

CADASTRO GEOTÉCNICO DA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE VISANDO OBRAS DE ENGENHARIA

Davison Dias, Regina ⁽¹⁾; Bastos, Cezar Augusto B. ⁽²⁾; Pinheiro, Rinaldo José Barbosa ⁽²⁾; Saraiva, Rodrigo Martins ⁽²⁾

⁽¹⁾ Universidade Federal de Santa Cararina, Centro Tecnológico, Dep. Engenharia Civil, Caixa Postal 476, 88040-900, Florianópolis, SC, fone 231.9418

⁽²⁾ UFRGS, Avenida Osvaldo Aranha, 99, 3º andar, Porto Alegre, RS, CEP 90035-190

ABSTRACT

The metropolitan site of Porto Alegre is located in the east portion of Rio Grande do Sul and comprises an area superior to 7000 Km². A basic geotechnical mapping of this area carried out as a way to allow an adequate use and occupation of soils in the urban planning process. The geotechnical units were estimated according to the methodology used in south Brazil, taking into account the geology to estimate the horizons that have geological structure and also the pedologie as a way to indicate the characteristics of the horizons with pedologic structure. Field studies complemented the recognition of these units. Geotechnical tests of the weathering of various litologies - granites, gneisses, basalts, eolic, fluvial and pelites arenites and also profiles that occur over quaternary sediments - were made. The pedogenetics processes over the geologic material have originated subtropical soil profiles that have a different behavior under use and occupation in civil works. Twenty-eight geotechnical units were estimated and are presented and briefly described in this paper.

Keywords: Geotechnical maping, Geotechnical units, Soil Occupation

RESUMO

O trabalho apresenta a metodologia e o mapeamento geotécnico da Região Metropolitana de Porto Alegre. As unidades geotécnicas foram estimadas a partir de estudos pedológicos para caracterizar os solos do horizonte superficial, e a partir da geologia para estimar os horizontes com estrutura geológica. Nesta região, são encontrados solos do intemperismo de várias litologias como: granitos, gnaisses, basaltos, arenitos eólicos e fluviais e pelitos, além de perfis desenvolvidos sobre sedimentos quaternários. Os processos pedogenéticos atuando sobre estes materiais geológicos originaram perfis de solos subtropicais com comportamento diferenciado frente ao seu uso e ocupação por obras civis. Trabalhos de campo complementaram o reconhecimento destas unidades in loco. Ensaio geomecânicos foram feitos em perfis típicos das unidades. Foram estimadas 28 unidades geotécnicas, apresentadas e brevemente descritas neste artigo. Situada na porção leste do Rio Grande do Sul, a Região Metropolitana de Porto Alegre abrange uma área superior a 7000 km². Foi feito um levantamento de problemas geotécnicos de várias unidades de mapeamento, pois o trabalho visa o adequado planejamento do uso e ocupação do solo frente a urbanização desta área.

Palavras chave: mapeamento geotécnico, uso e ocupação do solo, geotecnia, Porto Alegre.

INTRODUÇÃO

A ocupação física das cidades e meios urbanos normalmente não tem sido feita com critérios técnicos que otimizem e minimizem os efeitos catastróficos de escorregamentos, erosões e outros problemas oriundos do uso não racional do solo urbano. Nos planos diretores as características geotécnicas dos diferentes tipos de solos brasileiros não são consideradas. Os acidentes geotécnicos exigem soluções técnicas geralmente onerosas. Verifica-se, entretanto, um distanciamento no conhecimento sistemático do comportamento geotécnico do solo solicitado nas obras de engenharia. Este estudo ignora a gênese e as propriedades geomecânicas das unidades e a interferência entre elas.

A influência do clima tropical e subtropical no Brasil ocasiona a formação de vários universos de solos com características e propriedades próprias, necessitando o desenvolvimento de metodologias de uso e ocupação destes solos. Através do mapeamento geotécnico e metodologia de determinação de comportamento geomecânico de grandes áreas, entretanto, é possível o conhecimento geotécnico dos solos para o seu uso em obras de engenharia. Cita-se como exemplo, a possibilidade de utilização de materiais locais em pavimentação de vias urbanas e em estruturas de contenção, reduzindo custos e adequando o crescimento das cidades às características do seu meio. Logo, é cada vez mais importante pesquisas no conhecimento geotecnológico dos solos, envolvendo a estimativa de suas propriedades geotécnicas.

O mapeamento geotécnico da Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA) iniciou-se como um trabalho sistemático em 1989, através de várias dissertações de mestrado desenvolvidas no CPGEC/UFRGS. Este acervo de informações e a grande experiência regional acumulada neste período estão sendo utilizados para a definição de unidades geotécnicas. A RMPA foi inicialmente mapeada na escala 1:250.000 (escala razoável para um estudo de planejamento regional) e, atualmente, está sendo preparada para divulgação na escala 1:100.000. Nas dissertações de mestrado foram feitos ensaios de características físicas e mecânicas dos solos no estado natural de campo e em solos compactados. Na dissertação de mestrado de Bastos (1991) foram estudados os solos de granitos e complexo granito gnáissico; Orlandini (1990) trabalhou com os solos de arenitos eólicos da Formação Botucatu; Pinheiro, em 1991, pesquisou os solos de rochas sedimentares de origem lacustre e fluvial, e Sotelo (1994) trabalhou com as argilas moles. Neste artigo é apresentada a estimativa das unidades geotécnicas da RMPA, seguida de uma breve descrição das mesmas, agrupadas em função das principais litologias.

GEOLOGIA E PEDOLOGIA DA RMPA

São encontradas quatro províncias geomorfológicas principais do estudo na RMPA: Planalto, Depressão Periférica, Escudo Sul-Riograndense e Planície Costeira. A Depressão Periférica é caracterizada por diferentes formações sedimentares pertencentes à Bacia do Paraná, dentre elas: Formação Palermo (marinha), Formação Irati (marinha restrita) e Formação Estrada Nova (marinha transicional) e Formação Rio Bonito (flúvio-deltaica). Sobre estas ocorreu a deposição de sedimentos fluviais da Formação Rosário do Sul e de arenitos eólicos da Formação Botucatu. Posteriormente, a região torna-se palco de um evento vulcânico continental, originador da Formação Serra Geral, composta por sucessivos derrames basálticos com vulcanismos ácidos em seu topo, formando o Planalto. O Escudo sul-riograndense representa o embasamento cristalino, constituído por granitos e septos metamórficos. A Planície Costeira, originada por episódios transgressivo-regressivos do mar, manifesta-se na forma de depósitos de barreiras litorâneas e lagunares.

Os diversos tipos de solos superficiais da RMPA, segundo a pedologia, são também muito diferenciados. Destacam-se solos Podzólicos sobre as litologias do Escudo Cristalino e sedimentos terciários da Depressão Periférica, as Terras Roxas Estruturadas sobre os basaltos da Formação Serra Geral e Planossolos, os Gleis e Solos Aluviais desenvolvidos em depósitos de sedimentos quaternários.

METODOLOGIA

Foi empregada a metodologia para estudos geotécnicos de grandes áreas desenvolvida no Laboratório de Mapeamento Geotécnico e Comportamento de Grandes Áreas (LAMGEO) da UFRGS, explicitada em detalhe por Davison Dias (1995). Esta considera, para a estimativa de unidades geotécnicas, os levantamentos pedológicos, geológicos e geomorfológicos, complementada por específicos trabalhos de campo. Nas investigações "in situ" são identificados perfis típicos de solos das unidades e problemas geotécnicos associados. Em locais típicos das unidades geotécnicas são retiradas amostras para determinação do comportamento geomecânico dos materiais dos diferentes horizontes. A pedogênese é utilizada para estimar características dos solos dos horizontes A e B. As características geológicas, entretanto, condicionam o comportamento geomecânico dos horizontes C, RA e R. Uma vez conhecido o comportamento geotécnico típico de uma unidade, através de seus horizontes, é possível estimar o desempenho do solo em qualquer aplicação onde este é solicitado.

UNIDADES GEOTÉCNICAS DA RMPA

As unidades geotécnicas estimadas para a RMPA estão representadas na Carta Geotécnica Região Metropolitana de Porto Alegre, esquematizada na Figura 1 (escala original: 1:100.000). A Tabela 1 relaciona as unidades geotécnicas. As unidades são identificadas com a sigla do perfil pedológico acompanhada por um índice indicativo do substrato geológico, a Figura 1 mostra as unidades encontradas. Davison Dias (1995) descreve em detalhe a simbologia usada.

DESCRIÇÃO DAS UNIDADES GEOTÉCNICAS

Aluviais e Planossolos com substrato sedimentos lagunares - *Asq1 e PLsq2*

Os solos Aluviais e Planossolos ocorrem sobre praias e terraços lagunares adjacentes às margens do Rio Guaíba e Lagoa dos Patos. Os solos Aluviais são mal drenados, formados por camadas estratificadas arenosas, sem desenvolvimento pedogenético, incluindo a presença de dunas lagunares. Ocorrem nos terrenos praias às margens lagunares. Os Planossolos constituem perfis mais evoluídos, cinzentos (gleizados), com horizonte eluvial arenoso que contrasta com o horizonte B de acumulação de argila e mosqueado característico. Ocorrem em porções mais altas do micro-relevo. O uso e ocupação é limitado pela má drenagem, nível d'água elevado e pela baixa a média capacidade de suporte dos horizontes superficiais. Camadas argilosas moles em profundidade podem exigir prospecções mais cuidadosas e fundações profundas.

Aluviais, Planossolos e Cambissolos com substrato depósitos fluviais - *Asq6, Plsq6, Asq1/6, PL1/6, Csq6*

Os solos Aluviais, Planossolos e Cambissolos, ocorrem, nesta unidade, sobre depósitos de planícies de inundação e de canais fluviais em terrenos adjacentes aos rios dos Sinos e Caí. Os Solos Aluviais e Planossolos são verificados em relevo plano, sendo os últimos mais desenvolvidos, com acúmulo de argila no horizonte B e situados nas porções mais altas do micro-relevo das planícies de inundação. Os Cambissolos são bem drenados, com cores brunadas e mosqueados superficialmente. Situam-se em relevo plano a suave ondulado e recebem, do substrato, a contribuição de sedimentos aluviais e coluviais das terras altas. Nas planícies de inundação do Rio Jacuí e nas ilhas de seu delta são encontrados depósitos flúvio-lagunares de areias e cascalhos nos canais fluviais e sedimentos siltico-argilosos nas planícies sobre os quais também se desenvolvem perfis de Solos Aluviais e Planossolos. Estes solos variam de argilosos até arenosos finos, sendo comum a presença de seixos nos Cambissolos. Solos Aluviais e Planossolos apresentam maiores limitações ao uso e ocupação pelas freqüentes inundações e pela baixa capacidade de suporte dos materiais superficiais. Depósitos argilosos moles em profundidade condicionam prospecções e fundações profundas.

Glei com substrato depósitos paludais - *Gsq3*

Os solos classificados como Glei são formados sobre depósitos turfosos intercalados ou misturados com areias, siltes e argilas, encontrados associados com os depósitos flúvio-lagunares do delta do Rio Jacuí e, em depressões, nas planícies lagunares e barreiras litorâneas. São solos muito mal drenados, com lençol freático à superfície e acentuada redução dos óxidos de Fe. Estes solos são muito desfavoráveis à urbanização, em vista da má drenagem, da muito baixa capacidade suporte e da excessiva compressibilidade. Exigem fundações profundas, análise da estabilidade de aterros e bermas de equilíbrio em estradas. São áreas adequadas à preservação ambiental.

Podzólico Vermelho-Amarelo com substrato depósitos eólicos de barreiras litorâneas - *PVsq5*

Os solos Podzólicos Vermelho-Amarelo são oriundos de depósitos eólicos de barreiras litorâneas em relevo ondulado a sudeste da RMPA, constituídos de areias quartzosas ferrificadas finas a médias. São solos arenosos, bem drenados, com forte gradiente textural e concentração de argila e óxidos no horizonte B. Apresentam boas propriedades geotécnicas (capacidade de suporte, drenagem e como material de empréstimo). Exigem, entretanto, cuidados com erosão superficial. São importantes aquíferos, contudo susceptíveis à contaminação.

Planossolos, Cambissolos, Brunizém Avermelhado e Podzólicos Vermelho-Amarelo e Podzólico Vermelho-Escuro com substrato depósitos de encosta - *PLsq4, Csq4, BVsq4, PVsq4, Pesq4*

Os Planossolos, Cambissolos, Brunizém Avermelhado, Podzólicos Vermelho-Amarelo e Vermelho-Escuro ocorrem sobre depósitos de encostas dos diferentes domínios geológicos da RMPA. Os Planossolos formam-se de depósitos aluviais e gravitacionais de materiais do Escudo, nas zonas de transição dos morros graníticos aos terraços lagunares, a sudoeste da RMPA, em geral são mais argilosos que aqueles de origem lagunar. Os Cambissolos originam-se dos depósitos de leques aluviais e colúvios arenosos dos morros de arenito, com contribuição de material transportado argiloso de origem basáltica. Os solos Brunizém Avermelhado são formados dos depósitos das escarpas basálticas, ocupam relevo plano nas várzeas dos Rios Caí e Cadeia, são argilosos (argila 2:1), sem gradiente textural, podem apresentar seixos de basalto e tornam-se mais arenosos nas proximidades dos arenitos. Os Podzólicos Vermelho-Amarelos

ocorrem sobre depósitos gravitacionais dos solos das Formações Botucatu e Rosário do Sul, dos solos de rochas graníticas (Alterito Serra de Tapes), dos solos da Formação Itapuã e sobre depósitos gravitacionais e aluviais que constituem a Formação Gravataí. O transporte é evidente, com linhas de seixos e até de fragmentos de rocha de espessuras diversas. Os Podzólicos Vermelho-Escuros, mais ricos em óxidos de Fe no horizonte B, têm como substrato os depósitos gravitacionais de rochas graníticas a sudoeste da RMPA. Também ocorrem na unidade colúvios recentes e depósitos de tálus próximos às encostas.

Podzólicos com substrato rochas sedimentares da Depressão Periférica - *PBPas(FRS), PVa(FB), PVa,s(FRS), PVa,s,ag(FEN,...), PELa,s,ag(FEN,...)*

Os Podzólicos, em diferentes graus de desenvolvimento, são originados do intemperismo das rochas das formações sedimentares encontradas na Depressão Periférica. Os solos do arenito Botucatu são arenosos, profundos, porosos, bem drenados, com concentração de argila e óxidos de Fe e Al no horizonte B laterítico. O horizonte C apresenta o arenito alterado friável, principalmente quando o cimento é ferruginoso, guardando a marcante estratificação cruzada. Apresenta boas propriedades geotécnicas, condições estáveis nos cortes, boa capacidade de suporte e potencial ao emprego como solo estabilizado em obras de pavimentação. O solo de alteração, entretanto, é muito susceptível à erosão. Constituem excelentes aquíferos. Os arenitos e pelitos da Formação Rosário do Sul determinam solos mais argilosos no horizonte B laterítico. São, entretanto, bem drenados, com argila 1:1 e muito utilizados como material de empréstimo. O horizonte C é profundo, friável e arenoso para o substrato arenítico e mais raso, argiloso e rijo para o substrato pelítico. Este último apresenta emprego mais limitado pela alta plasticidade, compressibilidade e expansão. Quanto à aptidão a fundações diretas, o desempenho é, em geral, satisfatório, com o devido cuidado com a exposição do material pelítico em escavações. A oeste da RMPA, ocorrem podzólicos gradando a planossolos (Podzólico Bruno-Acizentado) em relevo suave ondulado.

As rochas das demais formações sedimentares presentes na região também determinam perfis podzólicos com horizonte B laterítico, chegando a intermediários com latossolos. Os solos saprolíticos são muito variados em função da litologia, que varia de conglomerados a argilitos.

Litólicos, Podzólico Vermelho-Amarelo e Podzólico Vermelho-Escuro com substrato rochas cristalinas do Escudo Sul-Riograndense - *Rg1, PVg1, PVg2, PVg,gn, PEg1, PEgn, PELgn*

Os solos Litólicos e Podzólicos Vermelho-Amarelos a Vermelho-Escuros são originados do intemperismo das rochas graníticas e gnáissicas do Escudo. Na região de Porto Alegre ocorrem perfis menos profundos de Solos Litólicos e Podzólicos Vermelho-Amarelos em relevo até montanhoso nos morros graníticos. Os solos do horizonte B laterítico, argilo-arenosos com cascalho, são pouco espessos e bem drenados. Os solos residuais do horizonte C com substrato granítico (g1 e g2) são arenosos, bem drenados, com boa capacidade de suporte e muito utilizados como "saibro" em obras viárias. O horizonte C do complexo granito-gnáissico (g,gn) é muito heterogêneo, com variada textura e mineralogia, sendo freqüente solos micáceos, instáveis e muito erodíveis. A oeste do Rio Guaíba, os perfis de intemperismo apresentam maior desenvolvimento pedogenético, com Podzólicos Vermelho-Escuros de horizontes B espessos e fortemente laterizados.

Terras Roxas-Estruturadas com substrato basaltos da Formação Serra Geral - *TRb(FSG)*

As Terras Roxas-Estruturadas ocorrem em relevo ondulado a forte ondulado, originadas dos basaltos da borda dos derrames da Bacia do Paraná e de diabásios na forma de diques e sills intrusivos em meio as rochas sedimentares da Depressão Periférica. São solos vermelhos,

profundos, bem drenados, geralmente argilosos (argila 1:1), de baixo gradiente textural, com elevados teores de óxidos de Fe e forte macroestrutura no horizonte B. O horizonte C, formado por basalto ou diabásio intemperizado, apresenta textura argilo-siltosa, minerais expansivos e alta capacidade de retenção d'água, com possível presença de matações nas encostas. A estabilidade das encostas basálticas está muito associada ao fraturamento dos maciços e à hidrogeologia que também condiciona movimentos de rastejo e instabilidade de colúvios. A textura argilosa e a expansibilidade do horizonte saprolítico limita seu emprego como material de empréstimo. A capacidade de suporte é regular a boa, principalmente junto ao material pouco alterado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A carta geotécnica da RMPA permitiu a definição de universos de solos, reunindo informações geológicas e pedológicas de interesse, além de dados de mais de uma década de pesquisas geotécnicas na área. Com isso, tem-se uma ferramenta importante para avaliação preliminar das potencialidades e limitações do meio físico e para definição de critérios técnicos na concepção de anteprojetos e do planejamento urbano adequado.

AGRADECIMENTOS

Os autores do artigo agradecem aos bolsistas e demais colaboradores do LAMGEO/UFRGS, à FAPERGS e ao CNPq que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

Tabela 1-Unidades Geotécnicas da Região Metropolitana de Porto Alegre

A sq1	Solos Aluviais substrato sedimentos de praias lagunares
A sq1/6	Solos Aluviais substrato sedimentos flúvio-lagunares
Asq6	Solos Aluviais substrato sedimentos fluviais
b	Intrusões de diabásio da Formação Serra Geral
BV sq4	Brunizém Avermelhado substrato depósitos de encosta
C sq4	Cambissolos substrato depósitos de encosta
C sq6	Cambissolos substrato sedimentos fluviais
G sq3	Solos Glei substrato depósitos paludais
PBP a,s (FRS)	Podzólico Bruno-Acinzentado Planossólico substrato arenitos e siltitos da Formação Rosário do Sul
PE g1	Podzólico Vermelho-Escuro substrato granitos fácies sienogranito da Suíte Intrusiva Dom Feliciano
PE gn	Podzólico Vermelho-Escuro substrato gnaisses do Complexo Gnaíssico Arroio dos Ratos
PE sq4	Podzólico Vermelho-Escuro substrato depósitos de encosta
PEL a,s,ag (FEN, FP, FRB...)	Podzólico Vermelho-Escuro Latossólico substrato arenitos, siltitos e argilitos das formações sedimentares do Paleozóico (F. Estrada Nova, F. Palermo, F. Rio Bonito,...)
PEL gn	Podzólico Vermelho-Escuro Latossólico substrato gnaisses do Complexo Gnaíssico Arroio dos Ratos
PL sq2	Planossolos substrato sedimentos de terraços lagunares

PL sq2/6	Planossolos substrato sedimentos flúvio-lagunares
PL sq4	Planossolos substrato depósitos de encosta
PL sq6	Planossolos substrato sedimentos fluviais
PV a (FB)	Podzólico Vermelho-Amarelo substrato arenitos da Formação Botucatu
PV a,s (FRS)	Podzólico Vermelho-Amarelo substrato arenitos e siltitos da Formação Rosário do Sul
PV a,s,ag (FEN, FP, FRB...)	Podzólico Vermelho-Amarelo substrato arenitos, siltitos e argilitos das formações sedimentares do Paleozóico (F. Estrada Nova, F. Palermo, F. Rio Bonito,...)
PV g,gn	Podzólico Vermelho-Amarelo substrato granitos, granitos deformados e gnáisses do Complexo Granito-Gnáissico Pinheiro Machado
PV g1	Podzólico Vermelho-Amarelo substrato granitos fácies sienogranito da Suíte Intrusiva Dom Feliciano
PV g2	Podzólico Vermelho-Amarelo substrato granitos fácies monzogranito da Suíte Intrusiva Dom Feliciano
PV sq4	Podzólico Vermelho-Amarelo substrato depósitos de encosta
PV sq5	Podzólico Vermelho-Amarelo substrato depósitos eólicos (Formação Itapoã)
R g1	Solos Litólicos substrato granitos fácies sienogranito da Suíte Intrusiva Dom Feliciano
TR b	Terra Roxa Estruturada substrato basaltos da Formação Serra Geral

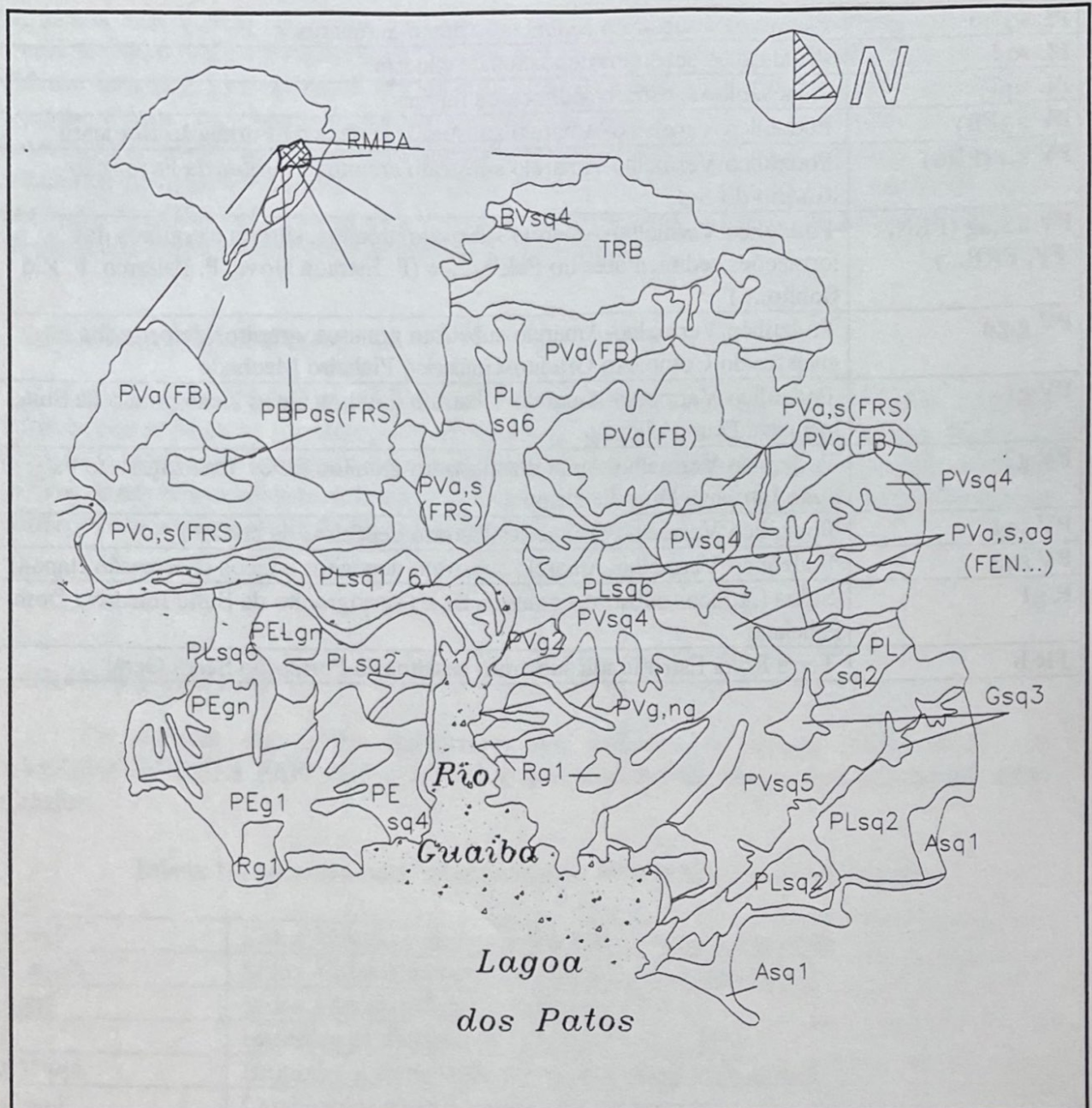


Figura 1 - Esboço da Carta Geotécnica da Região Metropolitana de Porto Alegre

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- DAVISON DIAS, R. - In: Revista do Instituto Geológico, v. , n. . p. , 1995.
- BASTOS C.B. - "Caracterização Geotécnica dos Solos Oriundos de Rochas Graníticas do Município de Porto Alegre" .Dissertação de Mestrado. UFRGS, 1991.
- ORLANDI, R. - Estudo Geomecânico de Perfis Típicos de Solos do Município de Novo Hamburgo visando o Mapeamento Geotécnico". Dissertação de Mestrado. UFRGS, 1990.
- PINHEIRO, R.B. Caracterização Geológica-Geotécnica dos Solos Oriundos da Formação Rosário do Sul" , Dissertação de Mestrado, 1991.