

## CADASTRO DE PROPRIEDADES GEOTÉCNICAS DE OBRAS RODOVIÁRIAS

**Abitante, Edgar** <sup>(1)</sup>, Eng. Civil, mestrando UFSC

**Borges, Clarissa Beatriz S.**, graduanda Eng. Civil UFSC

**Davison Dias, Regina**, prof.<sup>a</sup> UFSC, Eng. Civil, D.Sc.

**Trichês, Glicério**, prof. UFSC, Eng. Civil, D.Sc.

<sup>(1)</sup> Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico. Departamento de Engenharia Civil. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Campus Universitário - Trindade - Florianópolis - SC ; CEP 88.010-970; Caixa Postal 476; Fone (048) 231.9370 / 231.9418; E-mail: [ecv3eab@evc02.ecv.ufsc.br](mailto:ecv3eab@evc02.ecv.ufsc.br)

### RESUMO

O trabalho apresenta uma carta geotécnica da folha SG-22-Y-D, região do Meio Oeste Catarinense, e uma proposta metodológica de cadastro de resultados geotécnicos na engenharia rodoviária. O mapeamento geotécnico utilizando conceitos pedológicos permite a associação entre dados oriundos de estudos agrônômicos e de engenharia rodoviária. O estudo da gênese do solo fornece a base teórica na individualização das unidades geotécnicas e os parâmetros de agrupamento dos dados oriundos do meio rodoviário.

Palavras chave: engenharia, geotecnia, mapeamento, solos, rodovia.

### ABSTRACT

This paper presents a geotechnical map of Santa Catarina's region - Brazil, and a methodology of study and registration of geotechnical properties, for highway engineering. The definition of geotechnical units with the support of geology and pedology attributes is useful as a way of organizing engineering information related to soil mechanics. The methodology presented in this study can also be used to organized the cited technical parameters for other geotechnical areas.

Keywords: engineering, geotechnical, mapping, land occupation, land units.

## 1. INTRODUÇÃO

Os processos pedogenéticos originam solos com estrutura e características diferentes em função do material de origem e das condições em que se formam. O clima e o relevo são fatores de grande influência. Esta gênese é estudada através da pedologia onde o solo é dividido em classes com características definidas. Isso possibilita além da estimativa do comportamento a comparação de parâmetros entre locais distintos.

Estes processos de formação conferem ao solo um arranjo organizado e com muitas características previsíveis. Possibilita, assim, a inserção de dados oriundos tanto da engenharia rodoviária como da pedologia e da geologia em um cadastro geotécnico, sendo este indexado em unidades onde as chaves de classificação são baseadas na gênese dos solos.

Os estudos geotécnicos em obras rodoviárias envolvem um conhecimento multidisciplinar, desde as áreas da engenharia ligadas à mecânica dos solos (capacidade suporte, estabilidade de taludes, expansibilidade, drenagem, entre outros) e transportes (traçado) até conceitos básicos de geologia e pedologia.

Tal conhecimento é adquirido, geralmente, ao longo de muitos anos de experiência rodoviária, ficando restrito então a cada profissional em particular. Assim, uma região abordada geotecnicamente implica em um estudo que inclui trabalhos de escritório, coleta de amostras e ensaios laboratoriais. Esses trabalhos técnicos terão o custo, o tempo e a confiabilidade proporcionais à experiência do profissional envolvido.

A abordagem inicial do problema leva, então, a consultar a experiência e resultados preexistentes, tanto para obter informações novas, quanto para aprimorá-las ou confirmá-las. Estes dados serão tanto mais úteis quanto maior a sua confiabilidade, detalhamento e organização lógica. Um conjunto de dados regionais agrupados de forma lógica facilitaria e estimularia o desenvolvimento de pesquisas e teorias mais eficientes com respeito aos problemas geotécnicos existentes em nosso meio.

O Brasil, e em especial a região sul, possui uma formação de solos tropicais e subtropicais que cobre grande parte da sua área. Tais solos apresentam comportamento diferenciado em relação aos materiais para os quais foram desenvolvidos o maior número de teorias e estudos, América do Norte e Europa sendo, portanto, necessárias adaptações e simplificações para uso das mesmas em nosso território. A maioria dos estudos realizados no país, com relação aos nossos solos, visam a aplicação em agronomia, servindo contudo como uma ferramenta para os estudos de engenharia.

A quantidade de dados gerados pelas pesquisas, implantação de rodovias e obras de terra é muito grande e refletem realisticamente o comportamento dos solos regionais. Contudo, estes dados, encontram-se dispersos ou catalogados das mais variadas formas.

A reunião dos dados oriundos da engenharia, geologia e pedologia forma uma fonte abrangente e detalhada de informações, fato esse que torna-se possível com um modelo de cadastramento único, ou, pelo menos, com informações normalizadas. Para tanto, é imprescindível uma metodologia de MAPEAMENTO GEOTÉCNICO e classificação que considere as áreas técnicas envolvidas e agrupe as unidades de solos com um comportamento geotécnico comum. A grande quantidade de dados e suas variadas formas de apresentação torna necessário a utilização de um sistema automatizado que possibilite, inclusive, a migração dos dados a sistemas geográficos de informações.

A escolha de uma área de aplicação da metodologia no Meio Oeste Catarinense, além da geração da carta geotécnica e da formação de um banco de dados de solos, possibilita a transferência e troca dos resultados em toda a área da Bacia do Paraná, sendo esta, conforme TEIXEIRA (1992), incidente em 51% da área do estado de Santa Catarina.

O assunto vem trazer às áreas de Infra-Estrutura e Gerência Viária uma ferramenta de apoio às decisões na implantação e gerência de rodovias. E, uma sistemática de acumulação de

experiências anteriores em problemas geotécnicos ligados à área do transporte rodoviário. O desenvolvimento desta metodologia abre um campo de pesquisa aplicada às rodovias que certamente será desenvolvida no estado de Santa Catarina.

## 2. MAPEAMENTO GEOTÉCNICO E UNIDADES HOMOGÊNEAS

A conceituação de Mapeamento Geotécnico tem sido discutida nos últimos anos, pois os primeiros trabalhos abordavam principalmente os aspectos geológicos de uma dada região e suas influências na ocupação dos terrenos. Os mapas geotécnicos, em termos mundiais, podem apresentar desde simples cartas de áreas alagadiças, por exemplo, como uma série de documentos associados contendo dados descritivos e numéricos.

Mapa Geotécnico, neste trabalho, é considerado como um documento cartográfico que apresenta unidades espaciais homogêneas de uso e ocupação do solo definidas a partir de atributos de geologia, geomorfologia, solos (pedologia), clima, e vegetação, comportamento e caracterização geotécnica do solo e subsolo de uma determinada região. O mapeamento geotécnico, além da carta geotécnica, resulta em um relatório com os atributos das unidades mapeadas. Sendo útil, então, em planos de desenvolvimento regional e urbano, para nortear a implantação de obras viárias, loteamentos, edificações, localização de jazidas, projetos sanitários, entre outros (ABITANTE et al. 1996b).

O presente trabalho aplica uma metodologia de estudo geotécnico onde o cruzamento dos levantamentos pedológicos e geológicos resulta em uma unidade geotécnica definida. A caracterização desta unidade é obtida através da análise simplificada de dados pedológicos oriundos da agronomia e de dados resultantes de estudos rodoviários.

As obras rodoviárias geralmente solicitam solos de pequena profundidade, horizontes pedológicos de solo A (camada vegetal), B (solo desenvolvido) e o horizonte C (saprolito ou solo residual jovem). Assim, as investigações do subleito restringe-se normalmente a pouca profundidade, inferiores a 1,5 m abaixo do greide de projeto. Contudo, em cortes profundos e exploração de jazidas há necessidade de estudo em maiores profundidades.

A metodologia desenvolvida especialmente para o estudo dos solos tropicais possui o fundamento teórico necessário para o arranjo lógico das informações do presente trabalho. Países de clima tropical e subtropical, como o Brasil, apresentam perfis profundos de solo, evidenciando, então, o uso da pedologia nos estudos geotécnicos. As constantes pesquisas desenvolvidas por DAVISON DIAS (1987, 1989a, 1993, 1994) permitiram o desenvolvimento desta proposta de classificação geotécnica para os solos tropicais, que considera a pedogênese como indicadora de comportamento dos mesmos. Teoria esta que, comprovada por inúmeros estudos e práticas de campo, constitui-se base geotécnica no desenvolvimento do banco de dados, onde a definição e classificação exata de cada perfil referente a propriedade ou características do solo é o que permitirá a posterior comparação dos resultados em universos semelhantes.

O estabelecimento de unidades geotécnicas, e sua caracterização, tem por objetivo a definição de regiões cujo comportamento geotécnico frente ao uso e à ocupação do solo é semelhante. Esta delimitação em zonas de ocorrência de solos com perfis de origem e características físicas e morfológicas semelhantes, são as chamadas unidades geotécnicas.

Com a superposição de cartas geológicas, pedológicas e topográficas, tem-se uma nova carta, a geotécnica. Para cada unidade geotécnica, a geologia permite inferir as características do horizonte de alteração da rocha (horizonte saprolítico) e a pedologia permite inferir características dos horizontes superficiais dos seus perfis típicos. A topografia auxilia na definição dos limites entre as unidades. Utilizando-se de letras maiúsculas "XYZ" correspondentes a classificação pedológica do horizonte superficial (horizontes A e B) e as minúsculas "xyz" identificadoras da

geologia, caracterizando os horizontes C, RA e R, obtém-se uma simbologia para as unidades geotécnicas: "XYZxyz".

Os sistemas de classificação clássicos (Unificado, H.R.B., entre outros) não consideram os horizontes, sendo específicos para cada ocorrência e para cada profundidade em estudo, dirigidos a aplicações determinadas e apresentam previsões de comportamento cuja origem não inclui os solos parcialmente saturados existentes nos trópicos.

Os cuidados com a classificação e consistência dos dados deve considerar as diferentes metodologias de estudo, bem como os erros advindos de falhas laboratoriais e de publicação. O enquadramento de sondagens rodoviárias em unidades pedológicas exige conhecimento da prática de campo dos profissionais rodoviários quanto a equivalência da classificação expedita de campo e as características básicas de cada perfil pedológico.

O armazenamento de dados obtidos de uma análise da gênese de um perfil de solos, estimados inicialmente a partir de estudos pedológicos e geomorfológicos, comprovados posteriormente no campo com descrições morfológicas e tácteis-visuais e realização de ensaios de laboratório, torna possível a comparação de resultados entre as diversas metodologias de estudos de solos tropicais. Os dados, ou informações, que não estiverem criteriosamente organizados e acessíveis são praticamente inúteis.

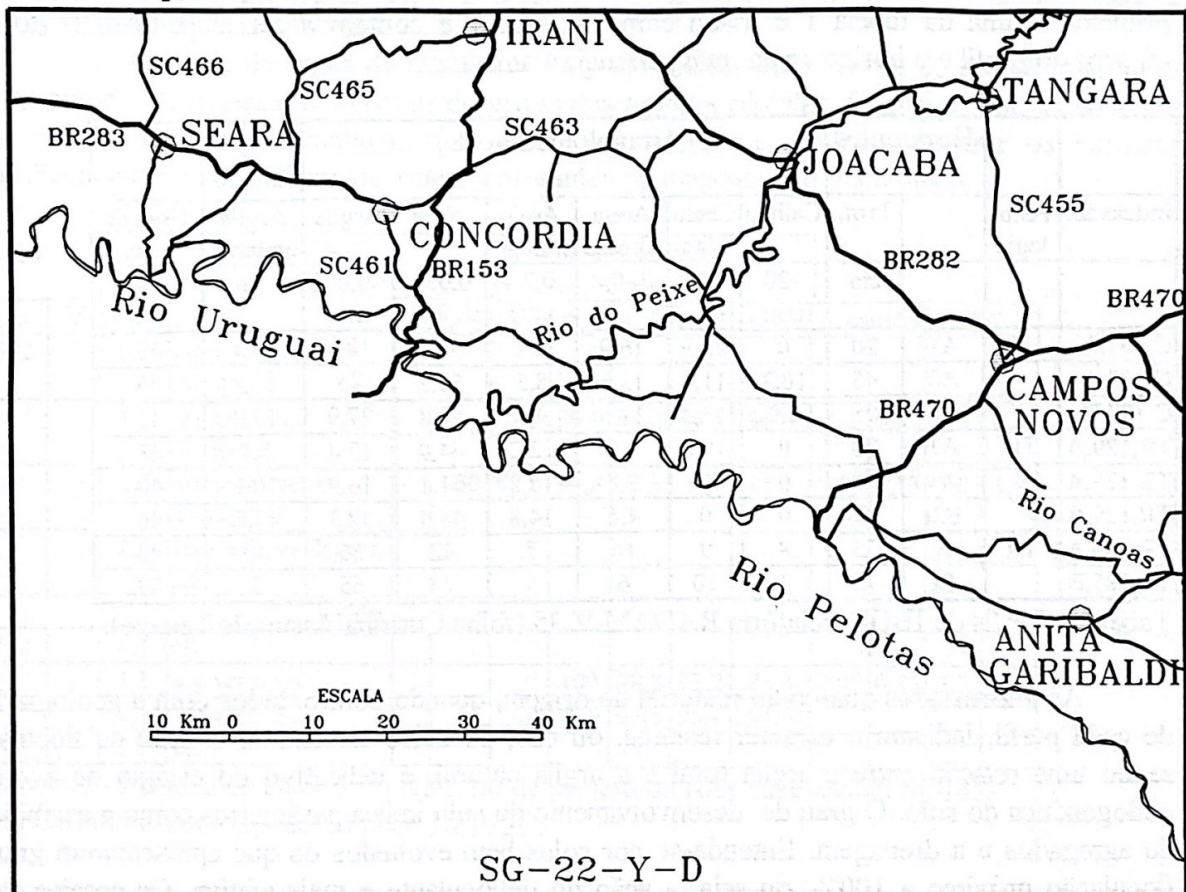


Figura 1. Mapa de situação e localização da área de estudo.

### 3. ÁREA DE ESTUDO

A área selecionada para os estudos localiza-se no Meio Oeste Catarinense, compreendida pela folha SG-22-Y-D (1:250.00), conforme o mapa da figura 1. A região estudada delimita-se entre os paralelos 27°S e 28°S e entre os meridianos 51°W.Gr. e 52.30°W.Gr. As micro-regiões, Meio Oeste Catarinense e Alto Uruguai Catarinense, são as de maior interesse neste estudo.

### 3.1. Mapas e Dados

O mapa base foi digitalizado a partir de um mapa de Santa Catarina editado pela SEPLAN/SC, 1994, em escala 1:500.000. As folhas dos levantamentos de solos, pedológicas, foram cedidas pela Divisão de Geociências do Sul - IBGE em escala 1:250.000. Estes levantamentos foram executados nesta escala considerando a edição em escala 1:500.000. O mapa geológico foi digitalizado a partir do Atlas de Santa Catarina em escala 1:1.000.000. O mapa geotécnico gerado será uma estimativa de unidades em escala 1:1.000.000, mantendo-se assim uma relação confiável com os mapas de origem. Os mapas originais e final estão em UTM (Projeção Universal Transversa de Mercator) com a grade geográfica como referência.

As informações morfológicas e laboratoriais dos perfis de solos foram obtidas a partir de relatório cedido pela Divisão de Geociências do Sul - IBGE, e fornecem, além da classe de solo, informações, entre outras, quanto a localização, cor (referida à tabela de Munsell), litologia, material de origem, relevo e altitude. Os dados de análise laboratorial destes perfis foram planilhados como mostra o exemplo da tabela 1. Neste exemplo, são apresentados apenas a caracterização física, contudo existem dados quanto a acidez, grau de floculação, relações moleculares (entre os teores de sílica, alumina e sesquióxidos) e capacidade de troca catiônica. A primeira coluna da tabela 1 é usada como indexador e contém a classe pedológica do solo, número do perfil e o horizonte ao qual pertence a amostra.

Indexador	Pedologia	Horizontes		Granulometria %							
			Prof. cm	Calhau >20 mm	Casca-lho 20 - 2	Areia Grossa 2 - 0,2	Areia fina 0,2 - 0,05	Silte 0,05 - 0,002	Argila <0,002 mm	Argila natural %	Grau de floc. %
C,107,A	C	A1	20	0	22,9	16,9	8,2	57,2	17,7	10,1	43
C,107,A		A3	45	10,3	11,6	13,3	8,5	53,2	25	13,8	45
C,107,B		B	75	7,9	13,4	11,6	9,7	50,8	27,9	15,9	43
TR,129,A	TR	A1	28	0	10,6	9,5	12,2	64,9	13,4	7,7	43
TR,129,A		A3	78	0	8,4	9,8	12,2	61,1	16,9	10,1	40
TR,129,B		B2t	100	0	0	4,6	14,8	48,3	32,3	17,5	46
TR,185,A	TR	A	25	8	9	16	7	42	35	20	43
TR,185,B		Bt	75	3	10	6	5	24	65	3	93

Tabela 1 - Perfis do IBGE, relatório RADAM V.35 (folha Curitiba/Assunção/Iguape).

As informações quanto ao material de origem, quando confrontados com a geologia local de cada perfil, indicam o carácter residual, ou não, dos solos estudados. O grau de floculação, sendo uma relação entre a argila total e a argila natural, é indicativo do estágio de evolução pedogenética do solo. O grau de desenvolvimento do solo indica parâmetros como a estabilidade de agregados e a drenagem. Entende-se por solos bem evoluídos os que apresentarem grau de floculação próximo a 100%, ou seja, a ação do defloculante é mais efetiva. Os ensaios foram executados em dois laboratórios, os quais possuem ligeira diferença na metodologia e na apresentação dos resultados, tornando-se necessária uma avaliação crítica na concordância dos resultados.

Na análise física foi utilizado como defloculante uma solução de NaOH 1 N a 6% (SNCLS) e solução alcalina de hexametáfosfato de sódio (SUDESUL). Cabe salientar que a natureza química do solo analisado faz com que o mesmo comporte-se de maneira muito diferente diante da química do defloculante, podendo apresentar resultados de teores de silte e argila distorcidos. A interpretação crítica da granulometria, especialmente areia fina, silte e argila,

quando considerado a classe do solo e seu grau de evolução, fornece um alerta para os possíveis erros dos relatórios laboratoriais.

Os dados laboratoriais constantes nos relatórios rodoviários e de pesquisa seguem as normas de órgãos, DERs, DNER, ABNT e normas internacionais. A determinação da granulometria dos solos segue a NBR 7181/82, DNER - ME 51-64, DNER ME 80-64 e AASHO T 88-54. Um exemplo de dado rodoviário é apresentado na tabela 2, onde além destes tem-se informações quanto a plasticidade e classificações tradicionais.

Os dados rodoviários fornecem uma avaliação da capacidade suporte do subleito e dos materiais das jazidas, além da informação quanto a expansão e classificação expedita de campo. O confronto dos dados pedológicos e rodoviários podem criar associações onde infere-se o comportamento mecânico dos solos nas unidades geotécnicas.

A representação gráfica da distribuição granulométrica tem função prática muito grande, podendo dar indicações, por exemplo, de permeabilidade e capacidade suporte. Além de permitir a comparação de resultados entre as diferentes metodologias de análise.

Os indicativos pedológicos de drenagem podem, por exemplo, alertar o engenheiro quanto a provável falha na determinação do lençol freático pela sondagem. A baixa permeabilidade também alerta para problemas como poro pressão negativa, recalques com o tempo e provável ocorrência de argila expansiva.

A existência de argila de atividade alta pode indicar um material de grande plasticidade, bem como a ocorrência de minerais do grupo das montmorilonitas. Enquanto que as concreções de óxidos de ferro e alumínio, típico de solos lateríticos, podem mascarar os ensaios de cisalhamento direto. Indicativos, estes, constantes no mapeamento geotécnico.

Furo		Prof. (m)	Classificação Expedita	Granulometria (%) (peneiras, % passante)							expansão		ISC			
estc.	M			1	3/4	3/8	n 4	n 10	n 40	n 200						
532		0,1	capa vegetal, com mosq.													
		1,1	arg c/mosq., vermelha			100	99,9	99,3	98,5	96,6	2,4	0,82	4,5	4,3		
		2,2	arg siltos verm, c/cascalho	100	97,6	94,8	92,3	90	84,3	3,95	1,53	1,8	3,3			
		2,2	limite de sondagem, LS													
Jazidas																
P-2		0,1	cv													
		1,1	arg verm esc			100	98,8	93,2	85,3	2,08	0,85	3,5	3,4			
		2,1	arg verm esc			100	98,9	97,8	95,4	91,9						
		3,1	LS													

Tabela 2 - Planilha de Dados do relatório de projeto da rodovia estadual SC463, trecho Jaborá-BR153, cedido pelo DER/SC.

#### 4. GEOLOGIA DA REGIÃO ESTUDADA

A área em estudo está, na sua maior parte, inserida na formação Serra Geral, cobertura cristalina da Bacia do Paraná, sendo estas rochas de constituição basáltica, vulcanismo de fissura, resultantes das maiores manifestações vulcânicas do mundo. Tal derrame estende-se por uma área de 1.600.000 km<sup>2</sup> (ATLAS, 1986). A composição destas lavas varia de essencialmente básicas à essencialmente ácidas, sendo possível encontrar diversas fases de composições intermediárias. A predominância em área de tais rochas condiciona a sua utilização, bem como os materiais provenientes de sua alteração.

Os últimos derrames da porção superior da bacia do Paraná foram durante muito tempo chamados como basaltos de natureza toleítica. Sendo de composição mais ácida, maior teor de sílica, também foram chamados de basaltos silificados. Segundo TREVISAN SANTOS, 1990, SARTORI et al. (1975) mostraram que elas variam entre dacitos e riolitos e, por esta razão, ROISEMBERG (1977) designou-as de riodacitos. Também conhecido como "Basalto Carijó", o riodacito tem sua história confundida com o basalto na pavimentação rodoviária.

Baseado tanto em características físicas como em texturais e estruturais LEINZ (1949) identificou as várias zonas de um derrame basáltico, como segue: Zona Vítrea - porção inferior de resfriamento rápido devido ao contato com o embasamento, apresenta baixo grau de cristalização e intenso fraturamento e grande alterabilidade; Zona de Fraturamento Horizontal - as diaclases de contração horizontal indicam um resfriamento mais lento que se reflete numa textura microcristalina, possui alterabilidade mediana; Zona de Fraturamento Vertical - é a última zona a se consolidar e geralmente é a zona mais espessa do derrame e mais estável à alteração, produzindo solos argilosos e freqüentemente com presença de blocos e, Zona Amigdalóide ou Vesicular - porção superior do derrame que sofre resfriamento rápido com conseqüente baixo grau de cristalização e possui grande alterabilidade. Nesta última zona, ocorrem freqüentemente argilas expansivas formadas pela intemperização da rocha e camadas espessas de solos com grande plasticidade.

É interessante salientar que, muitas vezes, a erosão e a decomposição seletiva fazem ressaltar, na topografia, as unidades dos derrames. São conhecidos os beirais abruptos na orla oriental das efusivas basálticas do sul do Brasil, formando verdadeiras escadas de degraus sucessivos (aliás, de onde vem o nome sueco trapp, escada) (LEINZ, 1949).

## 5. UNIDADES GEOTÉCNICAS

As unidades geotécnicas encontradas na região estudada apresentam uma combinação de solos pouco e medianamente evoluídos na pedologia com substratos de basaltos e riodacito. A diferenciação dos perfis de solos é devido aos diferentes tipos de fases do derrame basáltico, altitude (clima) e relevo (estabilidade e drenagem), definindo assim a sua gênese.

O levantamento de solos executado pelo projeto RADAMBRASIL - IBGE e pelo SNLCS/EMBRAPA (Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos / Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), a nível exploratório, mapeou na área de estudo deste trabalho as unidades pedológicas C (cambissolo), LBR (latossolo bruno intermediário para latossolo roxo), R (lítólicos), TBR (terra bruna estruturada intermediária para terra roxa estruturada), TBH (terra bruna estruturada húmica) e TR (terra roxa estruturada). As unidades geotécnicas obtidas através do cruzamento das cartas pedológicas e geológica são apresentadas na figura 2. Estas unidades geotécnicas podem ser divididas em grupos em função da sua cobertura pedológica, conforme a seguir descrito:

a. LATOSSOLOS - unidade caracterizada por horizonte B latossólico - compreende a unidade pedológica LBR, o qual apresenta solos bem desenvolvidos, espessos, e com ausência de minerais instáveis. Possuem estrutura forte muito pequena e pequena granular a blocos subangulares moderada (CAMARGO et al., 1987). O relevo de ocorrência é suave ondulado e ondulado e localiza-se em cotas mais elevadas, superiores a 700m. Segundo o Atlas de Santa Catarina, 1986, estes solos cobrem 5,8% da área do respectivo estado.

a.1. LBRr e LBRb (Latosolo Bruno Roxo com substrato Riodacito; Latossolo Bruno Roxo com substrato Basalto)

São solos minerais, não hidromórficos, apresentando a seqüência de horizontes A, B e C, com horizonte B latossólico de coloração avermelhada, dominam as cores de matizes entre 2,5YR e 5YR. Porém, com matiz 2,5YR se confunde com o LR, ocorrendo uma maior diferenciação de cor entre os horizontes A e B.



profundidade, horizonte C. Os solos apresentam quantidade de  $Fe_2O_3$  variando de 11% a 29% e relação  $SiO_2/Al_2O_3(Ki)$  de 0,8 a 1,9, alto teor de alumínio trocável e fertilidade natural baixa.

O horizonte B, em geral tem espessura inferior a 2,5m, com textura muito argilosa ao longo do perfil. O material de origem é geralmente o basalto da formação Serra Geral, podendo originar-se de rochas efusivas ácidas. Neste caso, apresentando teores de ferro entre 13% e 30% (RADAM V.35). Estas unidades apresentam, na região de estudo, predominantemente o substrato riodacito.

**b. TEXTURAL** - compreende as unidades pedológicas TBH, TBR e TR, os quais são solos que possuem gradiente textural entre os horizontes A e B, sendo assim, apresentam o horizonte B mais argiloso que a camada superficial. As unidades, neste caso, não apresentam minerais instáveis no horizonte superficial. Devido a concentração dos minerais argílicos no horizonte B, estes solos apresentam na sua estrutura pedológica um brilho graxo, cerosidade. Os solos destas unidades pedológicas cobrem 10,54% da área deste estado, somando-se os solos das unidades TBR e TR.

**b.1 TBr (Terra Bruna Estruturada substrato Riodacito);**

Segundo o ATLAS SC (1986), são solos minerais, não hidromórficos, horizonte B textural nem sempre bem expresso, argila de atividade baixa, gradiente textural baixo e derivados principalmente de rochas eruptivas ácidas. Solos profundos, bem drenados, de coloração tipicamente brunada. Apresentam a seqüência de horizontes: A, Bt e C, sendo os horizontes superficiais espessos e escurecidos. O horizonte A tem um teor de matéria orgânica elevada, com cores escuras. O horizonte B tem textura muito argilosa, estrutura prismática que se desfaz em blocos subangulares. Aspectos discutíveis de cerosidade. Ocorrem em relevo suave ondulado e ondulado.

Característica marcante em cortes expostos é o fendilhamento, em decorrência da alta capacidade de contração, aparentando atividade de argila mais alta do que realmente possuem, e o alto grau de flocculação do horizonte B.

**b.2 TBRb e TBRr (Terra Bruna Roxa substrato Basalto e Terra Bruna Roxa substrato Riodacito);**

Os solos TBR ocupam aproximadamente 7.738 km<sup>2</sup>, 8,06% da área total do estado, e podem originar-se tanto de rochas eruptivas básicas, como de intermediárias ou ácidas da formação Serra Geral. Assim, a variação nos teores de óxido de ferro é grande, 9% a 26% Solos minerais, não hidromórficos, B textural, argila de atividade baixa e de coloração intermediária entre TB e TR. Apresentam estrutura moderadamente desenvolvida, baixo gradiente textural e cerosidade menos evidente que a TR. Seqüência de horizontes A, Bt, e C, sendo em geral profundos, com B argiloso e muito argiloso, cores entre 2,5YR e 5YR. Derivam tendo de eruptivas básicas, como de intermediárias ou ácidas da formação Serra Geral. Teores de  $Fe_2O_3$ , demasiadamente variáveis, oscilando entre 9 e 26% e devem estar relacionados às diferenças de composição do material de origem (ATLAS SC, 1986). Os substratos basalto e riodacito são de ocorrências proporcionais nas unidades geotécnicas encontradas na região de estudo.

**b.3 TRb (Terra Roxa Estruturada substrato Basalto);**

O ATLAS SC (1986) descreve estes solos como solos minerais, argilosos, com horizonte B textural, não hidromórficos, com argila de baixa capacidade de troca de cátions e derivados de rochas eruptivas de derrame basáltico.

Solos profundos, porosos, bem drenados, A, Bt e C, geralmente argilosos ao longo do perfil, devido a pouca variação de cor e textura entre os sub-horizontes é de difícil identificação.

São características desta classe de solos a abundância dos minerais pesados, muitos dos quais atraídos por imã comum, a efervescência com água oxigenada ao longo do perfil, devido aos teores relativamente altos de manganês, o alto grau de flocculação da argila no horizonte subsuperficial e teores de  $Fe_2O_3$  acima de 15%. Estes solos praticamente não possuem alumínio

trocável. O gradiente textural B/A entre 1,20 e 1,45, presença de cerosidade forte e abundante no Bt são indícios de translocação e concentração de argila no perfil.

A presença de um horizonte subsuperficial de acúmulo de argila, a grande diferença nas percentagens de argila dispersa em água entre os horizontes A, Bt e a situação topográfica em que ocorrem em relevo ondulado e forte ondulado, são algumas características relacionadas com a menor resistência desses solos à erosão em relação solos mais desenvolvidos como os Latossolos Roxos. O substrato basalto, previsto pela pedologia, foi confirmado na unidade.

c. **INCIPIENTES** - compreende a unidade pedológica C. São solos medianamente desenvolvidos, sendo assim pouco espessos. Estes solos cobrem aproximadamente 52% da área total do estado (ATLAS SC, 1986). Quando derivados de basaltos apresentam-se em relevo mais movimentado, e quando derivados de eruptivas ácidas em relevo suave ondulado e ondulado.

A menor intemperização dos Cambissolos leva a pressupor que os minerais constituintes do material de origem não tenham sido totalmente alterados. Porção significativa dos minerais primários pode ter permanecido na sua forma original, ou apenas se fragmentado em pedaços menores. A presença de rocha semi-intemperizada misturada à massa do solo e a ocorrência de agregados estruturais fracamente desenvolvidos no B constituem, às vezes, feições auxiliares na identificação. Os solos com horizonte B incipiente mantêm, ainda na fração argila, uma proporção pelo menos significativa de minerais de argila do tipo 2:1 ou interstratificados, expansíveis ou não (do ponto de vista geotécnico, expansão acima de 3% é problemática).

Segundo RADAM V.35, os cambissolos quando derivados de basalto da Formação Serra Geral comumente são eutróficos, argila de atividade alta. Estes solos podem estar associados a solos litólicos e terra roxa estruturada.

c.1. **Cb e Cr (Cambissolo substrato Basalto e Cambissolo substrato Riodacito);**

São solos eutróficos, geralmente originado de basalto amigdalóide, argila de atividade alta, minerais de argila do tipo 2:1.

Solos minerais, não hidromórficos, B incipiente, baixo gradiente textural, média e alta relação silte/argila, presença de minerais primários de baixa decomposição. Cerosidade de fraca a pouca, quando presente. Horizontes A, (B) e C, com variações de profundidade, cor, textura e estrutura. Quando derivados de basalto, geralmente possuem alta fertilidade natural, argila de atividade alta, são quase sempre pedregosos e situados em relevo forte ondulado e montanhoso (ATLAS SC, 1986).

O substrato basalto é quase que absoluto. E, considerando a presença de minerais instáveis estima-se que a ocorrência em substrato riodacito é devido ao transporte do material.

d. **POUCO DESENVOLVIDO** - enquadram-se aqui os solos litólicos, R. Esta classe compreende solos rasos, pouco desenvolvidos, que se caracterizam pela presença de horizonte A assentado diretamente sobre a rocha matriz ou sobre um horizonte C.

d.1. **Rb e Rr (Solos Litólicos com substrato Basalto e Solos Litólicos com substrato Riodacito);**

A espessura média destes solos situa-se entre 15cm e 40cm, podem apresentar material granular grosseiro e blocos de rocha alterada. A morfologia depende da rocha de origem. Estes solos apresentam-se em relevo acidentado, forte ondulado a montanhoso, e bem drenados.

A interpretação pedológica difere da geotécnica na definição de solo. Assim, solos do tipo litólicos podem na geotecnia apresentar maiores profundidades, considerando-se aqui o horizonte C e RA como solo.

Os solos litólicos eutróficos, na sua grande maioria, são derivados de rochas eruptivas básicas (ATLAS SC, 1986). A unidade de Solos Litólicos com substrato Riodacito ocorre raramente.

### 5.1. Cadastro das Propriedades geotécnicas

A incorporação dos dados oriundos do meio rodoviário no banco de dados geotécnico utiliza as características diagnosticas das classes pedológica como chave de classificação.

Assim, os atributos como classe, textura e grau de evolução pode ser comparado com a cor, granulometria, espessura resultantes dos estudos de solos em rodovias. As particularidades mineralógicas fornecem a indicação do caráter residual e do material de origem.

A representação gráfica da distribuição granulométrica possibilita a determinação de faixas comparativas entre dados oriundos de áreas e laboratórios distintos. Assim, minimizando as dificuldades de comparação de resultados baseados em normas de análise diferentes.

O comportamento geomecânico, como por exemplo capacidade suporte e expansão, podem ser analisadas através de relatórios geotécnicos rodoviários.

## 6. CONCLUSÕES

As unidades geotécnicas encontradas na região estudada apresentam uma combinação de solos pouco e medianamente evoluídos na pedologia com substratos de basaltos e riodacito. A diferenciação dos perfis de solos é devido aos diferentes tipos de fases do derrame basáltico, altitude (clima) e relevo (estabilidade e drenagem), definindo assim a sua gênese.

Materiais oriundos de riodacitos tendem a ser não expansivos e apresentar porcentagem de quartzo, fração areia, superior aos demais. Os solos oriundos de basalto apresentam uma maior complexibilidade devido às diferenças existentes entre as fases dos derrames. Os solos vistos como mais problemáticos são os originados do basalto amigdalóide, possuindo estes um grau de expansão superior aos limites admissíveis para o uso em rodovias. Perfis, estes, que tendem a ser mais erodíveis e plásticos, além de indicarem rochas inadequadas para exploração.

A metodologia de mapeamento geotécnico desenvolvida com o uso da pedologia possibilita a utilização dos estudos agrônômicos, já bastante avançados, no meio rodoviário. Além de orientar a classificação dos dados oriundos de diversos ramos da engenharia rodoviária, a qual apresenta diferentes metodologias de estudos de solos.

A descrição de campo utilizada nos levantamentos de solos pelo meio rodoviário apresenta discordância na forma e critérios de descrição das camadas de uma sondagem. Se, procedimentos simples como uma tabela simplificada de cores fosse utilizada a melhoria destes levantamentos seria substancial. O mesmos cuidados poderiam ser considerados com a divisão das camadas e descrição morfológica dos solos. Assim, os dados de campo utilizados nos projetos teriam uma forma mais técnica.

## BIBLIOGRAFIA

- ABITANTE, E; SANDOVAL BORGES, C. B.; DAVISON DIAS, R.; TRICHÊS, G. (1996) - Mapeamento Geotécnico visando Obras Rodoviárias. In: CONGRESSO TÉCNICO - CIENTÍFICO DE ENGENHARIA CIVIL. Florianópolis - SC. Anais. 971-982 p.
- ATLAS DE SANTA CATARINA (1986)- Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. Subchefia de Estatística, Geografia e Informática. Aerofoto Cruzeiro.
- CAMARGO, M. N., KLAMT, E., KAUFFMAN, J. H. (1987) -Classificação de Solos usada em Levantamentos Pedológicos o Brasil. Boletim Informativo da Soc. Brasileira de Ciência dos Solos, Campinas, 12:11-33.

- DAVISON DIAS, R. (1987) - Aplicação de pedologia e geotecnia no projeto de fundações de linhas de transmissão. Rio de Janeiro: COPPE, 309p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - UFRJ.
- DAVISON DIAS, R. (1989a). Geomecânica dos solos Lateríticos do sul do Brasil. In: Colóquio de Solos Tropicais e Subtropicais e suas Aplicações em Engenharia Civil, 2, Porto Alegre.
- DAVISON DIAS, R. (novembro 1993) - Proposta de Metodologia de Definição de Carta Geotécnica em Regiões Tropicais e Subtropicais. IN: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA. São Paulo.
- DAVISON DIAS, R. (abril 1994) - "Influência da estrutura pedológica na colapsividade dos Latossolos". 2. SIMPÓSIO DE SOLOS NÃO SATURADOS. Recife.
- LEINZ, V. (1949) - Contribuição à Geologia dos Derrames Basálticos do Sul do Brasil. Boletim da Faculdade de Filosofia e Letras da USP, São Paulo.
- RADAM V.35 - Levantamento de Solos do PROJETO RADAMBRASIL folhas Curitiba/Assunción/Iguape, cedido pela Divisão de Geociências do Sul - IBGE. A ser publicado.
- TEIXEIRA, VICTOR HUGO (1992) - Geologia, Apostila, disciplina ECT 5139, Universidade Federal de Santa Catarina, Dep. Eng. Civil, Florianópolis, SC.
- TREVISAN SANTOS, G. (1990) - Caracterização Geotécnica de Riodacito de Santa Catarina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Dissertação de mestrado, Porto Alegre, 145pg.