



## Zoneamento geoambiental como subsídio à instalação e monitoramento de dutos

P.L. Guimarães<sup>1</sup>, J.R. Jiménez-Rueda<sup>2</sup>, J.T. de Mattos<sup>3</sup>, E.C. Daitx<sup>2</sup>, C.A. de Moura<sup>1</sup> & J.O.M. Coelho<sup>1</sup>

1 Integrante do PRH-ANP/FINEP/MCT-CTPETRO, PRH-05, Universidade Estadual Paulista - UNESP-Rio Claro/SP, caixa postal 178, cep 13506-900, Rio Claro, SP, patilu@rc.unesp.br

2 Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Universidade Estadual Paulista - UNESP-Rio Claro/SP, caixa postal 178, cep 13506-900, Rio Claro, SP, jairorjr@rc.unesp.br

3 FEG/UNESP – Escola de Engenharia da UNESP de Guaratinguetá, Av: Dr. Eriberto Pereira da Cunha, 333, Bairro Pedregulho, cep 12500-000, Guaratinguetá, SP, juécio@feg.unesp.br

**Abstract** The geo environmental zoning in Paraíba do Sul Valley intends to subsidy the analysis of environment near the pipelines. The study of covering of the weathering (whole saprolitisation) permit the knowledge about the different stages of soil development, showing the adaptation of the material to the new conditions. The geochemical and mineralogical analysis of the superficial formations is a important tool for the determination of the behaviour of the fluid infiltration, intemperic evolution of the superficial cover, which characterise the processes, which has a interaction with the primary materials. These ones permit the determination of natural or induced stability/instability of the ground, due to their physical and bioclimatics characteristics. Their conditionings show the resistance to engineering constructions. The processes of the dried and hydration by function of the material due to the composition by clay minerals represented by montmorillonite/smectite, which permit the expansion/contraction of the soils. They are the main reasons of the slipping and cracks genesis. These situations are conditioned by the climate, as well as by the solar radiation, temperature, relative wet, precipitation and wind. So, they control the alteration cover and sedimentation, and in the present retro genesis. They can act the lower profiles, which present predominantly bissialitic colloids. As a consequence of the tectonic recent events high and deep terrain are formed, which produce the different grades of weathering and faults, which permit a higher infiltration. So, the mono- bi-sialitic is a control of the high or low capacity of the fluid degradation, transport and retention.

**Palavras-chave:** zoneamento geoambiental; geoquímica; coberturas de alteração intempérica; verificação; indicadores ambientais.

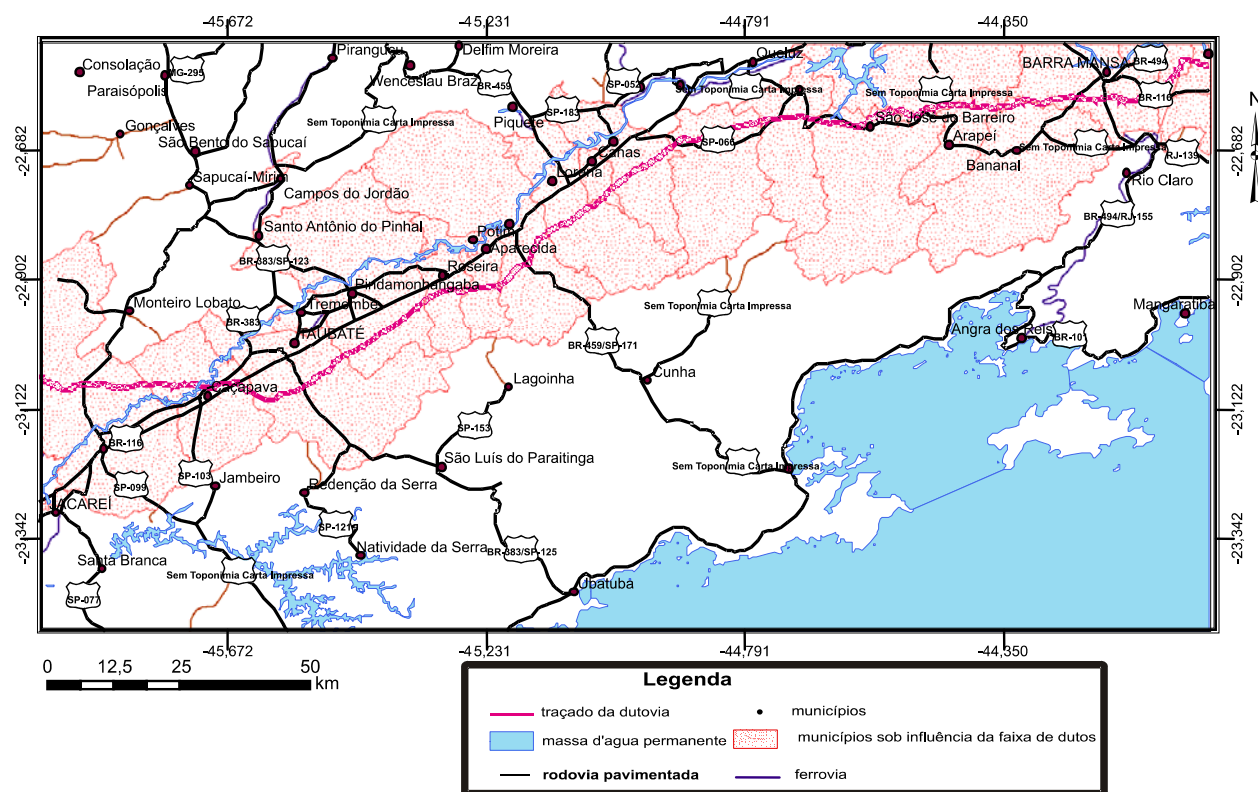
**INTRODUÇÃO** O zoneamento geoambiental visa a definição e estabelecimento da capacidade de suporte das paisagens mediante à análise e caracterização integrada de fatores físicos/bioclimáticos, relacionados a litoestratigrafia formal e aloformal, tectônica, clima e fisiografia. Interação essa, que gera condicionantes de equilíbrio ou desequilíbrio termodinâmico e/ou físico-químico característicos de cada uma das paisagens, cada qual com sua unidade fisiográfica constitutiva, focalizando então, este estudo nas proximidades de dutovias, na região do Vale do Paraíba do Sul. A área em estudo está situada entre os municípios de São José dos Campos e Queluz, no estado de São Paulo, representando, portanto a porção paulista do vale, onde há uma dutovia instalada no sentido transversal (aprox. NW) em quase toda sua extensão, acompanhando o curso do rio Paraíba do Sul, porém na longitude do município de Campos de Jordão ele corta o rio, contudo continua sua trajetória paralelamente ao rio. A localização dos dutos pode ser vista na Fig. 1.

Em locais de instalação de obras lineares de engenharia, como as dutovias ou mesmo estradas

linhas de energia e comunicações, bem como construções industriais e urbanas devem ser realizados estudos de caracterização tanto do meio físico quanto biótico. Neste trabalho nos restringiremos à tentativa de compreensão do meio físico.

Os mantos superficiais de alteração intempérica (saprolitização total) são formados a partir de processos exógenos, clima, temperatura, relação radiação/energia solar, precipitação, ventos e umidade relativa, que adaptam o material proveniente de processos endógenos, rochas ígneas, ou mesmo diagenéticos, sedimentares, a um novo ambiente. Porém processos endógenos, como a tectônica, são tão importantes quanto os demais, sendo também um condicionante dos mesmos. A reação entre esses diferentes sistemas geradores e/ou transformadores provoca uma evolução diferenciada dos mantos de alteração, influenciando no comportamento desse material, causando reações de adição, subtração transformações e translocações composicionais das superfícies de alteração.

## MAPA DE LOCALIZAÇÃO



*Figura 1. Localização da área de estudo*

O presente trabalho é parte de um projeto de zoneamento geoambiental que tem como objetivo caracterizar as superfícies de alteração intempérica no âmbito geoquímico e mineralógico das frações finas dos solos como subsídio a definição dos aspectos de susceptibilidade ambiental das mesmas. É subsidiado pela ANP (Agência Nacional do Petróleo), PRH – 05 de Rio Claro, fazendo parte do GT (grupo de trabalho) 03 de Estudos Geoambientais de Faixas sob Influência de dutovias.

A instalação e monitoramento de dutovias requerem estudos das propriedades físicas dos locais onde os mesmos serão instalados. Esse tipo de obra necessita de um bom conhecimento evolutivo do terreno e da sua capacidade de suporte, assim como, o claro entendimento das suas suscetibilidades aos diversos tipos de intervenção antrópica, na orientação da tomada de decisões para execução de medidas mitigadoras. As principais causas de rompimento em dutos se apresentam como escorregamentos de massa. Um dos principais fatores que promovem essa

problemática é a abertura de fendas no solo devido a dessecação do material, sendo esse composto por argilominerais mono/bissialíticos.

Quando ocorrem derramamentos, o fluido percola pelo solo conforme a estruturação local e a composição do mesmo. As fendas, citadas acima, tanto são contribuintes para a instabilização do terreno, gerando zonas com maior condutividade hidráulica, quanto como influenciador no percurso do fluido percolante direcionando-o nas regiões preferencialmente fraturadas. A composição argilominerálica é outro fator importante depois de um incidente como esse, sendo ela responsável pela adsorção do fluido vazado, podendo então, degradá-lo, aumentar sua velocidade de condução, ou mesmo retê-lo.

A tectônica recente (Hiruma *et al.* 2001) é atuante na região, sendo uma forte desencadeadora de processos translocacionais geomorfológicos e movimentos de massa erosionais, sendo o estudo da magnitude e direcionamento desses esforços



objetivando a permeabilidade das fraturas geradas por eles. É necessário observar com a tensão a direção das fendas de verificação, pois apresentam uma forte tendência de seguir as mesmas direções das estruturas tectônicas recentes e atuantes na região.

A atividade antrópica é um fator de grande importância nessa análise por ser ela um agravante na instabilização de solos, devido a suas interferências no meio, como, monocultura, desmatamentos, urbanização desordenada, atividade minerária. Porém, quando tratamos de terrenos naturalmente instáveis a atividade antrópica passa a ser uma medida mitigadora, na tentativa de reduzir ou mesmo de solucionar o problema que se apresenta.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO** Para a execução de tais análises são realizadas difrações e fluorescências de raios-x para a aquisição de dados químicos e mineralógicos percentuais das coberturas de alteração intemperica em sua fração fina (silte e argila).

A área em estudo está inserida, no contexto geológico estrutural, em parte sobre o Terreno Embu alongado segundo a direção NW com material predominantemente metassedimentar, sendo parte do Orógeno Ribeira de idade Brasileira. Esse terreno é composto por três unidades estratigráficas (Heilbron *et al.* 2004), sendo elas, Unidade Rio Una, composta por micaxistos e quartzitos imaturos, Unidade Rio Paraibuna composta por quartzitos, calciossilicatadas com intercalações de biotitas gnaisses finos e anfíbolitos e a Unidade Redenção da Serra, composta por gnaisses peraluminosos, plagioclásio-biotita gnaisses/xistos porfiroclásticos, anfíbolitos, gnaisses cálcio-silicáticos e mármores restritos, sendo essa última unidade a que apresenta maior ocorrência. Está, por outro lado, também, situada sobre os sedimentos cenozóicos da Bacia de Taubaté com caráter pelítico e sedimentação flúvio-lacustre.

Essa associação litológica gera mantos de alteração argilominerálicos com composição essencialmente mono/bissialítica e minerais como montmorilonita, esmectita e a vermiculita. A

espessura dessas coberturas varia de acordo com o quadro estrutural da área (Rueda *et al.* 1989), onde se tem maior espessura em altos estruturais, sendo então menores em seus baixos.

Estudando-se a evolução pedogenética das coberturas de alteração percebe-se que se separam em dois domínios comportamentais (Ohara *et al.* 1996), sendo o primeiro ocorrente em altos estruturais e é dominado por latossolos de composição alítica, apresentando-se mais evoluídos e mais espessos. O segundo ocorre tanto em baixos como em altos estruturais, também dominados por latossolos, porém esses possuem caráter monossialítico. Contudo, ocorrem, em ambos os domínios, cambissolos e argissolos vermelhos (Ohara *et al.* 2003), esses solos são indicativos, assim como os latossolos, da origem flúvio-lacustre de que provém, com características mono/bissialíticas. Por meio da análise desses solos verificamos atuação de uma hidrólise parcial, condicionada pelas estruturas regionais com morfoestruturas negativas e fechadas, gerando os Cambissolos Latossolizados e Argissolos Vermelho Amarelo. Contudo onde ocorrem estruturas positivas e abertas o processo de hidrólise é total com ocorrência de latossolização e lateritas localizadas.

Na região ocorrem horizontes vérticos, com mais de 30% de argila (Oliveira 2005), esses apresentam argilas com atividade alta e composição com alto teor de saturação em bases. Esse material facilita a ocorrência de fendas profundas nos solos geradas durante o período da seca por contração dos argilominerais, portanto, conseqüentemente durante o período chuvoso ocorre expansão desses mesmos argilominerais. A formação, bem como a morfologia dessas fendas, são fatores decisivos na determinação da estabilidade/instabilidade do terreno, sendo quanto mais profunda mais desestabilizante.

A formação das fendas, juntamente com sua morfologia e sua composição são igualmente importantes na percolação de fluidos, sendo que sua condutividade hidráulica é maior na seca, redirecionam os fluidos por seus condutos.

## Referências

- ALMEIDA F. F. M. DE. 1964. Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista. São Paulo, Bol. Inst. Geogr. Geol, (41)
- CHOUDHURI A.; 1997. Geoquímica para Graduação. Campinas, SP Editora da Unicamp, 93pp.
- CHRISTOFOLETTI A. 1974. Geomorfologia. São Paulo EDUSP, 150pp.
- EMBRAPA Sistema Brasileiro de Classificação de Solos 1999. Serviço de Produção de Informação. SPI, Brasília, 412 pp.
- HEILBRON M., PEDROSA-SOARES A. C., NETO M. DA C. C., SILVA L. C. DA., TROUW R. A. J. & JANASI V. DE A. (2004) Província Mantiqueira. In: Geologia do Continente Sul-americano: Evolução e Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida 1<sup>o</sup> Edição, 203–236 pp
- HERNÁNDEZ L. O.; 1994. Curso de Neotectônica. Centro de Estudios Aplicados al Desarrollo Nuclear Vicedirección de Geología. 104 pp.
- HIRUMA S. T., RICCOMINI C. & MODENESI-GAUTTIERI M. C. 2001. Neotectônica no Planalto de



- Campos de Jordão, SP. Rev. Brás. Geoc. 31 (1): 375 – 384.
- IAC– EMBRAPA 1999 Mapa Pedológico do Estado de São Paulo 1:500.000.
- IBGE 1995 Manual Técnico de Geomorfologia - Rio de Janeiro, RJ Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Depto de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 104pp.
- IBGE. 2005. Manual Técnico de Pedologia - Rio de Janeiro, RJ Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Depto de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 378 pp.
- IPT. 1981. Mapa Geológico do Estado de São Paulo, Vol. I e II. Série Monografias. São Paulo, SP.
- JIMÉNEZ-RUEDA J. R., MATTOS J. T. DE & FILHO W. M. 1989. Estudos Integrados Para Controlar Impactos Ambientais de um Sistema de Irrigação-fertilização com Vinho na Região Centro-Leste do Estado de São Paulo. In: IV simp. Latinoamericano de Percepção Remota. Bariloche/ Argentina, 459 – 465 pp
- KER J.C. 1997. Latossolos do Brasil: Uma Revisão GEONOMOS, JULHO 5(1):17 –40.
- MICHELIN C.M.; 2005. Zoneamento Geoambiental do Assentamento “Boa Sorte” como Subsídio ao Planejamento de Uso e Ocupação do Solo. Trabalho de Conclusão de Curso, UNESP, Instituto de Biociências, Rio Claro.
- NAHON D.; 1991. Introduction to the Petrology of Soils and Chemical Weathering, USA. 313pg.
- OHARA T.; 1995. Zoneamento Geoambiental da Região do Alto-Médio Paraíba do Sul/SP com Sensoriamento Remoto, Tese de Doutorado, UNESP, IGCE, Rio Claro, 235pg.
- OHARA T., JIMÉNEZ-RUEDA J. R. & MATTOS J. T. de. 1996. Relations between chemical index of alteration, units and covers of weathering alteration and morphostructural anomalies for the pedogenetic characterization in the high-medium Paraíba do Sul region (SP) Brazil. In: 2nd International Symposium: Environmental Geochemistry in Tropical Countries, Cartagena/ Colombia, 113 – 117pp
- OHARA T., JIMÉNEZ-RUEDA J. R. & MATTOS J. T. de. 1997. Contribuição da Análise Pedogeoquímica no Estudo da Evolução Pedogenética de Alteração Intempérica. In: Congresso Brasileiro de Geoquímica, Salvador/Bahia, 561 – 565 pp
- OHARA T., JIMÉNEZ-RUEDA J. R., MATTOS J. T. DE & CAETANO N. R. 2003. Zoneamento Geoambiental da Região do Alto-Médio Rio Paraíba do Sul e a Carta de Aptidão Física para a Implantação de Obras Viárias. Rev. Bras. Geoc. 33(2 – suplemento): 173 – 182.
- OLIVEIRA J. B. de (2ª Edição) 2005. *Pedologia Aplicada*. FEALQ, 574 pp.
- PAULA E. F. de; 2002. Zoneamento Geoambiental como Método de análise de Indicadores Ambientais do Horto Gramada em São Simão SP TCC UNESP IB Rio Claro.
- PEREIRA D. & ESLINGER, E.; 1988. Clay Minerals for Petroleum Geologists And Engineers, Society of Economic Paleontologists. USA.
- PETRI S. & FÚLFARO, V.J. 1983. Geologia do Brasil. Editora da Universidade de São Paulo. EDUSP, 631p.
- ROSS J. L. S & MOROZ, I. C.; 1997. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. Laboratório de geomorfologia Depto de Geografia. FFLCH, USP/ Laboratório de Cartografia Geotécnica. Geologia Aplicada IPT/FAPESP. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo.
- S.N.P.A. Levantamento de Reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo 1960 - 633p.