAPA I - anexo -) o autor procura situar a área urbana de Ribeirão Prêto frente aos estudos geológicos e geotécnicos já realizados na região, publicados ou não, na busca de subsídios para a orientação do desenvolvimento urbano em harmonia com o meio físico.

O mapa contém 73 pontos de observações geológicas realizadas em trabalho de campo, além da localização de 63 poços profundos da rede de abastecimento de água da cidade, a maioria dos quais com dados diversos como nível estático, cota do topo do arenito Botucatu, vazão e análises químicas (SINELLI, 1970), pertencentes ao Departamento de Águas e Esgotos de Ribeirão Preto (DAERP) - Tabela 3 -.

Acham-se ainda plotados 305 pontos de amostragem e ensaios geotécnicos de caracterização de materiais de cobertura (granulometria, Limites de Atterberg, Compactação Normal e S.P.T.), obtidos junto aos Laboratórios de Solos do Departamento de Estradas de Rodagem (D.E.R.) do Governo de São Paulo, e da Pentágono Ltda, empresa particular estabelecida na cidade de Ribeirão Prêto (Tabela 4).

Dessa carta também consta um levantamento estatístico do uso atual do terreno para fins urbanos, utilizando para isto a malha quadrada de 2 km de lado do mapa original (P.D.D.I.). A finalidade desse levantamento é a de oferecer uma visão geral do crescimento urbano e suas tendências. O tipo de representação escolhida para estes dados foi o do diagrama circular, inserido aproximadamente ao centro da malha adotada.

Além de se constituir no elemento fundamental da cartografia geológico-geotécnica para fins de planejamento urbano, a carta base é de extrema importância no estabelecimento de um banco de dados, hoje necessidade imperiosa em qualquer área do conhecimento humano, função tanto do tempo e do esforço economizado pelo armazenamento mecânico de informações, como da facilidade de acesso, uma de suas principais características.

NÚMERO DO POÇO	COTA (m)	ESP. BASALTO (m)	ESP. PERF. ARENITO (m)	NÍVEL ESTÁTICO (m)	VAZÃO L/h	$Si\ O_2$ mg/L	RESÍDUO SÊCO mg/L
01	528	83	39	26	194.000	27,10	63
02	524	—	80	25	72.000	10,80	55
03	522	93	3	0,5	?	32,40	192
04	523	93	3	0,5	90.000	33,30	"
05	523	80	11	1,0	40.000	"	194
06	525	?	?	?	?	27,10	92
07	543	—	132	19	25.000	13,00	22
08	547	110	10	28	34.000	29,80	190
09	541	?	?	?	?	26,00	100
10	580	164	36	64	60.000	27,60	124
11	580	?	?	?	?	23,70	"
12	585	?	?	?	?	23,20	"
13	525	?	?	?	?	"	128
14	570	90	30	?	?	35,60	104
15	533	?	?	11	16.000	26,00	70
16	560	90	?	60	?	27,10	75
17	555	90	20	65	50.000	24,30	72
18	530	75	5	20	80.000	27,10	48
19	532	83	4	24	80.000	28,20	"
20	555	95	25	61	50.000	27,70	74
21	535	102	22	?	?	30,40	77
22	536	?	?	?	?	29,40	120
23	517	84	5	?	?	25 40	100
24	552	82	14	45	?	32,00	85
25	560	132	10	7	?	30,40	94
26	554	81	24	48	72.000	28,20	85
27	565	131	8	?	40.000	24,80	70
28	522	93	3	0,5	220.000	33,30	61
29	539	98	2	32	110.000	24,30	104
30	548	97	1	—	60.000	23,70	84
31	541	40	45	?	80.000	27.60	85
32	517	34	34	1	32.000	20,90	75

Tabela: 3 — DADOS HIDROGEOLÓGICOS DO MUNICÍPIO DE RIBEIRÃO PRETO — ÁREA URBANA.

(MODIFICADO DE SINELLI, 1.970)

I

NÚMERO DO POÇO	COTA (m)	ESP. BASALTO (m)	ESP. PERF. ARENITO (m)	NÍVEL ESTÁTICO (m)	VAZÃO l / h	Si O2 mg/l	RESÍDUO SÊCO mg/l
33	519	64	4	28	72.000	28,80	100
34	540	107	76	33	72.000	26,50	105
35	549	58	30	48	72.000	28,80	71
36	526	101	6	21	80.000	24,80	55
37	529	74,5	5,5	34	36.000	26.00	55
38	531	76	6	35	32,000	28,10	"
39	513	30	45	6	90.000	20,40	75
40	548	97	4	44	80.000	23,70	82
41	515	40	56	9	72.000	28,70	65
42	524	—	25	?	72.000	23,70	30
43	523	35	46,5	23	80.000	28,70	76
44	532	73	8	29	90.000	28,10	140
45	517	66	2	29	72.000	23,20	28
46	531	80	6	30	72.000	24,80	55
47	517	84	5	?	?	23,20	42
48	523	80	11	1	40.000	34,50	228
49	554	81	24	48	72.000	32,00	85
50	517	?	?	?	?	24,80	84
51	548	97	4	44	80.000	23,70	82
52	512	39	23	11	80.000	26,60	70
53	515	82	4	?	72.000	28,80	100
54	549	58	30	48	72.000	27,60	85
55	527	85	11	18	40.000	34,50	220
56	517	34	33	?	45.000	25,40	100
57	595	90	18	49,5	70.000	—	—
58	?	—	110	4,5	40.000	—	—
59	585	110	85	53	?	—	—
60	570	110	40	60	±100.000	—	—
61	?	?	?	?	?	—	—
62	519	—	150	18	72.000	—	—
63	506	—	60(?)	Surgente	?	—	—

Tabela: 3 — DADOS HIDROGEOLÓGICOS DO MUNICÍPIO DE RIBEIRÃO PRETO — ÁREA URBANA.

(MODIFICADO DE SINELLI, 1.970).

II

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA		GRANULOMETRIA (% PASSADA)			LIMITES DE ATTERBERG		CLASSIFICAÇÃO		COMPACTAÇÃO		OBS. E OUTROS ENSAIOS
Nº do Ponto	Profund.(m)	2,000mm (10)	0,420mm (40)	0,074mm (200)	L.L. (%)	I.P. (%)	H.R.B.	Unificada (u.s.c.)	H ot.	γ_s g/cm³	
01	0,20-0,60	100	100	97,4	48	18	A-7-5	L.O.	26,00	1,60	
02	0,20-0,60	100	100	97,9	48	16	A-7-5	L.O.	27,50	1,56	
03	0,20-0,60	100	100	97,4	47	14	A-7-5	L.O.	27,70	1,55	
04	0,20-1,00	100	100	98,1	48	18	A-7-5	L.O.	27,50	1,62	
05	0,20-0,60	100	100	97,4	47	19	A-7-6	L.O.	27,40	1,58	
06	0,20-1,00	100	100	97,4	48	17	A-7-5	L.O.	28,00	1,55	
07	0,20-0,60	100	100	95,8	44	17	A-7-6	L.O.	27,00	1,60	
08	0,20-0,60	100	100	98,3	49	16	A-7-5	L.O.	26,50	1,63	
09	0,20-0,60	100	100	97,3	47	18	A-7-6	L.O.	26,40	1,59	
10	0,20-1,00	100	100	97,8	52	24	A-7-6	H.C.	26,40	1,59	
11	0,20-0,60	100	100	97,9	47	13	A-7-5	L.O.	27,30	1,63	
12	0,20-0,60	100	100	96,3	47	15	A-7-5	L.O.	27,90	1,57	
13	0,20-0,60	100	100	98,0	44	12	A-7-5	L.O.	28,00	1,56	
14	0,20-1,00	100	100	96,6	47	18	A-7-6	L.O.	28,00	1,56	
15	0,20-0,60	100	100	97,0	45	15	A-7-5	L.O.	27,70	1,59	
16	0,20-0,60	100	100	98,2	46	15	A-7-5	L.O.	26,80	1,65	
17	0,20-1,00	100	100	98,1	47	16	A-7-5	L.O.	27,50	1,56	
18	0,20-0,60	100	100	97,2	46	15	A-7-5	L.O.	25,90	1,61	
19	0,20-0,60	100	100	97,7	45	15	A-7-5	L.O.	27,00	1,59	
20	0,20-0,60	100	100	96,5	51	23	A-7-6	H.O.	26,50	1,59	
21	0,20-1,00	100	100	97,7	48	17	A-7-5	L.O.	26,00	1,60	
22	0,20-0,60	100	100	98,2	49	18	A-7-5	L.O.	26,90	1,61	
23	0,20-1,00	100	100	98,1	49	16	A-7-5	L.O.	27,30	1,55	
24	0,20-0,60	100	100	98,1	55	19	A-7-5	H.O.	29,00	1,53	
25	0,20-0,60	100	100	98,7	53	17	A-7-5	H.O.	26,50	1,58	
26	0,20-0,60	100	100	97,6	56	21	A-7-5	H.O.	28,50	1,54	
27	0,20-1,00	100	100	97,2	53	19	A-7-5	H.O.	27,40	1,56	
28	0,20-0,60	100	100	96,7	47	14	A-7-5	L.O.	26,90	1,55	
29	0,20-0,60	100	100	96,1	46	13	A-7-5	L.O.	27,20	1,60	
30	0,20-0,60	100	100	96,7	44	14	A-7-5	L.O.	26,20	1,59	
31	0,20-0,60	100	100	96,9	44	13	A-7-5	L.O.	28,70	1,60	

Tabela: 4 — DADOS DE CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DOS MATERIAIS DE COBERTURA DA ÁREA URBANA DE RIBEIRÃO PRETO.

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA		GRANULOMETRIA (% PASSADA)			LIMITES DE ATTERBERG		CLASSIFICAÇÃO		COMPACTAÇÃO		OBS. E OUTROS ENSAIOS
Nº do Ponto	Profund.(m)	2,000mm (10)	0,420mm (40)	0,074mm (200)	L.L.(%)	I.P.(%)	H.R.B.	Unificado (u.s.c.)	H ot.	γ_s g/cm³	
32	0,20-0,60	100	100	96,4	45	13	A-7-5	L.O.	25,00	1,63	
33	0,20-0,60	100	100	96,0	44	13	A-7-5	L.O.	27,00	1,60	
34	0,20-0,60	100	100	93,6	45	14	A-7-5	L.O.	25,60	1,65	
35	0,20-1,00	100	100	91,6	51	17	A-7-5	H.O.	25,90	1,58	
36	0,20-1,00	100	100	97,0	44	12	A-7-5	L.O.	27,70	1,59	
37	0,20-0,60	100	100	92,4	49	17	A-7-5	L.O.	24,80	1,61	
38	0,20-0,60	100	100	90,3	52	20	A-7-5	H.O.	27,70	1,55	
39	0,20-1,00	100	100	90,3	49	18	A-7-5	L.O.	26,30	1,58	
40	0,20-0,60	100	100	92,3	47	15	A-7-5	L.O.	27,40	1,59	
41	0,20-0,60	81,6	81,1	75,3	46	13	A-7-5	L.O.	-		
42	0,30-1,00	100	100	93,6	49	14	A-7-5	L.O.	26,50	1,57	
43	0,20-0,60	91,3	90,8	80,5	47	12	A-7-5	L.O.	25,50	1,58	
44	0,20-0,60	93,5	83,0	77,0	45	10	A-5	L.O.	27,30	1,50	
45	0,20-0,60	87,0	86,3	77,7	47	12	A-7-5	L.O.	-	-	
46	0,20-1,00	94,5	94,1	89,1	47	15	A-7-5	L.O.	27,8	1,50	
47	0,20-0,60	100	100	93,0	48	17	A-7-5	L.O.	28,80	1,53	
48	0,20-0,60	100	100	93,8	46	16	A-7-5	L.O.	28,80	1,50	
49	0,20-0,60	100	100	93,3	47	14	A-7-5	L.O.	27,50	1,53	
50	0,20-1,00	100	100	92,0	45	15	A-7-5	L.O.	25,50	1,63	
51	0,20-0,60	100	100	92,7	44	14	A-7-5	L.O.	26,50	1,57	
52	0,20-0,60	100	100	92,3	44	13	A-7-5	L.O.	27,00	1,56	
53	0,20-0,60	100	100	92,7	45	17	A-7-6	L.O.	26,10	1,59	
54	0,20-1,00	98,7	98,0	89,0	41	15	A-7-6	L.O.	24,10	1,66	
55	0,20-0,60	100	100	90,1	39	13	A-6	L.O.	24,90	1,62	
56	0,20-0,60	100	100	87,7	40	11	A-6	L.O.	23,50	1,69	
57	0,20-0,60	56,1	55,6	46,5	40	15	A-7-6	S.M.	-	-	
58	0,20-1,00	81,5	80,9	69,1	43	17	A-7-6	L.O.	-	-	
59	0,20-0,60	100	100	83,2	43	19	A-7-6	L.O.	23,30	1,70	
60	0,20-0,60	100	100	84,9	44	17	A-7-6	L.O.	25,50	1,61	
61	0,20-0,60	100	100	94,1	49	22	A-7-6	L.O.	27,70	1,54	
62	0,20-1,00	100	100	93,8	45	19	A-7-6	L.O.	26,00	1,62	

Tabela: 4 — DADOS DE CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DOS MATERIAIS DE COBERTURA DA ÁREA URBANA DE RIBEIRÃO PRETO. (CONT.)

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA		GRANULOMETRIA (% PASSADA)			LIMITES DE ATTERBERG		CLASSIFICAÇÃO		COMPACTAÇÃO		OBS. E OUTROS ENSAIOS
Nº do Ponto	Profund.(m)	2,000mm (10)	0,420mm (40)	0,074mm (200)	L.L.(%)	I.P.(%)	H.R.B.	Unificada (u.s.c.)	H ot.	γ_s g/cm³	
63	0,20-0,60	100	100	93,6	47	24	A-7-6	L.O.	26,50	1,60	
64	0,20-0,60	100	100	93,9	50	25	A-7-6	L.C.	27,00	1,56	
65	0,20-0,60	100	100	93,1	49	23	A-7-6	L.C.	28,30	1,53	
66	1,20-1,00	100	100	92,3	48	22	A-7-6	L.C.	25,50	1,60	
67	0,20-0,60	100	100	94,1	51	24	A-7-6	H.C.	28,50	1,53	
68	0,20-0,60	100	100	94,4	50	25	A-7-6	H.C.	28,00	1,52	
69	0,20-0,60	100	100	95,5	53	26	A-7-6	H.C.	27,30	1,58	
70	0,20-1,00	100	99,4	93,7	46	19	A-7-6	L.C.	27,40	1,60	
71	0,20-0,60	100	100	94,3	48	23	A-7-6	L.C.	27,50	1,57	
72	0,20-0,60	100	100	93,5	47	13	A-7-5	L.O.	26,50	1,62	
73	0,20-0,60	100	100	94,1	47	16	A-7-5	L.O.	27,20	1,58	
74	0,20-1,00	100	100	94,3	50	18	A-7-5	L.O.	26,60	1,56	
75	0,20-0,60	100	100	94,0	50	16	A-7-5	L.O.	27,10	1,53	
76	0,20-0,60	100	100	91,5	51	17	A-7-5	H.O.	29,50	1,53	
77	0,20-0,60	100	100	91,9	49	19	A-7-5	L.O.	27,50	1,53	
78	0,20-1,00	100	100	90,3	45	18	A-7-6	L.O.	26,90	1,54	
79	0,20-0,60	100	100	89,9	47	20	A-7-6	L.C.	27,00	1,59	
80	0,20-0,60	100	100	82,5	46	18	A-7-6	L.O.	27,50	1,59	
81	0,20-0,60	100	100	89,4	44	14	A-7-5	L.O.	25,80	1,58	
82	0,20-1,00	100	100	87,0	45	15	A-7-5	L.O.	24,80	1,69	
83	0,20-0,60	100	100	83,8	47	19	A-7-6	L.O.	25,00	1,64	
84	0,20-0,60	100	100	82,8	46	19	A-7-6	L.C.	25,30	1,62	
85	0,20-0,60	100	100	87,9	48	19	A-7-6	L.O.	25,70	1,66	
86	0,20-1,00	100	100	78,9	41	17	A-7-6	L.C.	22,50	1,69	
87	0,20-0,60	100	100	82,8	44	17	A-7-6	L.O.	23,00	1,63	
88	0,20-0,60	100	100	35,7	45	15	A-7-5	S.M.	25,00	1,60	
89	0,20-0,60	100	100	86,5	47	18	A-7-6	L.O.	28,50	1,68	
90	0,20-1,00	100	100	88,8	46	16	A-7-5	L.O.	26,00	1,59	
91	0,20-0,60	100	100	87,7	43	16	A-7-6	L.O.	26,00	1,63	
92	0,20-0,60	100	100	87,6	54	22	A-7-5	H.O.	27,00	1,56	
93	0,20-0,60	100	100	87,2	51	16	A-7-5	H.O.	26,00	1,64	

Tabela: 4 — DADOS DE CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DOS MATERIAIS DE COBERTURA DA ÁREA URBANA DE RIBEIRÃO PRETO. (CONT.)

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA		GRANULOMETRIA (% PASSADA)			LIMITES DE ATTERBERG		CLASSIFICAÇÃO		COMPACTAÇÃO		OBS. E OUTROS ENSAIOS
Nº do Ponto	Profund.(m)	2,000mm (10)	0,420mm (40)	0,074mm (200)	L.L. (%)	I.P. (%)	H.R.B.	Unificada (u.s.c.)	H ot.	γ_s g/cm³	
94	0,20-1,00	100	100	86,9	51	18	A-7-5	H.O.	26,00	1,60	
95	0,20-0,60	100	100	88,1	51	19	A-7-5	H.O.	26,00	1,59	
96	0,20-0,60	100	100	86,1	52	20	A-7-5	H.O.	25,50	1,65	
97	0,20-0,60	100	100	87,0	54	22	A-7-5	H.O.	26,40	1,65	
98	0,20-1,00	100	100	87,7	55	24	A-7-5	H.O.	25,50	1,67	
99	0,20-0,60	100	100	85,6	52	20	A-7-5	H.O.	25,00	1,60	
100	0,20-0,60	100	100	82,2	47	19	A-7-6	L.O.	24,60	1,68	
101	0,20-0,60	100	100	80,0	48	19	A-7-6	L.O.	23,20	1,67	
102	0,20-1,00	100	100	47,6	31	19	A-6	S.M.	15,50	1,84	
103	0,20-0,60	100	97,6	48,4	30	12	A-6	S.M.	15,00	1,66	
104	0,20-0,60	100	98,1	59,8	32	15	A-6	L.C.	16,70	1,79	
105	0,20-0,60	100	98,0	54,5	32	15	A-6	L.C.	17,00	1,87	
106	0,20-1,00	95,5	92,4	56,5	37	16	A-6	L.C.	16,40	1,88	
107	0,20-0,60	99,0	95,9	64,9	49	26	A-7-6	L.C.	19,00	1,77	
108	0,20-0,60	100	96,8	71,2	42	17	A-7-6	L.C.	19,50	1,76	
109	0,20-0,60	99,7	96,8	71,7	43	18	A-7-6	L.C.	19,90	1,67	
110	0,20-0,60	100	96,4	69,3	42	18	A-7-6	L.C.	21,00	1,74	
111	0,20-0,60	100	97,3	76,9	45	18	A-7-6	L.C.	20,50	1,75	
112	0,20-0,60	100	96,2	75,9	49	22	A-7-6	L.C.	20,20	1,75	
113	0,20-0,60	100	95,7	70,4	43	18	A-7-6	L.C.	20,40	1,77	
114	0,20-1,00	99,3	93,2	69,6	42	20	A-7-6	L.C.	19,20	1,75	
115	0,20-0,60	100	99,1	83,0	45	15	A-7-5	L.O.	23,40	1,65	
116	0,20-0,60	100	100	86,6	42	13	A-7-6	L.O.	24,70	1,60	
117	0,20-0,60	100	100	86,4	46	17	A-7-6	L.O.	26,00	1,60	
118	0,20-1,00	100	100	86,6	47	17	A-7-5	L.O.	24,20	1,65	
119	0,20-0,60	100	100	85,2	49	16	A-7-5	L.O.	25,30	1,63	
120	0,20-0,60	100	100	86,6	NP	NP	A-4	?	26,50	1,68	
121	0,20-0,60	100	100	88,4	NP	NP	A-4	?	28,80	1,48	
122	0,20-0,60	99,3	98,5	88,8	NP	NP	A-4	?	27,70	1,52	
123	0,20-0,60	100	99,2	86,6	51	11	A-7-5	H.O.	23,80	1,67	
124	0,20-0,60	100	99,1	85,4	51	12	A-7-5	H.O.	-	-	

Tabela: 4 — DADOS DE CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DOS MATERIAIS DE COBERTURA DA ÁREA URBANA DE RIBEIRÃO PRETO. (CONT.)

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA		GRANULOMETRIA (% PASSADA)			LIMITES DE ATTERBERG		CLASSIFICAÇÃO		COMPACTAÇÃO		OBS. E OUTROS ENSAIOS
Nº do Ponto	Profund.(m)	2,000mm (10)	0,420mm (40)	0,074mm (200)	L.L.(%)	I.P.(%)	H.R.B.	Unificada (u.s.c.)	H ot.	γ_s g/cm³	
125	0,70-2,50	100	97,8	63,0	34	9	A-4	L.M.	19,60	1,75	
126	0,60-1,00	100	98,9	84,1	42	9	A-5	L.O.	25,00	1,62	
127	0,50-0,90	100	99,2	68,9	38	10	A-4	L.O.	21,50	1,71	
128	0,50-1,50	100	99,5	89,0	46	10	A-5	L.O.	-	-	
129	0,60-1,50	100	99,6	92,4	47	12	A-7-5	L.O.	22,30	1,89	
130	0,70-1,10	100	96,8	68,5	34	8	A-4	L.M.	18,50	1,80	
131	0,60-1,10	100	97,5	72,9	34	7	A-4	L.M.	17,30	1,79	
132	1,00-1,50	100	99,5	89,2	NP	NP	A-4	L.O.	30,60	1,51	
132a	0,50-1,10	97,9	93,6	70,1	34	9	A-4	L.O.	20,50	1,70	
133	2,50-3,00	100	98,7	86,6	49	8	A-5	L.O.	26,00	1,60	
134	4,10-4,60	99,4	98,6	90,4	NP	NP	A-4	L.O.	27,10	1,60	
135	3,10-4,10	92,6	91,6	83,4	51	9	A-5	H.O.	-	-	
136	1,30-3,10	93,0	91,7	80,2	49	8	A-5	L.O.	24,80	1,64	
137	1,50-2,50	100	98,4	75,7	39	5	A-4	L.O.	19,70	1,75	
139	2,10-2,50	100	98,1	66,2	39	9	A-4	L.O.	19,00	1,79	
140	2,10-2,50	100	98,2	71,2	39	7	A-4	L.O.	20,80	1,73	
141	1,30-2,30	100	98,5	76,3	48	14	A-7-5	L.O.	20,50	1,71	
142	0,50-1,00	100	98,6	75,3	43	11	A-7-5	L.O.	21,50	1,72	
143	0,50-1,00	100	98,6	74,4	40	9	A-4	L.O.	21,10	1,75	
144	1,10-1,60	100	98,6	76,8	40	9	A-4	L.O.	23,30	1,67	
145	1,00-2,00	100	97,9	75,6	39	9	A-4	L.O.	20,20	1,69	
146	0,90-1,30	100	97,7	77,1	38	7	A-4	L.O.	21,80	1,69	
147	0,70-1,20	100	99,1	80,1	40	8	A-4	L.O.	22,80	1,73	
148	0,50-1,50	100	98,2	79,2	41	7	A-5	L.O.	25,50	1,92	
149	0,20-0,60	100	100	98,0	44	16	A-7-6	L.O.	26,00	1,63	
150	0,20-0,60	100	100	96,0	51	19	A-7-5	H.O.	30,30	1,45	
151	0,20-0,60	84,0	84,0	82,0	49	18	A-7-5	L.O.	-	-	
152	0,20-1,00	94,0	94,0	90,0	NP	NP	A-4	L.O.	29,00	1,48	
153	0,20-0,60	94,0	93,0	91,0	51	18	A-7-5	H.O.	28,00	1,54	
154	0,20-0,60	86,0	95,0	83,0	NP	NP	A-4	L.O.	-	-	
155	0,20-0,60	100	100	97,0	49	17	A-7-5	L.O.	25,50	1,62	

Tabela: 4 — DADOS DE CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DOS MATERIAIS DE COBERTURA DA ÁREA URBANA DE RIBEIRÃO PRETO. (CONT.)

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA		GRANULOMETRIA (% PASSADA)			LIMITES DE ATTERBERG		CLASSIFICAÇÃO		COMPACTAÇÃO		OBS. E OUTROS ENSAIOS
Nº do Ponto	Profund.(m)	2,000mm (10)	0,420mm (40)	0,074mm (200)	L.L. (%)	I.P. (%)	H.R.B.	Unificada (u.s.c.)	H ot.	γ_s g/cm³	
156	0,20-1,00	100	100	97,0	51	22	A-7-6	H.O.	26,30	1,58	
157	0,20-0,60	100	100	97,0	46	16	A-7-5	L.O.	26,00	1,59	
158	0,20-0,60	100	100	97,0	47	20	A-7-6	L.C.	25,50	1,67	
159	0,20-0,60	100	100	97,0	46	18	A-7-6	L.O.	26,40	1,60	
160	0,20-0,60	100	100	97,0	46	18	A-7-6	L.O.	27,00	1,60	
161	0,20-0,60	100	100	97,0	45	16	A-7-6	L.O.	25,50	1,61	
162	0,20-0,60	100	100	97,0	46	17	A-7-6	L.O.	26,20	1,62	
163	0,20-1,00	100	100	95,0	43	13	A-7-5	L.O.	26,00	1,64	
164	0,20-0,60	100	100	95,0	44	16	A-7-6	L.O.	25,50	1,65	
165	0,20-0,60	100	100	96,0	42	17	A-7-6	L.C.	23,80	1,64	
166	0,20-0,60	100	100	94,0	47	17	A-7-5	L.O.	25,00	1,65	
167	0,20-1,00	100	100	95,0	45	19	A-7-6	L.C.	25,80	1,67	
168	0,20-0,60	100	100	97,0	42	11	A-7-5	L.O.	26,00	1,62	
169	0,20-0,60	100	100	96,0	40	14	A-6	L.O.	25,50	1,62	
170	0,20-0,60	100	100	98,0	42	13	A-7-6	L.O.	26,00	1,65	
171	0,20-1,00	100	100	97,0	43	13	A-7-5	L.O.	26,50	1,59	
172	0,20-0,60	100	100	98,0	45	12	A-7-5	L.O.	26,40	1,57	
173	0,20-0,60	100	100	97,0	48	19	A-7-6	L.O.	26,50	1,62	
174	0,20-0,60	100	100	94,0	44	14	A-7-5	L.O.	24,30	1,65	
175	0,20-1,00	100	100	94,0	NP	NP	A-4	L.O.	25,90	1,60	
176	0,20-0,60	100	100	95,0	NP	NP	A-4	L.O.	24,50	1,70	
177	0,20-0,60	100	100	94,0	NP	NP	A-4	L.O.	24,00	1,57	
178	0,20-0,60	100	100	95,0	NP	NP	A-4	L.O.	26,50	1,57	
179	0,20-1,00	100	100	96,0	NP	NP	A-4	L.O.	28,00	1,54	
180	0,20-0,60	100	100	97,0	NP	NP	A-4	L.O.	26,70	1,60	
181	0,20-0,60	100	100	97,0	NP	NP	A-4	L.O.	26,00	1,60	
182	0,20-0,60	100	100	96,0	47	15	A-7-5	L.O.	26,70	1,58	
183	0,20-1,00	100	100	95,0	47	16	A-7-5	L.O.	26,00	1,62	
184	0,20-0,60	100	99,0	95,0	47	17	A-7-5	L.O.	25,00	1,62	
185	0,20-0,60	100	98,0	93,0	44	14	A-7-5	L.O.	24,80	1,65	
186	0,20-0,60	100	99,0	96,0	43	14	A-7-6	L.O.	25,00	1,68	

Tabela: 4 — DADOS DE CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DOS MATERIAIS DE COBERTURA DA ÁREA URBANA DE RIBEIRÃO PRETO. (CONT.)

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA		GRANULOMETRIA (% PASSADA)			LIMITES DE ATTERBERG		CLASSIFICAÇÃO		COMPACTAÇÃO		OBS. E OUTROS ENSAIOS
Nº do Ponto	Profund.(m)	2,000mm (10)	0,420mm (40)	0,074mm (200)	L.L. (%)	I.P. (%)	H.R.B.	Unificada (u.s.c.)	H ot.	γ_s g/cm³	
187	0,20-1,00	100	99,0	95,0	43	13	A-7-5	L.O.	25,30	1,64	
188	0,20-0,60	100	100	96,0	44	11	A-7-5	L.O.	24,00	1,71	
189	0,20-0,60	100	100	96,0	51	15	A-7-5	H.O.	26,00	1,65	
190	0,20-0,60	100	100	96,0	52	18	A-7-5	H.O.	27,40	1,57	
191	0,20-1,00	100	100	96,0	51	19	A-7-5	H.O.	27,50	1,55	
192	0,20-0,60	100	99,0	95,0	48	13	A-7-5	L.O.	27,00	1,55	
193	0,20-1,00	100	99,0	95,0	41	12	A-7-6	L.O.	26,00	1,58	
194	0,20-0,60	100	98,0	96,0	40	13	A-6	L.O.	25,00	1,65	
195	0,20-0,60	100	100	100	42	13	A-7-6	L.O.	26,00	1,68	
196	0,20-0,60	100	100	95,0	41	13	A-7-6	L.O.	26,00	1,65	
197	0,20-1,00	100	100	96,0	39	12	A-6	L.O.	24,30	1,71	
198	0,20-0,60	100	99,0	94,0	38	12	A-6	L.O.	24,00	1,66	
199	0,20-0,60	100	99,0	96,0	42	11	A-7-5	L.O.	24,20	1,71	
200	0,20-1,00	100	99,0	97,0	43	13	A-7-5	L.O.	24,70	1,68	
201	2,70-3,10	100	99,0	98,0	43	15	A-7-6	L.O.	25,50	1,72	
202	3,40-3,80	100	100	99,0	41	11	A-7-5	L.O.	25,50	1,66	
203	3,70-4,10	100	100	99,0	53	23	A-7-5	H.O.	25,50	1,65	
204	3,40-4,40	100	100	98,0	38	11	A-6	L.O.	26,30	1,69	
205	2,40-2,80	100	100	98,0	40	12	A-6	L.O.	24,50	1,64	
206	1,60-2,00	100	100	98,0	40	13	A-6	L.O.	24,50	1,66	
207	0,20-0,60	100	99,0	98,0	48	19	A-7-6	L.O.	24,50	1,70	
208	1,80-2,80	100	100	98,0	48	19	A-7-6	L.O.	25,00	1,72	
209	2,60-3,00	100	100	99,0	53	28	A-7-6	H.C.	24,50	1,75	
210	3,00-3,40	89,0	89,0	88,0	51	16	A-7-5	H.O.	-	-	
211	3,00-3,40	100	100	99,0	49	16	A-7-5	L.O.	27,30	1,58	
212	3,20-4,20	100	100	98,0	41	12	A-7-6	L.O.	25,00	1,70	
213	0,20-0,60	100	100	98,0	40	13	A-6	L.O.	26,00	1,63	
214	0,20-0,60	100	100	98,0	43	12	A-7-5	L.O.	25,80	1,61	
215	0,20-0,60	100	100	98,0	44	15	A-7-6	L.O.	25,50	1,69	
216	0,20-1,00	100	100	98,0	41	15	A-7-6	L.O.	25,00	1,66	
217	0,40-0,80	100	99,0	96,0	41	13	A-7-6	L.O.	26,50	1,67	

Tabela: 4 — DADOS DE CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DOS MATERIAIS DE COBERTURA DA ÁREA URBANA DE RIBEIRÃO PRETO. (CONT.)

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA		GRANULOMETRIA (% PASSADA)			LIMITES DE ATTERBERG		CLASSIFICAÇÃO		COMPACTAÇÃO		OBS. E OUTROS ENSAIOS
Nº do Ponto	Profund.(m)	2,000mm (10)	0,420mm (40)	0,074mm (200)	L.L.(%)	I.P.(%)	H.R.B.	Unificada (u.s.c.)	H ot.	γ_s g/cm³	
218	1,70-2,10	100	100	96,0	42	13	A-7-6	L.O.	23,80	1,76	
219	3,40-3,80	100	100	97,0	44	16	A-7-6	L.O.	24,00	1,71	
220	4,40-4,80	100	100	99,0	NP	NP	A-4	-	32,00	1,46	
221	4,60-5,00	100	100	99,0	51	16	A-7-5	H.O.	26,50	1,45	
222	1,90-2,30	100	100	98,0	47	15	A-7-5	L.O.	26,40	1,65	
223	0,20-1,00	100	100	97,0	45	18	A-7-6	L.O.	26,60	1,64	
224	0,20-0,60	100	99,0	95,0	50	21	A-7-6	L.O.	26,50	1,60	
225	0,20-0,60	100	100	95,0	47	17	A-7-5	L.O.	25,50	1,62	
226	0,20-0,60	100	100	94,0	46	15	A-7-5	L.O.	24,80	1,62	
227	0,20-1,00	100	100	94,0	42	15	A-7-6	L.C.	24,70	1,64	
228	0,20-0,60	100	100	95,0	40	15	A-6	L.C.	23,80	1,70	
229	0,20-0,60	100	100	94,0	46	18	A-7-6	L.O.	24,40	1,56	
230	0,20-0,60	100	100	94,0	46	19	A-7-6	L.O.	25,00	1,63	
231	0,20-1,00	100	100	93,0	48	18	A-7-5	L.O.	25,00	1,70	
232	0,20-0,60	100	99,0	92,0	42	18	A-7-6	L.C.	23,50	1,72	
233	0,20-0,60	100	100	94,0	41	14	A-7-6	L.O.	24,00	1,68	
234	0,20-0,60	100	100	93,0	39	14	A-6	L.O.	23,30	1,70	
235	0,20-1,60	100	99,0	95,0	48	18	A-7-5	L.O.	26,40	1,59	
236	2,50-2,90	100	100	95,0	44	13	A-7-5	L.O.	26,50	1,67	
237	4,00-4,40	100	100	96,0	43	15	A-7-6	L.O.	26,00	1,65	
238	4,20-4,60	100	100	94,0	49	17	A-7-5	L.O.	26,00	1,63	
239	3,50-3,90	100	100	97,0	46	14	A-7-5	L.O.	26,00	1,62	
240	3,00-3,40	100	100	95,0	46	13	A-7-5	L.O.	27,60	1,62	
241	1,80-2,20	100	100	96,0	50	17	A-7-5	L.O.	27,90	1,60	
242	0,60-1,60	100	100	95,0	49	14	A-7-5	L.O.	27,70	1,57	
243	0,20-0,60	100	100	96,0	48	19	A-7-6	L.O.	27,00	1,56	
244	0,20-0,60	100	100	96,0	52	19	A-7-5	H.O.	26,20	1,63	
245	0,20-0,60	100	100	95,0	47	19	A-7-6	L.O.	27,00	1,62	
246	0,20-1,00	100	100	94,0	43	14	A-7-6	L.O.	26,40	1,69	
247	0,20-1,00	100	100	94,0	44	16	A-7-6	L.O.	25,40	1,61	
248	0,20-0,60	100	100	92,0	43	15	A-7-6	L.O.	25,60	1,61	

Tabela: 4 — DADOS DE CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DOS MATERIAIS DE COBERTURA DA ÁREA URBANA DE RIBEIRÃO PRETO. (CONT.)

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA		GRANULOMETRIA (% PASSADA)			LIMITES DE ATTERBERG		CLASSIFICAÇÃO		COMPACTAÇÃO		OBS. E OUTROS ENSAIOS
Nº do Ponto	Profund.(m)	2,000mm (10)	0,420mm (40)	0,074mm (200)	L.L. (%)	I.P. (%)	H.R.B.	Unificada (u.s.c.)	H ot.	γ_s g/cm³	
249	0,20-0,60	100	100	96,0	41	15	A-7-6	L.O.	25,40	1,65	
250	0,20-1,00	100	100	96,0	43	17	A-7-6	L.O.	25,40	1,53	
251	0,20-0,60	100	100	97,0	40	13	A-6	L.O.	26,00	1,59	
252	0,20-0,60	100	100	98,0	42	13	A-7-6	L.O.	24,50	1,62	
253	0,20-0,60	100	100	96,0	42	13	A-7-6		25,40	1,65	
254	0,20-0,60	100	96,5	75,5	32	6	A-4	L.M.	21,90	1,71	S.P.T.-N=6 golpes
255	0,20-0,60	100	96,5	79,3	33	5	A-4	L.M.	24,90	1,62	
256	0,20-0,60	100	97,1	75,5	31	14	A-6	L.C.	21,00	1,75	
257	0,20-0,60	100	98,2	78,5	33	11	A-6	L.C.	20,60	1,79	
258	0,20-0,60	100	97,6	67,5	34	18	A-6	L.C.	18,30	1,84	
259	0,20-0,60	100	97,6	67,5	34	18	A-6	L.C.	20,60	1,79	
260	0,20-0,60	100	98,2	78,5	33	11	A-6	L.C.	21,60	1,74	
261	0,20-0,60	100	97,1	75,5	31	14	A-6	L.C.	20,50	1,75	S.P.T.-N=6 golpes
262	0,20-0,60	100	94,5	62,7	29	6	A-4	L.M.	-	-	
263	0,20-0,60	100	95,4	67,9	29	4	A-4	L.M.	23,30	1,66	
264	0,20-0,60	100	95,4	67,9	29	4	A-4	L.M.	19,00	1,76	S.P.T.-N=4 golpes
265	0,20-0,60	100	94,5	62,7	29	6	A-4	L.C.	17,50	1,86	
266	0,20-0,60	100	98,2	81,5	37	7	A-4	L.O.	23,00	1,70	
267	0,20-0,60	100	99,0	86,1	36	10	A-4	L.O.	-	-	
268	0,20-0,60	100	99,3	88,3	41	14	A-7-6	L.O.	25,10	1,66	S.P.T.-N=9 golpes
269	0,20-0,60	100	96,5	77,8	32	12	A-6	L.O.	22,10	1,65	
270	0,20-0,60	100	92,0	64,3	35	17	A-6	L.C.	21,20	1,67	
271	0,20-0,60	100	99,3	88,7	50	21	A-7-6	L.O.	22,10	1,65	
272	0,20-0,60	100	98,8	82,4	35	18	A-6	L.C.	22,90	1,70	
273	0,20-0,60	100	94,6	65,0	29	7	A-4	L.M.	-	-	
274	0,20-0,60	100	96,5	75,5	32	6	A-4	L.M.	21,90	1,71	
275	0,20-0,60	100	96,5	79,3	33	5	A-4	L.M.	24,90	1,62	S.P.T.-N=7 golpes
276	0,20-0,60	100	90,8	61,0	22	7	A-4	S.M.	14.80	1,92	
277	0,20-0,60	100	93,0	67,1	29	10	A-4	L.C.	18,50	1,76	
278	0,20-0,60	100	92,1	59,0	30	14	A-6	L.C.	17,20	1,82	
279	0,20-0,60	100	98,3	81,6	31	10	A-6	L.C.	16,95	2,18	S.P.T.-N=5 golpes

Tabela: 4 — DADOS DE CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DOS MATERIAIS DE COBERTURA DA ÁREA URBANA DE RIBEIRÃO PRETO. (CONT.)

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA		GRANULOMETRIA (% PASSADA)			LIMITES DE ATTERBERG		CLASSIFICAÇÃO		COMPACTAÇÃO		OBS. E OUTROS ENSAIOS
Nº do Ponto	Profund.(m)	2,000mm (10)	0,420mm (40)	0,074mm (200)	L.L.(%)	I.P.(%)	H.R.B.	Unificada (u.s.c.)	H ot.	γ_s g/cm³	
280	0,20-0,60	100	98,3	86,2	38	13	A-6	L.O.	-	-	
281	0,20-0,60	97,3	92,6	84,5	33	10	A-4	L.C.	-	-	
284	0,20-0,60	-	-	-	-	-	A-2-4	L.M.	8,60	1,91	
285	0,20-0,60	100	97,4	81,9	40	16	A-6	L.C.	24,00	1,66	
286	0,20-0,60	100	97,2	67,6	36	17	A-6	L.C.	16,80	1,88	
287	0,20-0,60	100	97,4	80,3	30	12	A-6	L.C.	-	-	S.P.T.-N:3 golpes
288	0,20-0,60	100	96,8	71,9	29	10	A-4	S.M.	-	-	S.P.T.-N:18 golpes
289	0,20-0,60	100	96,5	29,5	NP	NP	A-2-4	L.M.	10,90	1,99	
290	0,20-0,60	-	-	-	-	-	A-2-4	L.M.	9,60	2,01	
291	0,20-0,60	100	99,0	90,9	46	21	A-7-6	L.C.	27,60	1,57	S.P.T.-N:8 golpes
292	0,20-0,60	100	98,8	89,5	42	18	A-7-6	L.C.	24,20	1,66	
293	0,20-0,60	100	97,1	69,1	35	13	A-6	L.C.	22,00	1,64	
294	0,20-0,60	-	-	-	-	-	-	L.M.	-	-	S.P.T.-N:5 golpes
295	0,20-0,60	-	-	-	-	-	-	L.O.	-	-	
296	0,20-0,60	100	95,8	48,5	26	12	A-6	S.M.	13,40	1,92	
297	0,20-0,60	-	-	-	-	-	-	L.C.	-	-	
298	0,20-0,60	-	-	-	-	-	-	L.M.	-	-	
299	0,20-0,60	100	96,0	47,0	-	-	A-6	S.M.	-	-	
300	0,20-0,60	100	95,4	46,5	-	-	A-6	S.M.	-	-	
301	0,20-0,60	100	97,1	42,0	-	-	A-4	S.M.	15,20	1,78	
302	0,20-0,60	100	94,2	65,0	-	-	A-4	S.M.	-	-	
303	0,20-0,60	100	98,0	63,0	-	-	A-6	S.M.	14,60	1,65	
304	0,20-0,60	93,2	71,4	7,2	-	-	-	S.W.	-	-	
305	0,20-0,60	95,4	73,8	8,5	-	-	-	S.W.			

Tabela: 4 — DADOS DE CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DOS MATERIAIS DE COBERTURA DA ÁREA URBANA DE RIBEIRÃO PRETO. (CONT.)

4.3. AS CARTAS DE FATORES

4.3.1. CARTA DO SUBSTRATO GEOLÓGICO

A adoção da designação acima tem por objetivo caracterizar a ausência dos materiais de cobertura de idade Cenozóica no mapa geológico apresentado, exceção feita às aluviões. Assim sendo, são apresentados dois mapas diversos, um contendo as formações geológicas pré-Cenozóicas e outro com as coberturas superficiais recentes, de importância fundamental em questões de planejamento de uso do meio físico, uma vez que constituem a base utilizável para a implantação das atividades humanas mais rotineiras e usuais, especialmente em países de clima tropical, como o Brasil, onde os processos de intemperismo e erosão são extremamente acelerados.

Em têrmos convencionais, duas são as unidades geológicas representadas na área: a Formação Botucatu e a Formação Serra Geral e Intrusivas Associadas (MAPA II - anexo -).

a. Formação Botucatu

A ocorrência da Formação Botucatu na área estudada é bastante reduzida (cerca de 25% da área total), porém, como será discutido na sequência deste trabalho, sua importância é grande em termos de utilização para fins de desenvolvimento urbano.

SINELLI (1970) conclui que o município de Ribeirão Prêto, em sua área urbana, está dividido geologicamente em duas porções distintas pelo Ribeirão do Tanquinho, o que se confirma no levantamento realizado por este autor. Esta divisão acha-se manifestada em grande parte dos mapas apresentados, ratificando a importância dos estudos geológicos na dinâmica do planejamento.

A Formação Botucatu é caracterizada na região como uma unidade constituida por sedimentos arenosos, de coloração branco-amarelada a rósea, de granulação fina a média, friá

veis, com predominância absoluta de grãos de quartzo (mais de 90%), via de regra arredondados e foscos.

Sua descrição na área é possível somente em cortes de estrada, uma vez que a quase totalidade de sua superfície de ocorrência acha-se recoberta por sedimentos de idade cenozóica. Nestes cortes, é possível evidenciar estratificações cruzadas de grande porte, sendo, no entanto, mais comuns os corpos de arenito homogêneos e maciços.

Fato de extrema importância para a região estudada é a ausência quase total de matriz argilosa nesses arenitos, bem como de cimento silicoso, o que confere ao arenito Botucatu na área, condições bastante boas como armazenador de água, especialmente frente ao mergulho suave que apresenta para oeste, sob as rochas básicas da Formação Serra Geral, adquirindo o caráter de aquífero confinado (SINELLI, *op. cit.*).

Quanto a espessura, a Formação Botucatu no município de Ribeirão Prêto atinge, em média, cerca de 60 metros, segundo dados de perfurações executadas recentemente, totalizando 150 metros quando somado ao arenito Pirambóia que lhe é sotoposto. Esses dados são de especial interesse para o cálculo das reservas e da recarga do aquífero.

b. Formação Serra Geral e Intrusivas Associadas

Devido a grande dificuldade de diferenciação, acham-se enquadradas na designação acima os basaltos toleíticos do grande derrame Mesozóico da Bacia do Paraná e as intrusivas básicas a ele associadas. Da mesma forma, os níveis arenítico inter-derrames são também incluídos aí.

Sua ocorrência é cartografada em cerca de 75% da área estudada, apresentando escarpas proeminentes a NW e NE da mesma. A espessura média, estimada com base nos dados de subsuperfície, é de 100 m, aproximadamente.

Segundo SINELLI (1970) esses magmatitos, na sua grande maioria, são especialmente ricos em plagioclásios (labradorita), apresentando subsidiariamente titano-magnetita, augita, olivina, hornblenda, quartzo e vidro vulcânico. Grande núme

ro de cavidades vazias e preenchidas por zeõlitas, quartzo e calcedônia são descritas.

Estudos mais atuais (GONÇALVES, 1978), confirmam esses dados, com alguma variação na quantidade de vidro vulcânico (10 a 60%) encontrado, o que viria comprometer a utilização desses materiais como fonte para pedra de brita.

Pelos dados de poços obtidos, pode-se notar que a espessura da Formação Serra Geral aumenta para oeste, acompanhando o mergulho geral.

Quando intemperizadas e submetidas a processos pedogenéticos, essas rochas dão origem a coberturas instáveis quando saturadas (solos colapsíveis), sendo objeto de detalhamento e cartografia especial.

c. Aspectos da Tectônica Local

Uma análise, mesmo que superficial, da região, fornece indícios seguros que a cidade de Ribeirão Prêto acha-se situada em uma depressão. Entre as evidências mais conclusivas, cita-se:

1. A altitude média do município é de 550 metros. A SE da área encontra-se o município de Serrana, onde a altitude média é de 780 metros, chegando aos 830 metros a N, no município de Brodosqui com unidades estratigráficas similares.

2. O mapa de contorno estrutural do topo do arenito Botucatu (Mapa V - Carta Hidrogeológica - anexo -) apresenta média ao redor dos 440 metros, variando de 490 metros a 430 metros. Em áreas adjacentes o mesmo horizonte apresenta-se a cotas mais elevadas (SINELLI, *op. cit.*).

Baseado nessas informações e observando a extrema retilinidade da rede de drenagem a NNE do estado de São Paulo (WERNICK e SINELLI, 1970), associadas ao evidente controle estrutural apresentado, na região estudada, pela orientação preferencial no curso dos afluentes do Rio Pardo, o autor realizou um levantamento por fotos aéreas e controle de campo, que permitiu concluir a existência de dois sistemas bem desenvolvidos de lineações, a saber: 1. Falhas, aqui defini

das como as fraturas ao longo das quais é notado um deslocamento relativo de blocos contíguos; e 2. Diaclases, entendidas como o plano que separa ou tende a separar em duas partes um bloco de rocha primitivamente uno e ao longo do qual não se deu deslocamento de todo ou em pequena amplitude.

Na região delimitada pelo anel viário de Ribeirão Prêto existem algumas dificuldades para a perfeita caracterização tectônica. Via de regra, tanto as falhas como as diaclases condicionam a drenagem e, não raro, essas feições estruturais acham-se mascaradas pelas aluviões desses rios e riachos, ou, ainda, encobertas pela urbanização da área. Deste modo, somente com a utilização das fotos aéreas e com dados de subsuperfície é que se tornou possível sua caracterização.

Conforme o Mapa II, torna-se facilmente observável a predominância das lineações orientadas segundo NNW e, secundariamente, ENE. Tais orientações coincidem com as medidas realizadas por outros autores (SINELLI, 1970, WERNICK e SINELLI, 1970 e WERNICK, 1972).

A cartografia dessas feições é particularmente interessante para a área, tendo em vista tanto a prospecção e aproveitamento das reservas de água subterrânea, por se tratarem de zonas produtoras, como para a proteção dos aquíferos, tendo em vista aspectos ligados à poluição da água subterrânea por fontes diversas.

4.3.2. CARTA DE DECLIVIDADES (MAPA III - ANEXO -)

As cartas de declividade, cartas de inclinação dos terrenos, ou ainda, cartas clinométricas, são hoje indispensáveis como ferramenta de trabalho nos processos de planejamento urbano.

A metodologia utilizada para a obtenção dessas cartas é bastante simples (DE BIASI, 1970; LIBAUD, 1975) pois, a partir de uma carta topográfica plani-altimétrica é obtido um mapa que apresenta a inclinação local dos terrenos, atra

vês da utilização de um ábaco que transforma as distâncias entre curvas de nível em porcentagens de inclinação previamente escolhidas.

O mapa assim obtido (Carta de Declividades - MAPA III anexo -) vem auxiliar bastante a distribuição dos equipamentos urbanos, principalmente no que tange a custo de instalação, nas diversas áreas de ocupação dos terrenos. Deste modo, visando facilitar a disposição desses equipamentos, bem como individualizar as áreas com diferentes inclinações, foram adotadas para esta carta os porcentuais de inclinação dos terrenos obedecendo às seguintes classes:

1. menos que 2% - ótima para a instalação de equipamentos urbanos
2. 2% a 5% - muito boa para a instalação de equipamentos urbanos
3. 5% a 10% - boa para a instalação de equipamentos urbanos
4. 10% a 20% - razoável, com restrições à instalação de alguns equipamentos urbanos
5. acima de 20% - impróprio para a instalação de grande parte dos equipamentos urbanos.

A utilização das classes acima obedece ao critério geralmente adotado, onde inclinações de 0 a 5% acham-se na faixa ótima para a instalação de sistemas sépticos (ou de saneamento) além de complexos industriais e comerciais. A utilização de uma faixa inicial de inclinações inferiores a 2% prende-se ao fato de que, em termos de área, elas são bastante importantes. Deve-se ressaltar que as inclinações muito próximas de 0°, são restritivas principalmente à instalação de sistemas de saneamento, por causarem dificuldades no escoamento. O índice 15% seria o limite da faixa ótima para a instalação dos equipamentos urbanos em geral e o limite máximo para pistas de rolamento (ruas e estradas) e sistemas sépticos. As inclinações maiores que 20% são desfavoráveis a quaisquer tipos de instalações urbanas, a não ser residências, em áreas geologicamente favoráveis.

Mesmo assim, SCHOLZ (1972 *in* HOFMANN, 1976) sugere que o limite superior de declividade a ser adotado como máximo aceitável em planejamento de áreas urbanas seja de 27%, face aos problemas diversos, com ênfase na estabilidade dos terrenos.

No caso de Ribeirão Prêto, em grande parte da área o problema é agravado, face ao tipo de substrato utilizado para a implantação da maior parte da cidade, as coberturas lateríticas e, portanto, colapsíveis. Exatamente nessas áreas, cujo substrato rochoso é constituido pelos magmatitos básicos da Formação Serra Geral, é que se acham as classes de inclinação menos indicadas à expansão urbana, especialmente à W, à SW e SE da região cartografada. Pelo contrário, as áreas de domínio da Formação Botucatu apresentam-se mais planas, com inclinações quase sempre restritas à faixa de 1 a 5%, o que significa, em termos de declividade, uma região ótima para a localização de complexos urbanos, industriais e comerciais.

4.3.3. CARTA DOS MATERIAIS DE COBERTURA - (MAPA IV - ANEXO)

A designação Materiais de Cobertura é proposta pelo autor com o sentido de juntar uma classificação essencialmente técnica (Classificação dos Solos para fins de Engenharia) a uma outra de caráter mais descritivo (Formações Superficiais) aliando as qualidades de ambas para que seja viável a caracterização dos materiais superficiais em função de sua morfologia e de suas propriedades geotécnicas.

O primeiro passo para a confecção desse mapa foi a cartografia fotointerpretativa prévia que forneceu, em grandes traços, um primeiro zoneamento da cidade de Ribeirão Prêto. Realizada a coleta dos dados de caracterização dos solos junto às empresas e plotados os pontos de amostragem (Carta de Documentação - Mapa I), foi possível um refinamento dos

contatos traçados pela fotointerpretação, quer pela associação dos dados disponíveis quer pelo contrôle de campo realizado.

I. Classificação dos Materiais de Cobertura

a. Quanto à situação espacial

Segundo a posição ocupada pelos diversos tipos de cobertura, elas foram classificadas como:

a.1. Coberturas de Terraço

Sob essa designação foram agrupados os materiais que ocupam as superfícies horizontais ou levemente inclinadas, sendo, por conseguinte, áreas semelhantes a patamares que interrompem declives (GUERRA, 1978).

Essas áreas de menor inclinação dos terrenos são notadas de maneira especial a NNE e a NE da área estudada, zona de ocorrência da Formação Botucatu.

a.2. Coberturas de Topo

Acham-se aqui inseridos os materiais superficiais que ocupam a porção mais elevada dos pequenos morros da região ou os limites superiores das vertentes, indicando as extensões mais altas do terreno de onde provêm um transporte contínuo de materiais sólidos (CHRISTOFOLETTI, 1974).

a.3. Coberturas de Vertente

Compreendem os materiais de cobertura normalmente transportados que ocupam as superfícies mais inclinadas, sejam elas concavas ou convexas. Essas regiões são comuns na área, especialmente a W, SW e SE.

a.4. Coberturas Aluviais

Ocupando a porção inferior das vertentes nos vales dos rios e riachos, essas coberturas, as aluviões, caracterizam-se por sua gênese, íntimamente relacionada aos cursos d'água e às regiões por eles drenadas.

b. Quanto ao tipo de material constituinte

Para a caracterização do material constituinte dessas coberturas, foi utilizada a nomenclatura usual para a classificação genética dos solos sob o ponto de vista da engenharia (VARGAS, 1978).

Nesses termos, a definição mais adequada para esses materiais é a de que representam os componentes da crosta terrestre escaváveis por meios mecânicos suaves, não necessitando de explosivos para tal (TERZAGHI e PECK, 1962; VARGAS, 1978). Embora muito questionáveis e pouco científicas, tanto essa definição, como a própria classificação, serão aqui adotadas tendo em vista a finalidade do trabalho e a formação profissional dos elementos que hoje se dedicam ao planejamento urbano no país.

Todo o solo tem sua origem ligada à decomposição das rocha (intemperismo e erosão) sendo seu mecanismo de formação ligado a processos posteriores como transporte, deposição e evolução pedogênica. Tendo por base esses processos, e mais a natureza da rocha-mãe, o clima e a topografia, surgiu uma classificação para esses materiais onde pontificam os seguintes tipos básicos:

1. Solos Residuais

São aqueles provenientes da decomposição e alteração das rochas "in situ", onde o transporte é inexistente ou praticamente inexistente. Sua principal característica é a angularidade dos grãos minerais que o compõe. Conforme seu estágio de evolução podem ser divididos em:

- solo residual maturo: o material tornou-se homogêneo, não se mantendo as características da rocha mãe.

- saprolito: as características da rocha original são mantidas (acamamento, xistosidade, fraturamento, etc.) porém perdeu totalmente a consistência.

- blocos em material alterado: sua característica principal é a existência de blocos de rocha envolvidos por material totalmente alterado.

2. Solos Transportados

São materiais originários da decomposição das rochas, onde o fator transporte é evidenciado. Conforme a ação desse agente, podem ser divididos em:

- aluviões: materiais transportados pela água corrente, cujos depósitos são, normalmente, gradacionais (grãos maiores mais próximos à base e grãos menores localizados próximos ao topo da sequência).

- coluviões: materiais transportados lentamente, sob ação da gravidade; normalmente são encontrados nas vertentes e no sopé das mesmas.

- talus: evidenciam transporte violento, exibindo grande variação granulométrica. São, via de regra, encontrados ao pé das encostas e morros.

3. Solos Orgânicos

São materiais transportados que, por apresentarem porcentagem significativa de matéria orgânica, passam a receber a designação acima. São subdivididos em:

- solos orgânicos propriamente ditos: nestes acham-se incluidos os materiais argilosos, siltosos e arenosos com humus.

- turfas: solos extremamente ricos em matéria orgânica, cuja ocorrência é mais comum aos vales entre espigões de serras.

4. Solos de Evolução Pedogênica

Sob essa designação são reconhecidos:

- solos superficiais: confundem-se com os solos aráveis e utilizáveis na agricultura. Normalmente são pouco espessos e não apresentam interesse maior para os problemas de engenharia.

- solos porosos: solos próprios de áreas tropicais e de grande importância geotécnica, principalmente em países como o Brasil.

Esses solos de evolução pedogênica, também chamados de solos lateríticos por sua coloração avermelhada, são solos zonais de clima tropical, resultantes de processos de laterização cujas principais características são: 1. empobrecimento em SiO_2 e enriquecimento em $Al_2O_3 \cdot nH_2O$ e $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ na fração argila; e, 2. entre os argilo-minerais permanece a caolinita, em detrimento da montmorilonita e ilita.

Na classificação pedológica mais clássica seriam colocados entre os Latossolos. Na designação americana, seriam catalogadas como Oxissolos ou Ultissolos, correspondendo aos solos Ferroalíticos da escola francesa. Sendo solos ácidos, com baixa capacidade de troca catiônica e baixo teor em matéria orgânica, sua importância cresce em locais de clima tropical, como o Brasil, por sua espessura, distribuição em área e comportamento geotécnico característico.

O grande problema tecnológico por eles apresentado diz respeito a seu comportamento extremamente instável sob condições de saturação mínima, o que lhes valeu a designação de solos porosos ou colapsíveis.

Sua ocorrência é cartografada em cerca de 60% da área total estudada, uma vez que grande parte dos materiais residuais ou transportados locais sofreram um processo de evolução pedogenética após sua deposição, o que os coloca na categoria dos solos lateríticos.

c. Disposição dos Materiais de Cobertura na Área Estudada

Na área urbana de Ribeirão Prêto e seus arredores, contida pelo Anel Viário da cidade, foram encontradas e cartografadas as seguintes grandes unidades (Mapa IV - anexo).

c.1. Coberturas Residuais

Os materiais superficiais de alteração "in situ" não se acham expressivamente representados na área mapeada.

c.1.1. Coberturas Residuais Arenosas de Topo

Esse tipo de material de cobertura acha-se representado

em pequena área a NE da folha (cerca de 5% de toda a extensão mapeada), cartografado em local de ocorrência da Formação Botucatu, da qual é diretamente derivado.

c.2. Coberturas Transportadas

Os materiais transportados seriam inicialmente responsáveis pelos restantes 95% da área, caso processos posteriores de pedogênese não se instalassem em grande parte da extensão total, principalmente na região de domínio da Formação Serra Geral. Deste modo, somente 20 a 30% dessa área total representam efetivamente os materiais transportados.

c.2.1. Coberturas Transportadas Coluviais

Entre as coberturas transportadas por processos lentos e devidos à gravidade, principalmente, são diferenciados:

c.2.1.1. Coberturas Transportadas Coluviais Arenosas de Terraço

Nessa categoria são incluidos os materiais superficiais arenosos que tenham sofrido processo de transporte lento e que ocupem locais de topografia plana. Tais coberturas foram encontradas a NE da folha, recobrindo a quase totalidade da ocorrência da Formação Botucatu. Sua característica principal é a existência de quantidade apreciável (aproximadamente 20%) de material argiloso, que, pelas características do arenito no local, obrigatoriamente representa contribuição das áreas vizinhas.

c.2.1.2. Coberturas Transportadas Coluviais Argilosas de Terraço

Cerca de 5% da área total mapeada é representada por esse tipo de material argiloso que recobre uma região anormalmente plana dos magmatitos básicos da Formação Serra Geral.

c.2.2. Coberturas Transportadas Aluviais

Ocupam a porção inferior das vertentes nos vales fluviais, com pequena expressão em área. Sua cartografia é bastante dificultada uma vez que grande número de obras de urba

nização já foram realizadas, entre elas retificação e canalização dos riachos. O material constituinte dessas coberturas, de caráter argilo-arenoso, com ampla predominância dos primeiros, é reflexo da drenagem de áreas das rochas básicas por esses rios e córregos.

c.3. Coberturas Lateríticas

Sua área de ocorrência é a mais avantajada entre todas as outras coberturas mapeadas, correspondendo a cerca de 60% da área total. O critério básico para sua subdivisão em duas categorias diferenciadas foi o da morfologia dos terrenos em que ocorre, pois, sendo materiais colapsíveis sob saturação, este fator influi diretamente no problema da estabilidade desses locais.

c.3.1. Coberturas Lateríticas de Topo

São constituidas pelos materiais lateríticos que ocupam os espaços planos inter-vertentes, cujas características iniciais de pequena espessura (menos de 50 cm em alguns casos) e pouca ou nenhuma evidência de transporte os colocaria na categoria de materiais residuais. Porém, a instalação de processos pedológicos sobre êles é notória e seu aspecto torroado, provocado pela aglutinação dos grãos por ressecamento, sua permeabilidade ($K \cong 10^{-4}$ cm/seg), alta para as condições e constituição desse material e a sua densidade, aparente, baixa, fazem com que sejam enquadrados como lateríticos.

c.3.2. Coberturas Lateríticas de Vertente

Apresentando as mesmas características gerais, variando quanto à maior espessura e à posição mais inclinada que ocupam (vertentes), foram cartografadas grandes extensões desses materiais, cujas implicações na ocupação da área são grandes e serão oportunamente abordadas.

4.3.4. CARTA HIDROGEOLÓGICA - (MAPA V - ANEXO -)

Os dados que serviriam de base para que o autor possa tecer alguns comentários sobre o problema da água subterrânea na cidade de Ribeirão Prêto (Tabela 3, ítem 4.2.), foram retirados da bibliografia existente sobre o assunto (SINELLI, 1970). Novas informações, porém, alteram a espessura estimada para o aquífero pelo autor citado, que, baseado em perfís existentes, inferiu 300 m para esse parâmetro. Dados atuais de perfurações, no entanto, apresentam a espessura total do aquífero (Formações Botucatu e Pirambóia) de 150m, sendo 60 m de Botucatu e os 90 m seguintes do arenito Pirambóia, com consequentes alterações nos cálculos de reservas apresentados pelo autor supra citado.

A partir dos dados existentes foram reestudados os mapas apresentados por SINELLI (*op. cit.*) de contorno estrutural do topo do arenito Botucatu e do nível estático do lençol subterrâneo, organizados segundo as técnicas conhecidas (LOCZY e LADEIRA, 1976), que associados aos estudos já realizados na região por SINELLI (*op. cit.*) e WERNICK e SINELLI (1970) e WERNICK (1972), caracterizam hidrogeologicamente a área urbana já existente e à ser ocupada em futuro próximo.

O comportamento estrutural da área, como demonstrado pelos mapas apresentados, a qualifica como bastante bem dotada em termos de água subterrânea e com condições de artesianismo (aquífero confinado). A zona de ocorrência da Formação Serra Geral e Intrusivas Associadas é também importante porque face à quantidade e extensão das regiões falhadas e diaclasadas, parte da recarga do aquífero por aí se processa, uma vez que o material de cobertura existente é permeável. Essas áreas submetidas a ação tectônica mais efetiva são também importantes pois muitos poços bastante produtivos acham-se aí locados.

Claro está que, devido à espessura média aproximada de 100 m para as rochas básicas, a necessidade de perfuração de poços para fins industriais nessa área é fator a ser conside

rado quando da localização de distritos industriais na região, face à quantidade de água necessária e à profundidade onde pode ser obtida.

A área de ocorrência da Formação Botucatu se apresenta como co-responsável pela recarga do aquífero, em pequena escala, pois sua cobertura apresenta coeficiente de permeabilidade $K \cong 10^{-5}$ cm/seg, o que indica baixa permeabilidade. Os poços aí perfurados apresentam problemas por se tratar de material pouco consolidado, tanto coberturas como a própria rocha, mas devido à condição de aquífero aflorante não confinado, essas perfurações, desde que bem feitas, oferecem vazões satisfatórias a pequenas profundidades.

SINELLI (*op. cit.*) calcula vários parâmetros hidrogeológicos para a região, incluindo o Gradiente Hidráulico (i = 0,9) e o sentido do movimento da água subterrânea (N-S e E-W). Para as reservas do aquífero, o cálculo levado a efeito considerando os dados disponíveis na época, indicavam a espessura do aquífero como sendo de 300 m, o que hoje, com dados de perfurações recentes que atravessaram todo o corpo de arenito - Formações Botucatu e Pirambóia -, sabe-se não ultrapassa 150 m em sua totalidade. Assim, o valor real aproximado da reserva, calculado tendo por base os mesmos valores de comprimento, largura e porosidade efetiva, será:

R = Va . Pe , onde:

R = reserva

Va = volume do aquífero

Pe = porosidade efetiva

R = 11.250.000.000 m^3

Do mesmo modo, o autor supra citado calcula a recarga do mesmo aquífero, concluindo que o grande responsável pela mesma é o rio Pardo, com pequena contribuição da área sedimentar e de domínio das rochas básicas em proporções variáveis. Pelos dados geológicos e geotécnicos apresentados neste trabalho, é admissível que a contribuição da área dos magmatitos básicos seja mais efetiva, função dos falhamentos e

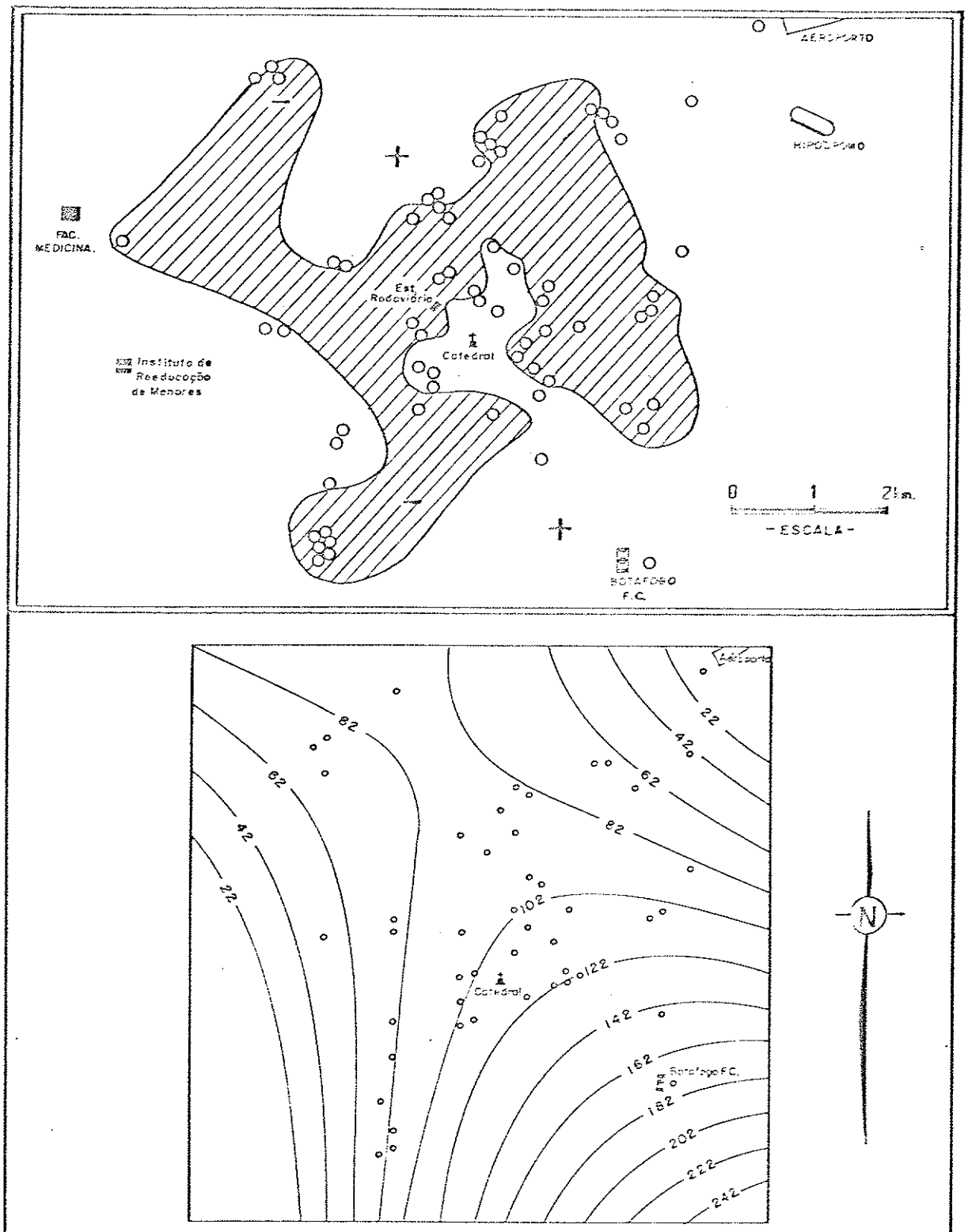
diaclases, bem como dos tipos de coberturas existentes em ambas as regiões, impedindo a percolação efetiva sobre a área sedimentar e facilitando-a na Formação Serra Geral.

De qualquer modo, o risco de poluição das águas subterrâneas é bastante grande, especialmente pelo rio Pardo, e a instalação de equipamentos de saneamento (redes de esgoto, lagoas de oxidação e fossas sépticas), tanques de armazenamento de combustíveis, indústrias que trabalhem ou produzam material poluente de qualquer natureza, devem obedecer esquemas rígidos de segurança e contrôle. Existe também a necessidade de estudos geológicos e geotécnicos locais e detalhados para garantir a minimização dos riscos de perda do aquífero por degradação da qualidade da água subterrânea, especialmente nesta cidade, que tem seu abastecimento totalmente dependente do aquífero de subsuperfície.

Nesse sentido, LANDIM, SINELLI e CASTRO (1973), apresentaram contribuição efetiva estudando problema da suscetibilidade à poluição do aquífero na região de Ribeirão Prêto, pelo método da análise de tendência (LANDIM, PARAGUASSU e BARBOSA, 1973) e fazendo uso dos mesmos dados aqui apresentados, associados às análises hidroquímicas para SiO_2 e Resíduo Seco dos mesmos poços (SINELLI, 1970).

Concluem estes autores que "os mapas de resíduos (Figura 7) revelaram para as variáveis SiO_2 e Resíduo Seco, um fluxo bastante elevado na região central, indicando uma água com características de recarga rápida (baixo teor em sais e alto teor em CO_2 livre) demonstrando dessa forma, nessa região, uma alta vulnerabilidade à contaminação do aquífero estudado".

Essas conclusões corroboram a afirmação acima quanto à situação da área em termos de recarga e demonstram que boa parte da área de ocorrência da Formação Botucatu não contribui eficazmente para essa reposição das reservas subterrâneas de água, sendo, por isso mesmo, zona menos sujeita a problemas devidos à poluição.



MAPAS DE TENDÊNCIA (Residual e superfície de 2° grau) DA VARIÁVEL RESÍDUO SÊCO NA ÁREA URBANA DE RIBEIRÃO PRETO.
(Segundo LANDIM, SINELLI e CASTRO, 1973).

Des. L. Colli Ignarra Netto.

FIGURA — 7

4.4. AS CARTAS DE APTIDÃO

As cartas de aptidão ou cartas sintéticas, como já definidas anteriormente, são mapas que representam os vários fatores associados a dados geotécnicos, de modo tal a estabelecer sínteses capazes de orientar e regularizar a utilização dos terrenos.

4.4.1. METODOLOGIA DE OBTENÇÃO

A sistemática seguida para a elaboração dessas cartas baseou-se em informações geológico-geotécnicas locais, obtidas através de trabalhos de campo e de resultados de ensaios de caracterização física e mecânica dos materiais de cobertura, até profundidades superiores a 4 m, em alguns casos.

Os dados geotécnicos (Tabela 4, ítem 4.2.) incluem, além da identificação da amostra e sua localização, dados de Granulometria, Limites de Atterberg, Ensaios de Compactação (Proctor Normal), alguns dados de Ensaio de Penetração "standard" (S.P.T.) e Classificação B.P.R. (Bureau of Public Roads - U.S.A. -). Esses ensaios permitiram o enquadramento desses materiais dentro de uma classificação mais ampla e conveniente para os propósitos de planejamento de áreas urbanas, a Classificação Unificada de Solos (U.S.C. - A.S.T.M. - D - 2487 -). Todos os ensaios citados, realizados pelos Laboratórios de Solos do D.E.R. - S.P. e da Pentágono Ltda., obedeceram, segundo informações coligidas, a metodologia própria estabelecida pelas normas técnicas brasileiras (A.B.N.T., 1958 *in* VARGAS, 1978) calcadas em normas internacionais de uso consagrado.

A Classificação Unificada de Solos aqui adotada, é um aperfeiçoamento da Classificação de Solos para Aeroportos ou A.C., proposta por CASAGRANDE (1948 *in* VARGAS, *op. cit.*), pois define, como a sua predecessora, uma série de índices de utilização dos materiais superficiais, a partir da caracteriza

ção de grupos de amostras segundo sua resposta aos ensaios tecnológicos realizados eliminando, porém, o vício inicial da Classificação A.C. que condicionava o uso do solo à pistas de rolamento de alta solicitação.

Na Classificação Unificada, os materiais são divididos em tipos, classes e grupos, estes em número de 15, sendo o enquadramento em qualquer deles efetivado após a realização de ensaios de Granulometria e dos Limites de Atterberg, seguindo certas normas previamente estabelecidas (VARGAS, *op. cit.*).

A Tabela 5 mostra a Classificação de Solos para Aeroportos, onde, além dos grupos de solos, seus respectivos símbolos e ensaios-diagnósticos para caracterização, é apresentada uma listagem do comportamento esperado de cada um dos grupos sob diversas situações e sob várias solicitações diferentes. Essa tabela é fruto de um sem número de ensaios executados e da experiência dos pesquisadores envolvidos em sua elaboração. Do mesmo modo, a Tabela 6 apresenta a Classificação Unificada que, além das vantagens de sua precursora, contém uma série de testes de simples realização, mesmo no campo, que permitem uma avaliação rápida e precisa dos vários tipos de materiais de cobertura.

Tomando os resultados dos ensaios de caracterização realizados foi possível, segundo os critérios acima expostos, classificar esses materiais de cobertura, a partir do que foram estabelecidas as aptidões dos terrenos da área do município de Ribeirão Prêto limitada pelo anel viário. Para isto, foram também considerados os elementos já discutidos e apresentados em mapa nas Cartas de Fatores, associados às proposições de utilização dos terrenos das Classificação A.C. e Unificada, às propostas por HOFMANN (1976) - Tabela 7 -, e por ROBERTS (1977) - Tabela 8 -.

Deve ser ressaltado que a utilização de adjetivos como "Apto", "Médio" e "Inadequado" (ou "Bom", "Médio" e "Mau"), representados por suas iniciais "A", "M" e "I", para caracterizar o comportamento dos vários tipos de materiais, embora

Divisões Gerais		Grupos de Solos e Designações Típicas	Símbolos dos Grupos	Caracterização Geral		Observações Ensaios Relativos ao Solo em seu Estado Natural	Ensaios Principais de Caracterização
				Resistência do Solo Seco	Outros Ensaios		
SOLOS DE GRANULAÇÃO GROSSA	Pedregulhos e solos pedregulhosos	Pedregulho c/ misturas areia-pedregulho bem graduadas. Pequena ou nenhuma proporção de finos	GW	Nula	Granulometria Forma do grão Exame do ligante, úmido e seco Durabilidade dos grãos	Massa específica do solo seco e índice de vazios Grau de compacidade Cimentação Estratificação e características de drenagem Condições da água subterrânea Experiências de tráfego Provas de carga em placas de grande tamanho Ensaio "Califórnia"	Análise granulométrica
		Misturas bem graduadas de pedregulho-areia, com excelente ligante	GC	Média			Análise granulométrica. Limites de liquidez e plasticidade do ligante
		Pedregulho e misturas areia-pedregulho mal graduadas. Pouca ou nenhuma proporção de finos	GP	Nula			Análise granulométrica
		Pedregulho com finos, pedr. muito siltoso, pedregulho argiloso, misturas mal-graduadas, de pedr.-areia-argila	GF	Muito pequena a grande			Análise granulométrica. Limites de liquidez e plasticidade do ligante (se possível)
	Areias e solos arenosos	Areias e areia pedregulhosas bem graduadas, pouca ou nenhuma proporção de finos	SW	Nula			Análise granulométrica
		Misturas areia-argila bem graduadas c/ excelente ligante	SC	Média a grande			Análise granulométrica Limites de liquidez e plasticidade do ligante
		Areias mal graduadas pouca ou nenhuma proporção de finos	SP	Nula			Análise granulométrica
		Areia com finos, areias muito siltosas, areias argilosas, misturas areia-argila mal graduadas	SF	Muito pequena a grande			Análise granulométrica Limites de liquidez e plasticidade do ligante (se possível)
SOLOS DE GRANULAÇÃO FINA CONTENDO POUCO OU NENHUM MATERIAL GROSSO	Solos de granulação fina de baixa ou mediana compressibilidade	Siltes Inorgânicos e areias finas, mic, pó de rocha, areia muito finas argilosas ou siltosas de baixa plasticidade	ML	Muito pequena a média	Amassamento manual e plasticidade	Massa específica do solo seco, teor de umidade e índice de vazios Consistência do solo indeformado e amolgado Estratificação, orifícios de raízes, fissuras Drenagem e condições da água subterrânea Experiências de tráfego Provas de carga em placa de grande tamanho Ensaios "Califórnia" ou ensaios de compressão	Análise granulométrica Limites de liquidez e plasticidade do ligante (se possível)
		Argilas de plasticidade baixa a média, argilas arenosas, argilas siltosas, argilas magras	CL	Média a grande	Exame no estado plástico		Limites de liquidez e plasticidade
		Siltes orgânicos e misturas Siltes-argila com matéria orgânica de baixa plasticidade	OL	Pequena a média	Exame no estado plástico, cheiro, cor		Limites de liquidez e plasticidade no estado natural e depois de seco em estufa
	Solos de granulação fina de elevada compressibilidade	Solos siltosos e de areia fina, micáceos ou diatomáceos, siltes elásticos	MH	Muito pequena a média	Amassamento manual e plasticidade		Análise granulométrica Limites de liquidez e plasticidade do ligante (se possível)
		Argilas inorgânicas de alta plasticidade, argilas gordas	CH	Grande a muito grande	Exame no estado plástico		Limites de liquidez e plasticidade
		Argilas orgânicas de média a alta plasticidade	OH	Média a grande	Exame no estado plástico, cheiro, cor		Limites de liquidez e plasticidade no estado natural e depois de seco em estufa
Solos orgânicos altamente compressíveis		Solos turfosos e outros solos de pântano altamente orgânicos	P_t	Facilmente caracterizável		Consistência, textura e teor de umidade natural	

Qualidade como Fundação	Qualidade como Superfície de Rolamento para Construção de Emergência		Retração e Umidecimento	Drenabilidade	Compactação no Campo Equipamento	$\gamma_{s\ máx.}$ h_{ot}	Trafego de Suporte e Califórnia para amostra compactada e inundada	Grupos de Classificação B.P.R. Comparáveis
	C/ Flexível (Ca Cl$_2$)	C/ Tratamento Superficial Asfáltico						
Excelente	Regular a má	Excelente	Quase nenhuma	Excelente	Excelente Trator, equipamento com pneumáticos	$\gamma \geq 2{,}00$ $h < 10$	> 80	A-3
Excelente	Excelente	Excelente	Muito baixa	Praticamente Impermeável	Excelente Pé-de-Carneiro Equipamento com pneumáticos	$\gamma \geq 2{,}08$ $h < 10$	> 40	A-1
Excelente	Má	Má a regular	Quase nenhuma	Excelente	Boa para excelente Trator, equipamento com pneumáticos	$\gamma \geq 1{,}84$ $h < 12$	25-60	A-3
Boa a excelente	Má a boa	Regular a boa	Quase nenhuma a baixa	Regular a praticamente impermeável	Boa para excelente Trator, equipamento com pneumáticos Pé-de-carneiro	$\gamma \geq 1{,}92$ $h < 12$	> 20	A-2
Excelente	Má	Boa	Quase nenhuma	Excelente	Excelente Trator, equipamento com pneumáticos	$\gamma \geq 1{,}92$ $h < 12$	20-60	A-3
Excelente	Excelente	Excelente	Muito baixa	Praticamente Impermeável	Excelente Pé-de-Carneiro Equipamento com pneumáticos	$\gamma \geq 2{,}00$ $h < 10$	20-60	A-1
Boa	Má	Má	Quase nenhuma	Excelente	Boa para excelente Trator, equipamento com pneumáticos	$\gamma \geq 1{,}60$ $h < 20$	10-30	A-3
Regular a boa	Má a boa	Má a boa	Quase nenhuma a média	Regular a praticamente impermeável	Boa para excelente Trator, equipamento com pneumát. Rolo pé-de-carneiro	$\gamma \geq 1{,}68$ $h < 18$	8-30	A-2
Regular a má	Má		Baixa a média	Regular a má	Boa para troca Controle e cuidadoso e essencial rolo pneumático	$\gamma \geq 1{,}80$ $h < 18$	8-25	A-4
Má	Má		Média	Praticamente Impermeável	Fraca para boa Pé-de-carneiro	$\gamma \geq 1{,}80$ $h < 18$	4-15	A-4 A-6 A-7
Má e muito má	Muito má		Média a elevada	Má	Fraca para má Pé-de-carneiro	$\gamma \geq 1{,}44$ $h < 26$	3- 8	A-4 A-7
Má e muito má	Muito má		Elevada	Regular a má	Má para muito má	$\gamma \geq 1{,}80$ $h < 20$	< 7	A-5
Má a muito má	Muito má		Elevada	Praticamente Impermeável	Fraca para má Pé-de-carneiro	$\gamma \geq 1{,}44$ $h < 26$	< 8	A-6 A-7
Muito má	Inútil		Elevada	Praticamente Impermeável	Má para muito má	$\gamma \geq 1{,}80$ $h < 20$	< 4	A-7 A-8
Extremamente má	Inútil		Muito elevada	Regular a má	Compactação impraticável			A-8

Tabela: 5 CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS PARA AEROPORTOS (Segundo CASAGRANDE, 1.948 In VARGAS, 1.978).

PROCESSO								
PROCESSO PARA A IDENTIFICAÇÃO NO CAMPO (excluindo as partículas maiores que 3" baseando-se na estimação de peso das frações)							símbolo do grupo	DESIGNAÇÃO CARACTERÍSTICA
SOLOS DE GRANULAÇÃO GROSSA (Mais da metade do material é maior que a abertura da malha da # nº 200. A abertura da malha da # nº 200 corresponde aproximadamente à menor partícula visível a olho nu)	PEDREGULHOS (Mais da metade da fração grossa é maior que # nº 4)	PEDREGULHOS LIMPOS (pouco ou nenhum fino)	Grãos cobrindo toda escala de granulação com quantidade substancial de todas as partículas intermediárias.				G. W.	Pedregulhos bem graduados, misturas de areia e pedregulho com pouco ou nenhum fino
			Predominância de um tamanho de grão ou granulação falha de ausência de alguns tamanhos de grão).				G. P.	Pedregulhos mal graduados, misturas de pedregulho e areia com pouco ou nenhum fino
		PEDREGULHOS COM FINOS (apreciável quantidade de fino)	Finos não plásticos (para proceder a identificação ver M.L.).				G. M.	Pedregulhos siltosos, misturas de pedregulho, areia e silte mal graduados
			Finos plásticos (para proceder a identificação ver C.L.).				G. C.	Pedregulhos argilosos, misturas de pedregulho, areia e argila mal graduados
	AREIAS (Mais da metade da fração grossa é menor que # nº 4 (Para a classificação visual, a abertura da malha da # nº 4 é equivalente a 5 mm).	AREIA PURA (pouco ou nenhum fino)	Grãos cobrindo toda a escala de granulação com quantidade substancial de todas as partículas intermediárias.				S. W.	Areias Bem graduadas, areias pedregulhosas, com pouco ou nenhum fino
			Predominação de um grão ou granulação falhada.				S. P.	Areias mal graduadas, areias pedregulhosas, com pouco ou nenhum fino
		AREIA COM FINOS (apreciável quantidade de finos)	Finos não plásticos (para proceder a identificação ver M.L.).				S. M.	Areias siltosas, misturas mal graduadas de areia e silte
			Finos plásticos (para proceder a identificação ver C.L.).				S. C.	Areias argilosas, misturas mal graduadas de areia e argila
SOLOS DE GRANULAÇÃO FINA (Mais que a metade do material é menor que a abertura de malha da # 200. A abertura da malha da # 200 corresponde aproximadamente à menor partícula visível a olho nu)	PROCESSO DE IDENTIFICAÇÃO EXECUTADO SOBRE A FRAÇÃO < nº 40							
	SILTES E ARGILAS (Limite de liquidez menor que 50)		RESISTÊNCIA A SECO (esmagamento pelos dedos)	DILATÂNCIA (sacudindo na palma de mão)	RIGIDEZ (consistência nas proximidades do L.P.)			
			Nenhuma a pequena	Rapida a lenta	Nenhuma		M. L.	Siltes inorgânicos e areias muito finas, alteração de rocha, areias finas, siltosas ou argilosas com pequena plasticidade.
			Média a elevada	Nenhuma a muito lenta	Média		C. L.	Argilas inorgânicas de baixa a média plasticidade, argilas pedregulhosas, argilas arenosas, argilas siltosas, argilas magras
			Pequena a média	Lenta	Pequena		O. L.	Siltes orgânicos e siltes argilosos orgânicos de baixa plasticidade
	SILTES E ARGILAS (Limite de liquidez maior que 50)		Pequena a média	Lenta a nenhuma	Pequena a média		M. H.	Siltes inorgânicos, micáceos ou diatomáceos, finos arenosos ou solos siltosos, siltes elásticos
			Elevada a muito elevada	Nenhuma	Elevada		C. H.	Argilas inorgânicas de alta plasticidade, argilas gordas
			Média a elevada	Nenhuma a muito lenta	Pequena a média		O. H.	Argilas orgânicas de média a alta plasticidade
Turfas			Facilmente identificáveis pela cor, cheiro, porosidade e freqüentemente textura fibrosa.				P_t	Solos com elevado teor de matéria orgânica

Tabela: 6 CLASSIFICAÇÃO UNIFICADA DE SOLOS (U.S.C. In VARGAS, 1.978).

PARÂMETROS / ÍNDICES	INCLINAÇÃO NATURAL DOS TERRENOS	CONDIÇÕES DE DRENAGEM (PROFUNDIDADE DO LENÇOL FREÁTICO)	FACILIDADE DE ESCAVAÇÃO (PROFUNDIDADE DA ROCHA)	APTIDÃO À FUNDAÇÕES		APTIDÃO À INSTALAÇÃO DOS SISTEMAS SÉPTICOS		
				GRUPOS DE SOLOS (U.S.C.)	CONTRAÇÃO	GRUPOS DE SOLOS (U.S.C.)	TAMANHO EFETIVO DOS GRÃOS	CONTEÚDO EM ARGILA
BOM	< 5 %	> 2 m	> 2 m	GW, GP, GM, GC, SW ROCHA	< 8 %	GM SM	> 0,1 mm	< 20 %
MÉDIO	5 - 15 %	1 - 2 m	1 - 2 m	SP, SM, SC LC	8 - 15 %	LM, LC HM	> 0,1 mm	< 20 %
POBRE	> 10 %	< 1m OU SUJEITO À FLUTUAÇÕES	< 1 m	LM, LO HM, HC, HO Pt	> 15 %	GW, GP, GC SW, SP, SC LC, LO HC, HO ROCHA	< 0,1 mm	> 20 %

Tabela: 7 PARÂMETROS E ÍNDICES DE APTIDÃO PARA USO DO MEIO FÍSICO

(Modificado de HOFMANN, 1.976)

GRUPOS DE SOLOS(U.S.C)	PERMEABILIDADE (COMPACTADO)	RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO (COMPACTADO E SATURADO)	COMPRESSIBILIDADE (COMPACTADO E SATURADO)	UTILIZABILIDADE COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO
GW	PERMEÁVEL	EXCELENTE	INSIGNIFICANTE	EXCELENTE
GP	MUITO PERMEÁVEL	BOA	INSIGNIFICANTE	BOA
GM	SEMI-PERMEÁVEL A IMPERMEÁVEL	BOA A MÉDIA	MUITO BAIXA	BOA
GC	IMPERMEÁVEL	BOA A MÉDIA	MUITO BAIXA	BOA
SW	PERMEÁVEL	EXCELENTE	INSIGNIFICANTE	EXCELENTE
SP	PERMEÁVEL	BOA	MUITO BAIXA	MÉDIA
SM	SEMI-PERMEÁVEL A IMPERMEÁVEL	BOA	BAIXA	BOA
SC	IMPERMEÁVEL	BOA A MÉDIA	BAIXA	BOA
LM	SEMI-PERMEÁVEL A IMPERMEÁVEL	MÉDIA	MÉDIA	MÉDIA
LC	IMPERMEÁVEL	MÉDIA	MÉDIA	BOA A MÉDIA
LO	SEMI-PERMEÁVEL A IMPERMEÁVEL	POBRE	MÉDIA	MÉDIA
HM	SEMI-PERMEÁVEL A IMPERMEÁVEL	MÉDIA A POBRE	ALTA	POBRE
HC	IMPERMEÁVEL	POBRE	ALTA	POBRE
HO	IMPERMEÁVEL	POBRE	ALTA	POBRE
Pt	—	—	—	—

Tabela:8 —COMPORTAMENTO DOS VÁRIOS TIPOS DE SOLOS FRENTE A SOLICITAÇÕES DIVERSAS EM ENGENHARIA. (Modificodo de ROBERTS, 1977).

subjetivo até certo ponto, tem duas vantagens a serem consideradas: 1. Elimina a diversidade de opiniões à respeito de um determinado tipo de material em função dos resultados dos ensaios, nem sempre representativos, nele realizados; e, 2. é de utilização universal, ou seja, compreensível a todos os que têm necessidade de utilizar esses mapas de aptidão, fato este especialmente comum em equipes multidisciplinares de planejamento. Assim, tendo em vista a finalidade deste trabalho não se fixar na eliminação de qualquer ensaio geotécnico, por mais simples que seja, quando da implantação de qualquer obra civil, e ainda, o método utilizado na obtenção das propostas para utilização dos terrenos, a nomenclatura adotada nos mapas de aptidão, apresentados a seguir, obedecerá aos índices:

1. Apto - A - : o terreno reúne condições geológicas e geotécnicas frente às solicitações decorrentes do parâmetro estudado.

2. Médio - M - : o terreno não reúne todas as condições desejáveis, porém, tomados os devidos cuidados e providencia das soluções alternativas, é utilizável para o fim proposto.

3. Inadequado - I - : o terreno não reúne condições de espécie alguma frente às solicitações propostas e sua utilização será danosa ou necessitará de soluções altamente dispendiosas.

A Tabela 9 apresenta 12 diferentes caractéres de grande importância para fins do estabelecimento das prioridades na ocupação urbana do meio físico disponível. Esses caractéres foram analisados segundo as diversas zonas estabelecidas na área, definidas *a priori* por seus diferentes materiais de cobertura (Mapa IV) e agora melhor caracterizadas pela similaridade observada entre os diversos grupos de solos encontrados em cada uma dessas áreas, o que justifica a manutenção de seus contatos (em traços pontilhados) nos diversos mapas de aptidão apresentados a seguir (em anexo), sendo possível, assim, uma análise mais acurada da influência dos materiais de cobertura sobre o parâmetro de aptidão estudado.

PARÂMETROS / COBERTURAS			GRUPOS DE MATERIAIS DE COBERTURA (U.S.C.)	APTIDÃO À FUNDAÇÕES	APTIDÃO À ESCAVAÇÕES.	RESISTÊNCIA AO CASCALHAMENTO (Compactado e saturado)	APTIDÃO À INSTALAÇÃO DE SISTEMAS DE SANEAMENTO	DRENABILIDADE	UTILIZABILIDADE COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO.	TRAFICABILIDADE	COMPRESSIBILIDADE (Compactado e saturado).	EXPANSIBILIDADE	PERMEABILIDADE (Compactado)	ESTABILIDADE NATURAL DO TERRENOS	RESISTÊNCIA À EROSÃO	COEFICIENTE DE POTENCIAL DE USO
RESIDUAIS		ARENOSAS DE TOPO	SW	A	I	A	I	A	A	M	I	A	A	A	M	+ 4
TRANSPORTADAS	COLUVIAIS	ARENOSAS DE TERRAÇO	SM	M	M	A	A	I	I	M	I	A	I	M	I	- 1
		ARGILOSAS DE TERRAÇO	LM LC	I	M	I	M	I	M	I	M	I	I	M	I	- 6
	ALUVIAIS	ALUVIÕES	LM LC SM	I	M	I	I	M	M	I	M	I	M	M	I	- 6
LATERÍTICAS		DE TOPO	LC LM LO HC HO	I	I	I	I	M	M	I	M	M	M	M	M	- 5
		DE VERTENTE	LC LM LO HC HO	I	M	I	I	M	M	I	M	M	M	I	M	- 5

A = Apto para utilização (índice +1). M = Condições medianas de utilização (índice 0). I = Inadequado para utilização (índice - 1).

Tabela:9 POTENCIAL DE USO DOS MATERIAIS DE COBERTURA FRENTE AOS PARÂMETROS DE APTIDÃO.

Assim é que as coberturas residuais arenosas de topo apresentam materiais arenosos bem graduados, com pequena quantidade de finos, ou seja, coberturas do grupo SW. Do mesmo modo, as coberturas transportadas coluviais arenosas de terraço caracterizam-se pela presença de finos em quantidade apreciável, misturados a areias mal graduadas, caracterizando o grupo SM, enquanto que os materiais transportados coluviais argilosos de terraço, que apresentam materiais classificados nos grupos LC e LM, são marcados pela presença de finos de baixa a média plasticidade, por vezes apresentando areias finas e muito finas. As aluviões na área são também representadas por materiais desse mesmo tipo (LC e LM), porém a presença de materiais mais grosseiros (SM), confere a estas regiões certas propriedades distintivas.

As coberturas lateríticas acham-se bem caracterizadas na área pela presença abundante de finos, com certa variação de comportamento local. Porém, face aos processos de pedogênese aí instalados, esses materiais (classificados entre os grupos LC, LM, LO, HC, HO e até SM, com predominância dos LC e LM) respondem às solicitações de maneira peculiar, variando, por vezes, face à situação morfológica de seus depósitos, o que originou seu desmembramento em duas áreas: as coberturas lateríticas de topo e de vertente.

4.4.2. CARTA DE APTIDÃO I - FUNDAÇÕES, ESCAVAÇÕES E RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO (MAPA VI - ANEXO -)

Na programação para o reconhecimento do sub-solo para que seja determinado o tipo de fundação mais adequado, é necessário que seja determinada a resistência (capacidade de carga) e as características de adensamento das camadas sotopostas à fundação em toda a zona atingida pelas tensões por elas originadas. Caso uma determinada camada apresentar baixa capacidade de carga, poderá ocorrer seu cisalhamento por efeito da carga aplicada, levando a estrutura ao colapso. Por outro lado, as características de adensamento ajudarão a de

finir os recalques das camadas menos resistentes situadas sob a estrutura.

A carta de aptidão à fundações tem, portanto, a finalidade de, conjugando os vários fatôres envolvidos no problema (capacidade de carga e características de adensamento, principalmente), oferecer uma visão geral dos terrenos de modo a permitir a individualização de zonas mais ou menos favoráveis à implantação de grandes estruturas, baseada na qualidade dos materiais aí existentes.

A resistência ao cisalhamento é um parâmetro extremamente importante, pois se a tensão de cisalhamento em uma massa de solo excede a um certo valor crítico, o solo rompe. Dependendo das condições desse material e da carga, a ruptura pode causar um escorregamento, o colapso de um muro de arrimo ou o afundamento de uma sapata no terreno. Como a importância de que esses fatos sejam evitados é indiscutível, ensaios para determinar essa resistência devem ser executados sempre. A classificação adotada para este trabalho oferece uma idéia a respeito do grau de confiança depositável em cada um dos grupos de materiais, associando-lhe um dos índices já discutidos (ROBERTS, 1977).

Já a aptidão à escavações, ou escavabilidade, diz respeito à maior ou menor facilidade que um determinado material apresenta aos métodos mecânicos normais de escavação. Sua apresentação junto aos caractéres já mencionados se justifica principalmente por seu relacionamento íntimo com os problemas de fundações (HOFMANN, 1976).

No tocante aos dois primeiros ítens, a região estudada se divide em tres sub-regiões distintas: a dos materiais tipicamente arenosos, a dos predominantemente arenosos e a dos argilosos. No primeiro caso, a indicação da área como Apta a instalação de fundações é devida às qualidades intrínsecas do material residual aí existente, classificado como SW. Para este tipo de material, em tese, o teste de penetração "standard" (S.P.T.) que possibilita uma estimativa da compacidade dos materiais e, por conseguinte, da capacidade de

carga, oferece valores de N (número de golpes) superiores a 30, indicando materiais compactos a muito compactos, cujos ensaios de resistência ao cisalhamento oferecem valores de até mais de 30° para o ângulo de atrito ϕ (TERZAGHI e PECK, 1962). Em gráfico para estimativa da pressão admissível no solo para sapatas em areia, com base em ensaios S.P.T., as pressões admissíveis no solo para sapatas de 3 m de largura ficariam em torno de 3 a 5 kg/cm^2, o que qualifica esses terrenos como bons ou aptos.

No caso dos materiais predominantemente arenosos, materiais enquadrados no grupo SM, os autores mencionados, com base no mesmo tipo de raciocínio, estimam valores inferiores aos apresentados. Os resultados dos ensaios S.P.T. apresentam N da ordem de 10 a 30 golpes, e o de resistência ao cisalhamento, ângulo de atrito ϕ em torno de 25°, garantindo propriedades medianas de aptidão à instalação de fundações e de resistência ao cisalhamento (índice I).

Já a terceira região, dos materiais argilosos, não apresenta condições razoáveis frente aos parâmetros enfocados, pois sendo constituída por materiais finos, silto-argilosos, torroados, os valores mais encontradiços do número N de golpes no teste S.P.T. seriam 2 a 10, com capacidades de carga normalmente menores que 1 kg/cm^2. No tocante à resistência ao cisalhamento, os valores esperados para o ângulo de atrito ϕ desses materiais não excedem 20° e com baixos valores de coesão (TERZAGHI e PECK, *op. cit.*). Essas áreas foram enquadradas como Inadequadas (I) na escala adotada.

Como já enfatizado anteriormente, embora existindo alguns ensaios que referendem os dados de valores esperados para cada região, essas cartas de aptidão não podem ser consideradas cartas geotécnicas, pois para receberem esse nome, o número de ensaios deve ser nunca inferior a 20 por km^2, chegando a 50 conforme o grau de complexidade da área (SANEJOUAND, 1972; HOFMANN, 1976). Assim, os valores obtidos de ensaios acima citados servem apenas como limites para as classes ou índices propostos, de acordo com o espírito do trabalho ora apresentado.

Já o critério adotado para definir a aptidão dos terrenos à escavação foi baseado na maior ou menor facilidade apresentada pelo terreno a ser escavado por equipamentos manuais ou de terraplenagem, incluindo, também, a profundidade da rocha sobjacente e desgaste do equipamento (HOFMANN, *op. cit.*).

Assim, os materiais residuais da Formação Botucatu apresentam-se com o índice I, tanto pela resistência apresentada como pelo desgaste imposto ao equipamento.

Também as coberturas lateríticas de topo apresentam índice I, especialmente tendo em vista a pequena espessura que apresentam em grande parte de sua área de domínio.

Condições apreciáveis de escavabilidade, já associando facilidade de acesso, sem maior desgaste de maquinário, foram encontrados nas áreas de coberturas transportadas coluviais argilosas de terraço pela compacidade mediana e espessura razoável (M). Também as aluviões, em que pese as condições precárias de deslocamento do maquinário pesado em virtude da pequena profundidade do lençol freático (1 a 2 m), receberam o índice M.

As demais áreas foi também atribuido o nível intermediário - M - (coberturas arenosas de terraço e lateríticas de vertente) pois se não reunem condições ótimas de escavabilidade, também não chegam a se caracterizar como áreas de difícil trabalhamento.

4.4.3. CARTA DE APTIDÃO II - INSTALAÇÃO DE SISTEMAS DE SANEAMENTO, DRENABILIDADE DOS TERRENOS, UTILIZABILIDADE COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO (MAPA VII - ANEXO -)

A aceitação de rejeitos domésticos pelos materiais superficiais (através de fossas sépticas ou de lagoas de oxidação de resíduos), bem como a drenabilidade dos terrenos, são apresentados em função dos grupos U.S.C. de ocorrência regis

trada nas áreas definidas pela Carta de Materiais de Cobertura, segundo os critérios estabelecidos por HOFMANN (*op. cit.*).

Para o primeiro parâmetro, além dos grupos da Classificação Unificada, são levados em conta o tamanho dos grãos minerais e o conteúdo em argila. O tamanho dos grãos, maior que 0,1 mm surge como uma necessidade para impedimento que os vazios do material de cobertura onde esteja instalada uma fossa séptica sejam obstruídos por crescimento de bactérias (O'CONNOR & WEBER, 1975 *in* HOFMANN, 1976). O limite máximo de 20% no conteúdo total de argila é sugerido para que as condições adequadas de permeabilidade sejam mantidas. Essas imposições excluem todos os grupos U.S.C., com exceção de GM, SM, LM e, em parte, LC. Areias puras e cascalhos (GW, GP, SW e SP) são classificados como Pobres, juntamente com as rochas fraturadas, por problemas de poluição devida à rápida percolação da água contendo impurezas.

Na região estudada, seria atribuido o índice Apto frente ao parâmetro Instalação de Sistemas de Saneamento (ou Sépticos) apenas à região dos materiais transportados coluviais arenosos de terraço. Apresentando o índice Médio surgem os materiais coluviais argilosos de terraço, enquanto que todas as outras coberturas apresentam restrições frente ao parâmetro analisado, com sérios riscos de poluição orgânica do sub-solo e, consequentemente, do aquífero.

As características de Drenabilidade dos terrenos, ou seja, o grau de oposição que o terreno oferece aos processos de drenagem, já se acham relatadas por CASAGRANDE (1948 *in* VARGAS, 1978) em função das características gerais dos solos por ele enquadrados nos quinze grupos de sua classificação, sendo ratificadas por HOFMANN (1976), frente a situações de diferentes profundidades do lençol freático. Seguindo ambas as determinações, conclui-se que podem ser enquadrados como Aptos os materiais de cobertura residuais arenosos de topo, com índices intermediários as aluviões e as coberturas lateríticas e com condições Inadequadas de drenabilidade as coberturas transportadas coluviais.

A Utilizabilidade como fonte de Materiais de Construção dessas coberturas, ou seja, o grau em que podem ser utilizadas na construção civil, é, como um todo, apenas razoável, não demonstrando quaisquer qualidades somente os materiais transportados coluviais arenosos de terraço (ROBERTS, 1977), recebendo índice I.

A utilidade dos demais como jazidas de terra é média a baixa, principalmente para aterros e terraplenos de rodovias, ferrovias, barragens de terra, recuperação de terrenos e estradas de terra. Entre as qualidades fundamentais para esse tipo de utilização e que devem merecer testes prévios para a avaliação de cada área de empréstimo, contam-se a resistência interna, a boa classificação dos grãos grosseiros e a baixa permeabilidade. A região acha-se razoavelmente servida em termos de quantidade, desse tipo de material, aí incluidas as coberturas lateríticas.

Quanto à existência de materiais arenosos a deficiência é maior, obrigando a utilização dos depósitos situados à margem do rio Pardo quando não contaminado por argilas, ou do próprio leito do rio, retirado por dragagem.

Não são disponíveis, igualmente, bons depósitos locais de argilas para fabricação de telhas e tijolos, o mesmo ocorrendo com pedregulhos. No tocante à rocha para brita, a área é particularmente rica (Formação Serra Geral e Intrusivas Associadas) embora, pelas descrições petrográficas já citadas, a presença de vidro vulcânico e de vesículas e amígdalas, possa vir a se constituir em fator limitante para sua utilização, o primeiro por problemas de adesividade ao betume e as últimas por diminuição de resistência e aumento da reatividade. As várias pedreiras existentes dentro do perímetro urbano, no entanto, fornecem material para todos os usos, seja na pavimentação de ruas e rodovias, seja na construção civil. Também em alguns locais, especialmente residências, já é notada a utilização desses magmatitos básicos como material para a confecção de muros e paredes.

4.4.4. CARTA DE APTIDÃO III - TRAFICABILIDADE, EXPANSIBILIDADE E COMPRESSIBILIDADE (MAPA VIII - ANEXO -)

Por Traficabilidade de um terreno entende-se a capacidade do mesmo em ser utilizado como superfície de rolamento. Nestas, uma base, que é uma camada de material compactado, é revestida por mistura asfáltica e repousa sobre uma camada denominada sub-base, também constituida por material compactado do próprio local ou trazido de uma área de empréstimo. Os parâmetros aqui relacionados dizem respeito a utilização dos materiais existentes *in situ* para base e sub-base, pois, além de intimamente associados, são também dependentes da drenabilidade. Dada essa interdependencia, serão aqui analisados como um todo, sendo, todavia, apresentados em separado no Mapa VIII, para facilidade de visualização.

A Compressibilidade é aqui entendida como a propriedade apresentada por certos materiais de mudarem de forma ou de volume quando lhes são aplicadas forças externas. Nos solos grossos, quando da aplicação dessas forças, há uma deformação por alteração da constituição dos mesmos, disso resultando: 1. compressão: quando há diminuição de volume; 2. dilatação: quando há aumento de volume; 3. deformação: quando existe alteração na forma, sem haver variação no volume.

Nos solos finos a compressibilidade é, no geral, elevada, não só porque a estrutura desses materiais é mais ampla e complexa, como pelo fato de que, neles, os grãos são geralmente alongados, podendo eles próprios sofrerem deformações por flexão ou dobramento. Assim ele recebe e suporta, pelo menos em parte, a pressão aplicada. Como pode ser depreendido, existe íntima relação entre a compressibilidade do material e sua plasticidade.

Já a Expansibilidade dos materiais superficiais é o fenômeno inverso, ou seja, o fato de haver um aumento de volume do material quando de sobre ele são retiradas as pressões atuantes. Quando associado o índice Apto ao critério expansi

bilidade, indica-se boa resistencia do terreno ao fenomeno acima descrito.

A associação desses parâmetros, descritos com valores esperados para ensaios característicos (C.B.R. e Proctor Normal) de utilização corriqueira na prática rodoviária, acham-se relatados por CASAGRANDE (1948 *in* VARGAS, 1978) e ROBERTS (1977), de modo que na área, não existem zonas que reunam condições ideais para a instalação de pistas de rolamento. No caso dos materiais mais arenosos, embora a expansabilidade e a drenabilidade ofereçam condições satisfatórias, a má compressibilidade desses terrenos põe a perder essas qualidades, fazendo com que as condições finais de traficabilidade sejam apenas medianas (vide resultados de Ensaios de Compactação - Tabela 4 ítem 4.2. -).

Quanto à situação das áreas mais ricas em finos, em que pese a presença da caolinita nos terrenos lateríticos, o que faria com que a expansibilidade dos materiais dessa área se situassem entre 1 a 3% (e, portanto, condições aceitáveis), pelo fato de apresentarem grandes recalques e serem colapsíveis, não se prestam a implantação de obras viárias. Quanto às outras regiões, a associação de condições precárias de drenabilidade, má expansabilidade e índices medianos de compressibilidade, não as qualifica para o uso como base e sub-base de pistas de rolamento.

4.4.5. CARTA DE APTIDÃO IV - PERMEABILIDADE, ESTABILIDADE NATURAL DOS TERRENOS E RESISTÊNCIA À EROSÃO. (MAPA IX - ANEXO -)

Os materiais superficiais são agregados naturais complexos, constituidos por grãos minerais e matéria orgânica, constituindo uma fase sólida, envolvidos por uma fase líquida e, eventualmente presente, uma fase gasosa, o ar. Define-se, então, como permeabilidade, a propriedade de um solo que indica a maior ou menor facilidade que o mesmo oferece à pas-

sagem da água através dos seus vazios. Para avaliar essa facilidade em termos palpáveis, é utilizada uma constante, K, o Coeficiente de Permeabilidade, extraído da Lei de Darcy, e que relaciona as velocidades superficiais de percolação (V) ao gradiente hidráulico (i), segundo uma relação direta.

A importância da Permeabilidade para a engenharia é enorme, pois influi decisivamente em problemas de drenagem, recalques, percolação por fundações e barragens de terra, erosão e estabilidade de taludes naturais e escavados.

A classificação dos solos quanto à permeabilidade apresentada por TERZAGHI e PECK (1962) e VARGAS (1978), associada à classificação de ROBERTS (1977), permitiu o enquadramento dos terrenos nas três categorias de índices já especificados, de acordo com os respectivos coeficientes de permeabilidade K, a saber:

1. Apto - materiais com valores de K entre 10^{-1} e 10^{-3} cm/seg.
2. Médios - materiais semi-permeáveis, com K variando entre 10^{-4} e 10^{-6} cm/seg.
3. Inadequados - materiais impermeáveis, com K abaixo de 10^{-6} cm/seg.

Deste modo, os materiais arenosos residuais de topo seriam Aptos, enquanto que seria atribuido índice Médio às coberturas aluvionares e lateríticas (em que pese sua constituição argilosa) e Inadequados seriam os materiais argilosos de terraço e arenosos de terraço (estes devido a abundante contribuição de material argiloso que obstrui seus espaços vazios).

Esses dados são comprovados pelos mapas da Figura 7, elaborados por LANDIM, SINELLI e CASTRO (1973), que evidenciam maior permeabilidade para as regiões recobertas por materiais lateríticos em detrimento dos materiais arenosos de terraço (ítem 4.3.4 - Carta Hidrogeológica).

Quanto à Resistência à Erosão, essas coberturas lateríticas apresentam grau intermediário (M), função de seu con

teúdo em argilas e pela forma aglutinada, formando torrões, com a qual se apresenta. Esse índice vai se repetir para os materiais arenosos residuais da Formação Botucatu, se reportando Inadequado para os demais terrenos, quer por sua situação morfológica, quer pelas condições de drenabilidade e permeabilidade que apresentam.

Por fim, para estimar a Estabilidade Natural dos terrenos, além da composição de cada tipo de cobertura, foram levados em conta quase todos os outros parâmetros propostos para a análise geral aqui realizada, inclusive dados de inclinação dessas áreas. Foi, então, atribuido o índice A para a região de domínio dos materiais residuais arenosos e M para todas as outras, a exceção dos materiais lateríticos de vertente que, devido a sua condição de cobertura colapsível e sua situação morfológica, não apresentam resistência a ação dos agentes naturais, sendo extremamente instáveis e recebendo o índice I.

II.5. CONCLUSÕES: A CARTA DE RECOMENDAÇÕES DA GEOLOGIA PARA A UTILIZAÇÃO RACIONAL DO MEIO FÍSICO

5.1. METODOLOGIA DE OBTENÇÃO

O mapa final é o produto da integração de todos os dados anteriormente cartografados nas várias fases do trabalho. Sua obtenção é devida à superposição das cartas de aptidão, a fim de sintetizá-las em um só documento que proponha um zoneamento da área estudada, de tal modo que este represente a indicação mais favorável do ponto de vista geológico, para a ocupação do meio físico disponível. Claro está que essa indicação deve sempre buscar o equilíbrio homem-meio ambiente.

A importância dessa carta no processo do planejamento do uso do meio físico, quer de áreas restritas, para ocupação urbana, quer de grandes extensões, para os mais variados fins, é fundamental. Também de importância vital é sua apresentação: deve ser simples, de fácil leitura a qualquer elemento de uma equipe de planejamento e suficientemente precisa para ser a base de todo o processo posterior.

Deste modo, a superposição das cartas anteriores, embora factível, é de entendimento reservado, pois somente especialistas estariam aptos a retirar as informações desejadas. Assim, o autor lançou mão de um artifício para a proposição

do zoneamento final, estabelecendo um coeficiente que representa essa superposição em termos de uso da área para fins de planejamento territorial e urbano. Foi, então, calculado o Coeficiente de Potencial de Uso, tendo em vista os índices Apto, Médio e Inadequado, sendo ele a somatória dos valores atribuidos aos índices, a saber: A = +1; M = 0; e, I = -1. (Tabela 9, ítem 4.4.1.).

Os coeficientes assim obtidos foram transferidos para um mapa-base e, verificada a existência real de zonas mais e menos aptas à ocupação urbana, foi adotada uma simbologia simples e objetiva para caracterizar cada uma delas, sempre tendo em vista a finalidade do trabalho.

5.2. A CARTA DE RECOMENDAÇÕES DA GEOLOGIA PARA FINS DE OCUPAÇÃO URBANA (MAPA X - ANEXO -)

O estabelecimento de um zoneamento indicando prioridades para a ocupação urbana, sob o ponto de vista geológico, não é fácil frente a multiplicidade de fatores a serem considerados. Raramente uma região apresenta-se completamente apta ou totalmente inadequada, de modo que muito dessa recomendação de uso tem caráter subjetivo e depende da interpretação dos vários fatores e aptidões pelo profissional, apoiado pelos dados levantados e mapas elaborados.

Também na área considerada essa problemática se faz sentir com insistência e as interpretações aqui estabelecidas estão sujeitas a reestudo, pois, como todas as outras fases de um projeto de planejamento urbano, elas também são dinâmicas e podem sofrer modificações face à novos dados, sendo esta uma das características fundamentais da Geologia de Áreas Urbanas.

O zoneamento proposto para Ribeirão Prêto, apresenta uma subdivisão em três grandes áreas:

5.2.1. ÁREA I - ZONA DE USO IMEDIATO

Esta região é representada pela área do domínio das coberturas arenosas e predominantemente arenosas, que recobrem, em grande parte, os arenitos da Formação Botucatu. Situa-se a NE da folha, apresentando caractéres geológicos e geotécnicos bem diferenciados.

A área, que reune as melhores condições de ocupação dentro do espaço destinado ao crescimento urbano de Ribeirão Prêto até o ano 2000, foi dividida, face ao Coeficiente de Potencial de Uso, em duas subzonas:

1. Sub-zona Ia - Uso imediato com poucas restrições

A sub-zona Ia, embora apresente coeficiente de potencial de uso relativamente elevado (+4), face à pequena área (5% do total, aproximadamente) e o nível de ocupação atual do solo (em torno de 65%), não é grandemente significativa no contexto global do sítio urbano de Ribeirão Prêto.

Suas principais restrições dizem respeito à permeabilidade dos materiais de cobertura aí encontrados, o que impede sua utilização como área de instalação de indústrias poluentes (enquadradas pela legislação em vigor em Ribeirão Prêto como pertencentes aos grupos Nocivas e Perigosas, ou seja, aquelas que causam dano à saude da população ou que possam significar risco de vida).

Quanto ao que se refere à utilização do espaço disponível nessa área para a instalação de zona residencial, o principal inconveniente é o da inadequação dos materiais de cobertura à recepção de dejetos sépticos, obrigando à construção de rede de esgoto antes de sua urbanização.

No que diz respeito à possibilidade de uso de seus materiais para base e sub-base de pistas de rolamento, a atribuição de índices não qualificativos aos parâmetros compressibilidade, escavabilidade e resistência à erosão tornam precárias as tentativas nesse sentido. Cuidados especiais devem ser tomados quando da construção de obras viárias, inclusive cortes e aterros, para que não haja o comprometimento geral

da obra por aceleração de processos erosivos.

2. Sub-zona Ib - Uso imediato, com restrições

A região assim denominada representa a opção para o desenvolvimento da área urbana de Ribeirão Prêto a curto prazo e com pequeno investimento. Embora a aptidão à fundações superficiais de seus terrenos seja relativamente precária, os fatores escavabilidade, receptividade à sistemas sépticos, resistência ao cisalhamento, estabilidade natural de seus materiais, garantem condições mínimas para a implantação de vários tipos de equipamentos urbanos.

A associação dos parâmetros já citados à baixa permeabilidade dos materiais de cobertura, dificultando a percolação de resíduos indesejáveis e diminuindo os riscos de poluição, à topografia, suavemente inclinada e à grande área não ocupada, fazem dos setores Nordeste e parte do setor Norte (limitado pela área de ocorrência da Formação Botucatu) as melhores áreas para a localização de distritos industriais e de zonas residenciais em toda a região estudada.

A situação global, no entanto, indica o uso preferencial dessa sub-zona para área industrial, face às más condições encontradas no restante da região disponível para esse tipo de uso. Alguns fatos importantes: 1. Condições de suporte de fundações de indústrias leves ou semi-pesadas; 2. Água abundante e a baixo custo (perfurações rasas); 3. Facilidade de transporte, representada pelo índice Médio à viabilidade de utilização de seus materiais para a construção de pistas de rolamento, das melhores na região, justificando a implantação do aeroporto nessa área, e a estrada de ferro, que a corta totalmente, acompanhando seu limite a S.

Dois fatores restritivos e de importância indiscutível, porém, devem estar sempre em mente quando da elaboração do planejamento de uso da terra nessa área: 1. o tipo de substrato geológico sotoposto às coberturas impermeáveis, o arenito Botucatu, é o aquífero do qual depende o abastecimento da cidade e é altamente permeável, sendo, por essa razão, necessário protegê-lo a qualquer custo; 2. existe um siste

ma altamente eficiente de falhas e diaclases, que condicionam os cursos d'água que drenam a região, inclusive o rio Pardo, grande responsável pelo reabastecimento da água subterrânea.

Fica, então, a recomendação de um controle rígido sobre a atividade industrial a ser desenvolvida nesses setores, associado à criação e implantação de áreas de proteção ao redor dessas estruturas, áreas mais susceptíveis a problemas de poluição de toda a ordem, aí incluidos todos os cursos d'água, especialmente o rio Pardo.

5.2.2. ÁREA II - ZONA DE USO RESTRITO

Embora correspondendo à regiões com grande densidade de ocupação, graças a sua extensão total ainda existe muito espaço disponível à utilização, principalmente a W e a NW, desde que respeitadas suas características intrínsecas.

Pobre quanto às propriedades tecnológicas (Coeficiente de Potencial de Uso -5), essa região de domínio das coberturas lateríticas, materiais colapsíveis, de permeabilidade média a alta, com substrato geológico (Formação Serra Geral) fraturado e falhado, vertentes bastante inclinadas (todas as áreas com declividade superior a 20% se acham aqui registradas), não se presta a instalação de grandes indústrias, comportando as pequenas indústrias não poluentes em áreas de menor declividade dos terrenos.

Nessas circunstâncias, para o tipo de utilização acima exposto, os setores mais indicados são Norte e Noroeste, onde, além dos problemas de poluição já explicitados, aparece o fator custo da água a ser considerado, pois para sua obtenção com abundância deve ser perfurada uma espessura de 100m, em média, de magmatitos básicos para que o aquífero seja atingido.

Por outro lado, a tendência do crescimento da área residencial da cidade para W, ocupando as regiões topograficamen

te mais acidentadas ainda disponíveis, é bastante viável devendo ser precedida da instalação de infra-estrutura convencional (rede de esgotos, principalmente) pela total inadequação dos terrenos ao uso de fossas sépticas. Outro cuidado a ser tomado diz respeito às fundações de residências em áreas inclinadas acima de 10%, pois, em se tratando de substrato físico sujeito a rastejamentos e a deslizamentos, as necessárias providências devem ser tomadas quanto à preservação da integridade das obras aí construídas.

Outro tipo de utilização viável para esta grande área, e que poderia estar conjugada às zonas de proteção especial ao aquífero, é a de instalação de áreas de lazer para a população, constituidas por grandes bosques, parques e jardins.

A divisão da área II em duas subzonas obedece ao critério lógico da estabilidade dos terrenos. Assim, a sub-zona IIa, de maior viabilidade ocupacional, é representada pelos topos das elevações e interflúvios, enquanto que a sub-zona IIb, é constituída pelas vertentes, onde os cuidados quanto à fundações, instalação de sistemas viários e outros exigirão maior investimento, pois, obrigatoriamente, deverão ser maiores.

5.2.3. ÁREA III - ZONA DE USO EXTREMAMENTE RESTRITO

Esta área é representada pela região de domínio das aluviões e das coberturas transportadas coluviais argilosas de terraço. Embora seja a faixa de terreno menos recomendável à ocupação urbana, é a mais densamente ocupada, atingindo até 100% para os terraços argilosos. O Coeficiente de Potencial de Uso a ela atribuido é -6, o mais baixo para toda a região estudada.

Essas áreas não apresentam condições razoáveis de sustentação de obras pesadas, a não ser com altos investimentos, especialmente as aluviões, onde a presença do lençol freático muito próximo à superfície, dificulta também sua escavabi

lidade por maquinário, em que pese sua pequena coerência.

As regiões mais planas (terraços) ainda oferecem melhores condições gerais, tanto de aceitação de sistemas sépticos como de inclinação dos terrenos, e sua baixa permeabilidade livra a cidade do incômodo de remover seu cemitério para outro local, para evitar problemas sérios de poluição. Estas razões justificam seu enquadramento na sub-zona IIIa.

Na sub-zona IIIb os problemas já expostos se agravam sobremaneira, pois, via de regra, as aluviões mascaram feições tectônicas (falhas e diaclases) da mais alta importância na recarga do aquífero. De maneira geral, todas as áreas de domínio das aluviões deveriam estar incluidas nas regiões a serem protegidas por legislação especial de controle de poluição e preservação da qualidade da água no município de Ribeirão Prêto.

5.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora a área, como um todo, não seja extremamente privilegiada no tocante às condições gerais do meio físico disponível, desde que essas características do meio ambiente sejam respeitadas e que seja realizado um projeto realista e técnico para a ocupação dos espaços existentes e de reorganização das áreas já ocupadas a médio prazo, a cidade de Ribeirão Prêto terá, por certo, equacionado e resolvido seus problemas urbanísticos de maneira satisfatória.

Para a plena execução dessas proposições torna-se necessário: 1. a reunião de uma equipe multidisciplinar de planejamento para estabelecer as diretrizes dessa ocupação; e, 2. a implantação de uma legislação eficiente para permitir que essas diretrizes sejam colocadas em prática no tempo mais breve possível.

O homem, no dizer de ROBERT LEGGET (1973), tem sido até hoje um agente geológico altamente destruidor. Porém, a partir do momento em que sua atenção é despertada para os pro

blemas naturais dos sítios urbanos, ele pode passar a construir com a natureza e não contra ela. Como lembrança para essa necessidade, o autor faz suas, à semelhança de LEGGET (*op. cit.*), as palavras de John Milton, em *Paradise Lost:*

"Accuse not nature, she hath done her part;
Do thou but thine, and be not diffident
Of wisdom, she deserts thee not, if thou
Dismiss not her.

BIBLIOGRAFIA

AISENSTEIN, B.; SCHULMAN, N. & ISRAELI, A. - The Geotechnical Map of Jerusalem. *An. 2nd Int. Congr. Int. Ass. Eng. Geol.* São Paulo. 1 - III - 9 : 1-13, 1974.

ALMEIDA, F.F.M. & BARBOSA, O. - Geologia das Quadrículas de Piracicaba e Rio Claro, Estado de São Paulo. Rio de Janeiro. *Bol. Div. Geol. Min. - D.N.P.M.* 143 : 96 p, 1953.

ALMEIDA, F.F.M. - O Planalto Basáltico na Bacia do Paraná. São Paulo. *Bol. Paul. Geogr.* 24 : 3-34, 1956.

ALMEIDA, F.F.M. - Fundamentos Geológicos do Relêvo Paulista. *In:* Geologia do Estado de São Paulo. São Paulo. *Inst. Geogr. Geol.* 41 : 167-263, 1964.

ANDERSON, O.L. & GREW, P.G. - Coal and Water in the Desert: Environmental Geology of Coal Resources Development near Lake Powell, U.S.A. . Krefeld, F.R. Germany. *Bull. Int. Ass. Eng. Geol.* (14) : 153-159, 1976.

ANTOINE, P. & CASTRO, R. - Essai D'Un Mode Simplifiée de Cartographie Géotechnique. *An. 2nd. Int. Congr. Int. Ass. Eng. Geol.* São Paulo. 1 - III - 17 : 1-8, 1974.

BARBOSA, O. & GOMES, F.A. - Pesquisa de Petróleo na Bacia do Rio Corumbataí, Estado de São Paulo. Rio de Janeiro. *Bol.*

Div. Geol. Min. - D.N.P.M. 171 : 1-40, 1958.

BJÖRNBERG, A.J.S.; MACIEL, A.C. & GANDOLFI, N. - Nota sobre os Depósitos Modernos na Região de Rio Claro, SP. . São Carlos. *Bol. E.E.S.C. - Geologia.* 106 (11) : 21-36, 1964.

BJÖRNBERG, A.J.S. & LANDIM, P.M.B. - Contribuição ao Estudo da Formação Rio Claro (Neo-Cenozóico). São Paulo. *Bol. Soc. Bras. Geol.* 15 (4) : 43-67, 1966.

BOUDEVILLE, J.R. - L'Espace et les Poles de Croissance. Paris, France. P.R.F., 1968.

BOUDEVILLE, J.R. - Les Espaces Économiques. Paris, France. P.R.F., 1970.

BOSI, C. & ESU, F. - Geotechnical Maps for Use in Road Designing. *An. 2nd. Int. Congr. Int. Ass. Eng. Geol.* São Paulo. 1 - III - 30 : 1-6, 1974.

BRAČINAC, Z. & JANJIČ, M. - Engineering-Geological Maps of Seismic Regions. Krefeld, F.R. Germany. *Bull. Int. Ass. Eng. Geol.* (18) : 27-32, 1978.

CARVALHO, A. & ROTTA, C.L. - Estudo das Formações Superficiais do Município de Atibaia, S.P. . São Paulo. *Bol. Paul. Geogr.* (49) : 5-22, 1974.

CHAPIN, F.S. - Urban Land Use Planning. New York, U.S.A. . Harper & Brothers Pub., 1957, 397 p.

CHRISTOFOLETTI, A. - Geomorfologia. São Paulo. Ed. Edgard Blücher - Ed. Univ. São Paulo, 1974, 149 p.

COMISSÃO NACIONAL DE SOLOS - Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro. *Bol. Min. Agric.* (12) : 634 p., 1960.

COMISSÃO DE ZONEAMENTO AGRÍCOLA DO ESTADO DE SÃO PAULO - Zoneamento Agrícola do Estado de São Paulo - Seção de Climatologia Agrícola do Inst. Agr. Campinas. *Bol. Secr. Agr.* (1) : 165 p., 1974.

CONSTANZO Jr, J.; VIRGILLI, J.C. & MACIEL Fº, C.L. - Contribuição à Cartografia Geotécnica da Região de Santa Maria, R.S. . *An. 2º Congr. Bras. Geol. Eng.* São Paulo. 3 : 267--280, 1978.

COULON, F.K. - Mapa Geotécnico das Folhas de Morretes e Montenegros. Porto Alegre. FAPERGS - Tecnosolo S/A, 1974, 58 p.

COULON, F.K. - A Geologia e o Planejamento Urbano: Questões para Debate e/ou Reflexão. *An. 1º Congr. Bras. Geol. Eng.* Rio de Janeiro. 3 : 370-373, 1976.

DEARMAN, W.R. & MATULA, M. - Environmental Aspects of Engineering Geological Mapping. Krefeld, F.R. Germany. *Bull. Int. Ass. Eng. Geol.* (14) : 141-146, 1976.

DE BIASI, M. - Cartas de Declividade: Confecção e Utilização. São Paulo. *Geomorfol.* (10) : 8-13, 1970.

FLAWN, P. - Environmental Geology. New York, U.S.A. Harper & Row Pub., 1970, 313 p.

FÚLFARO, V.J. - A Formação Rio Claro (Neocenozóico) e seu Ambiente de Deposição. *Bol. Inst. Geogr. Geol.* 20 : 45-60, 1968.

FÚLFARO, V.J. - Contribuição à Geologia da Região de Angatuba, Estado de São Paulo. *Bol. Div. Geol. Min. - D.N.P.M.* (253) : 82 p., 1970.

FÚLFARO, V.J. - A Evolução Tectônica e Paleogeográfica da Bacia Sedimentar do Paraná pelo "Trend Surface Analysis". São Carlos. *Publ. E.E.S.C. - Geologia.* (14) : 112 p, 1971.

FÚLFARO, V.J. & SUGUIO, K. - O Cenozóico Paulista: Gênese e Idade. *An. XXVIII Congr. Bras. Geol.* Porto Alegre. 3 : 91-102, 1974.

GHISTE, S. - La Carte de Interpretation Gēotechnique de la Region de Mons (Belgique) : problèmes et solution. *Proc. 1st Int. Congr. Int. Ass. Eng. Geol.* Paris, France. 1 : 904-915, 1970.

GOEDECKE, H. - Design of Large Open Pit Lignite Mines to Lessen their Environmental Impacts. Krefeld, F.R. Germany. *Bull. Int. Ass. Eng. Geol.* (18) : 131-138, 1978.

GONÇALVES, N.M.M. - Estudo dos Materiais Superficiais da Região de Ribeirão Prêto - SP e suas Relações com Elementos Morfológicos da Paisagem. *Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Geociências da U.S.P.*, 1978.

GRANT, K. - Terrain Evaluation - A Logical Extension of Engineering Geology. *Proc. 1st Int. Congr. Int. Ass. Eng. Geol.* Paris, France. 1 : 971-980, 1970.

GRANT, K. & FINLAYSON, A.A. - The Assessment and Evaluation of Geotechnical Resources in Urban and Regional Environments. Amsterdam, The Netherlands. *Eng. Geol.* (12) : 219-293, 1978.

GREHS', S.A. - O Papel do Geólogo no Planejamento. Rio de Janeiro. *Sep. I.P.R.* (446) : 1 : 15, 1970.

GREHS, S.A. - O Uso de Mapas Geológicos, Mapas de Vegetação e Mapas de Drenagem de Irrigação - Projeto Sudoeste I - Sudesul. *An. 2ª Sem. Paul. Geol. Apl.* São Paulo. 1 : 1-7, 1970.

GUERRA, A.T. - Dicionário Geológico-Geomorfológico. Rio de Janeiro. Ed. I.B.G.E., 1978, 448 p.

GUIDICINI, G. & PRANDINI, F.L. - O Caso do Escorregamento de Vila Albertina: Seu Significado em Termos de Planejamento Urbano. *An. V Congr. Bras. Mec. Sol.* São Paulo. 1 : 405-411, 1974.

HILHORST, M.J. - La Théorie du Développement Régional: un

Essay de Synthèse. *In*: O.C.D.E. - Aspects Multidisciplinaires du Développement Régional. Paris, France, 1969.

HOFMANN, G.W. - Mapping for Urban Land - Use Planning in Southeast Queensland - A First Approach. Krefeld, F.R. Germany. *Bull. Int. Ass. Eng. Geol.* (14) : 113-117, 1976.

HOLANDA, N. - Elaboração e Avaliação de Projetos. São Paulo. Ed. A.P.E.C., 1968, 206 p.

INFANTI Jr., N. - Geologia de Planejamento: Escôpo e Metodologia. *An. 1º Congr. Bras. Geol. Eng.* Rio de Janeiro. 3 : 373-382, 1976.

JANJIČ, M. & STEPANOVIČ, B. - Suitability of Karst and Marsh land for Urban Development from the Point of View of Engineering Geology. *Proc. 2nd. Int. Congr. Int. Ass. Eng. Geol.* São Paulo. 1 - III. PC-4 : 1-8, 1974.

KANJI, M.A. - Resistência ao Cisalhamento de Interfaces Solo-Rocha. *An. 1ª Sem. Paul. Geol. Apl.* São Paulo. 3 : 2.1 -2.9, 1969.

LANDIM, P.M.B.; PARAGUASSU, A.B. & BARBOSA, J.A. - Programa em FORTRAN IV para o Cálculo em Computador IBM/1130 da Análise de Tendência (Trend Surface Analysis). São Carlos. *Publ. E.E.S.C. - Geologia*. 175 (17) : 99-160, 1973.

LANDIM, P.M.B.; SINELLI, O. & CASTRO, P.R.M. - Aplicação da Análise de Tendência em Estudos de Poluição de Aquíferos Subterrâneos. *Res. Com. XXVII Congr. Bras. Geol.* Araçaju. 1 : 241, 1973.

LEGGET, R.F. - Cities and Geology. New York, U.S.A. . McGraw Hill Book Co., 1973, 624 p.

LEGGET, R.F. - Engineering Geological Maps for Urban Development. *In*: Geologic Mapping for Environmental Purposes. Boulder, U.S.A. *Geol. Soc. Am. Eng. Geol. Case Histories* (10) : 19-21, 1974.

LIBAUD, A. - Geocartografia. São Paulo. Ed. Nacional - Ed. U.S.P., 1975, 388 p.

LOCZY, L. & LADEIRA, E.A. - Geologia Estrutural e Introdução à Geotectônica. São Paulo. Ed. Edgard Blücher - C.N.Pq., 1976, 528 p.

LUEDER, D.R. - Aerial Photografic Interpretation. New York, U.S.A. . McGraw Hill Book Co., 1959, 462 p.

MACIEL Fº, C.L. - Mapeamento Geotécnico e Planejamento da Ocupação Urbana de Santa Maria, R.S. . *An. 2º Congr. Bras. Geol. Eng.* São Paulo. 3 : 257-265, 1978.

MATHEWSON, C.C. & FONT, R.G. - Geologic Environment: Forgotten Aspects in the Land Use Planning Process. *In:* Geologic Mapping for Environmental Purposes. Boulder, U.S.A. *Geol. Soc. Am. Eng. Geol. Case Histories* (10) : 23-28, 1974.

MATULA, M. - Engineering Geologic Mapping and Evaluation in Urban Planning. *Proc. Symp. Eng. Geol. Urb. Environ.* São Francisco, U.S.A. 1 : 144-153, 1969.

MATULA, M. - Engineering Geology in Country and Urban Planning - General Report. -. *Proc. 2nd. Int. Congr. Int. Ass. Eng. Geol.* São Paulo. 1 - III - GR : 1-20, 1974.

McHARG, I. - Design with Nature. New York, U.S.A. Nat. Hist. Press. 1969, 198 p.

MELLO, L.A. - Curso de Administração Municipal e Introdução ao Planejamento Regional. São Paulo. Ed. Grêmio Politécnico, 1967, 102 p.

MELTZ, S.J. - Geonatural Resources Planning. *In:* Geologic Mapping for Environmental Purposes. Boulder, U.S.A. *Geol. Soc. Am. Eng. Geol. Case Histories* (10) : 13-16, 1974.

MONTGOMERY, H.B. - What Kind of Geologic Maps for What Purposes?. *In:* Geologic Mapping for Environmental Purposes.

Boulder, U.S.A. *Geol. Soc. Am. Eng. Geol. Case Histories* (10) : 1-8, 1974.

MONTGOMERY, H.B. - Environmental Analysis in Local Development Planning. *In*: Geologic Mapping for Environmental Purposes. Boulder, U.S.A. *Geol. Soc. Am. Eng. Geol. Case Histories* (10) : 29-40, 1974.

MUNFORD, L. - The Culture of Cities. New York, U.S.A. Harcourt, Brace and Co. Pub., 1938.

NOGAMI, J.S. - Os Solos Residuais do Estado de São Paulo: sua Caracterização em Bases Geológicas para Finalidades Rodoviárias. *Tese de Doutoramento apresentada à Escola Politécnica da U.S.P.*, 1967.

PRANDINI, F.L. (coord.) - Condicionantes Geológicos e Geotécnicos da Degradação Ambiental - Alguns Casos Brasileiros. São Paulo. *Bol. Ass. Bras. Geol. Eng.* (1) : 1-11, 1974.

PRANDINI, F.L.; GUIDICINI, G. & GREHS, S.A. - Geologia Ambiental ou de Planejamento. *An. XXVIII Congr. Bras. Geol.* Porto Alegre. 7 : 273-290, 1974.

PRANDINI, F.L. - O Brasil e a Geologia no Planejamento Territorial e Urbano. *An. 1º Congr. Bras. Geol. Eng.* Rio de Janeiro. 3 : 354-370, 1976.

PRANDINI, F.L.; ÁVILA, I.G.; CONSTANZO Jr., J.; CARLSTRON Fº, C.; BOTTURA, J.A. & TEIXEIRA, A.L. - Uma Carta Geotécnica dos Terrenos Adjacentes ao Canal do Rio Tietê, de Osasco a Guarulhos. *An. 2º Congr. Bras. Geol. Eng.* São Paulo. 3 : 281-296, 1978.

PREFEITURA MUNICIPAL DE RIBEIRÃO PRÊTO - Secretaria do Planejamento - Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado. Ribeirão Prêto. *Inédito*. 1976.

PREFEITURA MUNICIPAL DE RIBEIRÃO PRÊTO - CODERP - Análise do Setor Industrial. Ribeirão Prêto. *Inédito*., 1978.

RADBRUCH, D.H. - Status of Engineering and Environmental Geological Mapping in the United States. Krefeld, F.R. Germany. *Bull. Int. Ass. Eng. Geol.* (4) : 4-14, 1971.

RADBRUCH-HALL, D.H. - Examples of Engineering Geologic Mapping in Seismically Active Areas of the United States. Krefeld, F.R. Germany. *Bull. Int. Ass. Eng. Geol.* (18) : 15-26, 1978.

RAJU, K.C.C.; KRISHNAWAMY, V.S.; JANA, B.; BOSE, R.N. & DESHMUKH, D.S. - Methodology and Utility of Geotechnical Maps in the Urban Planning and Development of the Twin-City Capital of Hyderabad-Secunderabad, Andhra Pradesh, India. *Proc. 2nd. Int. Congr. Int. Ass. Eng. Geol.* São Paulo. 1-III - 35 : 1-10, 1974.

ROBERTS, A. - Geotechnology. New York, U.S.A. . Pergamon Press, 1977, 347 p.

ROCKAWAY, J.D. - The Influence of Map Scale on Engineering Geologic Mapping. Krefeld, F.R. Germany. *Bull. Int. Ass. Eng. Geol.* (14) : 119-122, 1976.

SANEJOUAND, R. (ed.) - La Cartographie Géotechnique en France. Paris, France. Ministère de l'Equipement e du Logement - D.A.F.U. - A.R.M.I.N.E.S. - L.C.P.C., 1972, 95 p.

SEIGNEMARTIN, C.L.; MUZARDO, V.A.; XAVIER, J.A.P.; FERREIRA, S.M.; CERRI, L.E. & GERMANO, G. - Mapeamento Geológico-Geotécnico Preliminar do Município de Americana - SP. *Res. Com. II Simp. Reg. Geol. - Inédito -*, 1979.

SETZER, J. - Notas sôbre a Geomorfologia e a Pedologia da Região de Ribeirão Prêto. *Publ. I Congr. Bras. Geogr.* São Paulo. (4) : 15 p, 1954.

SINELLI, O. - Geologia e Água Subterrânea no Município de Ribeirão Prêto e Adjacências. *Tese de Doutoramento apresentada à F.F.C.L. U.S.P. - Ribeirão Prêto -*, 1970.

SINELLI, O. - Água Subterrânea no Município de Ribeirão Prêto. *An. XXV Congr. Bras. Geol.* São Paulo. 2 : 17-34, 1971.

SINELLI, O. - Considerações Gerais sôbre a Tectônica no Município de Ribeirão Prêto. *An. XXV Congr. Bras. Geol.* São Paulo. 2 : 145-152, 1971.

SOARES, P.C. - O Limite Glacial/Pós-Glacial do Grupo Tubarão no Estado de São Paulo. Rio de Janeiro. *An. Acad. Bras. Ciê.* 44 (Supl.) : 333-342, 1972.

SOARES, P.C. - O Mesozóico Gonduânico no Estado de São Paulo. *Tese de Doutoramento apresentada à F.F.C.L. Rio Claro,* 1973.

SOARES, P.C.; SINELLI, O.; PENALVA, F.; WERNICK, E.; SOUZA, A. & CASTRO, P.R.M. - Geologia do Nordeste do Estado de São Paulo. *An. XXVII Congr. Bras. Geol.* Aracaju. 1 : 209-236, 1973.

SOARES, P.C. & LANDIM, P.M.B. - Aspectos Regionais da Estratigrafia da Bacia do Paraná em seu Flanco Nordeste. *An. XXVII Congr. Bras. Geol.* Aracaju. 1 : 243-256, 1973.

SOARES, P.C. & FIORI, A.P. - Lógica e Sistemática na Análise e Interpretação de Fotografias Aéreas em Geologia. Campinas. *Not. Geomorfol.* 16 (32) : 71-104, 1976.

TERZAGHI, K. & PECK, R.B. - Mecânica dos Solos na Prática da Engenharia (Trad. COSTA NUNES, A.J. e CAMPELLO, M.C.L.) . Rio de Janeiro. Ao Livro Técnico S/A., 1962, 659 p.

THOMAS, A. - Systeme Dynamique de Traitement et D'Edition Cartographique de L'Information Geotechnique. *Proc. 2nd. Int. Congr. Int. Ass. Eng. Geol.* São Paulo. 1 - III - 12: 1-8, 1974.

VAN DRIEL, J.N. - Practical Use of Geologic Information by Planners. U.S.A. *Geology* 6 : 592-596, 1978.

VARGAS, M. - Introdução à Mecânica dos Solos. São Paulo. Ed. McGraw Hill do Brasil - Ed. U.S.P., 1978, 509 p.

WERNICK, E. & SINELLI, O. - Análise Estrutural em Geomorfologia. Campinas. *Not. Geomorfol.* 10 (20) : 39-54, 1970.

WERNICK, E. - Contribuição ao Conhecimento da Tectônica das Rochas Básicas da Região Nordeste do Estado de São Paulo. Campinas. *Not. Geomorfol.* 12 (23) : 31-40, 1972.