

# *Pesquisas em Geociências*

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

---

## **Variáveis Geológicas no Comportamento das Razões qc/N em Porto Alegre, RS - Brasil**

*Roberto Harb Naime, Alberto Pio Fiori*

*Pesquisas em Geociências*, 29 (2): 53-63, set./dez., 2002.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/19605>

---

Publicado por

## **Instituto de Geociências**

---



## **Portal de Periódicos UFRGS**

UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL

---

### **Informações Adicionais**

**Email:** [pesquisas@ufrgs.br](mailto:pesquisas@ufrgs.br)

**Políticas:** <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

**Submissão:** <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

**Diretrizes:** <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

---

Data de publicação - set./dez., 2002.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

# Variáveis Geológicas no Comportamento das Razões $q_c/N$ em Porto Alegre, RS – Brasil

ROBERTO HARB NAIME<sup>1</sup> & ALBERTO PIO FIORI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> FENG/PUCRS, Porto Alegre, CEP 90619-900 - naime@pucrs.br

<sup>2</sup> Universidade Federal do Paraná, Caixa Postal 19011, Curitiba, PR, CEP 81531-990 - fiori@setuva.geologia.ufpr.br

(Recebido em 04/02. Aceito para publicação em 12/02)

**Abstract** - The gathering of geotechnical investigation by SPT and CPT follow geological and environmental criteria, identified in maps, allowed identify different units, influence zones of degree of maturity or geomorphological conditions, influence of fault zones and different alluvial areas, allowed to identify different behavior of ratio  $q_c/N$  in soils of Porto Alegre city. This work presents the criteria utilized for this differentiation, showing the figures of correlation between  $q_c$  and  $N$ , and figures showing the behavior of  $K$  ( $q_c/N$ ) related to the depth, with considerations about the results.

**Keywords** - geotechnical, soil resistance, applied geology.

## INTRODUÇÃO

O presente trabalho avalia e mostra os resultados da influência de alguns fatores geológicos sobre os dados de investigação geotécnica por **SPT** e **CPT**.

É avaliada a relação entre  $q_c$  (resistência de ponta do cone) e  $N$  (número de golpes para cravação dos últimos 30 cm) e o comportamento de  $K$  ( $q_c/N$ ) em relação à profundidade.

Assim, são desenvolvidos estudos comparativos da aplicação de dados de **SPT** e **CPT** em função de variáveis geológico-ambientais consideradas, e se estabelecem diretrizes para agregar novos fatores de controle aos dados que são utilizados para a estimativa das capacidades de carga dos terrenos para fundações.

A área de estudos é a cidade de Porto Alegre, onde foram executados os ensaios aqui separados para interpretação diferenciada.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados foram obtidos a partir de 370 relatórios com perfis de sondagens à percussão de Porto Alegre, compilados de Azevedo (1990) totalizando 45.264 m e 49 sondagens à percussão e de cone do arquivo do autor, totalizando 2.459,8 m, todos da região de Porto Alegre.

Em Porto Alegre, os perfis foram separados em 4 tipos de solos residuais, conforme sua natureza geológica e para um mesmo tipo de solo foram avaliados o estágio de maturidade, as condições geomorfológicas e a influência de uma zona de falha.

Para cada tipo foram consideradas duas condições mais comuns.

Os solos residuais foram subdivididos nos 4 tipos, considerando a modelagem numérica do terreno e os mapas de contorno elaborados com base no agrupamento de descrições e curvas de resistência ao **SPT** e **CPT** semelhantes.

As médias das resistências obtidas, em cada área determinada pelos critérios usados, foram utilizadas para aferição da variável analisada.

Os mesmos procedimentos foram utilizados nos aluviões.

## CRITÉRIOS DE SEPARAÇÃO

Em função da geologia de Porto Alegre, da localização das amostras e do comportamento dos perfis, adotaram-se os seguintes critérios de separação:

- nas zonas baixas, em geral os solos foram interpretados como aluvionares;
- nas zonas intermediárias, definiu-se a influência da condição geomorfológica, testada, apenas nos solos derivados dos granitos tipo Cerro Grande;
- em zonas mais altas, avaliou-se a influência do estágio de maturidade, considerando apenas amostras localizadas sobre os granitos tipo Cerro Grande, para que influências de outros fatores não interferissem.

Testou-se ainda a influência de uma zona de falha sobre os solos derivados dos granitos tipo Cerro Grande, e, em cotas elevadas, foi avaliada a influência dos diferentes substratos geológico, considerando a unidade litológica Cerro Grande e o Complexo Granítico Pinheiro Machado.

O mapa geológico da área é apresentado na figura 1, e o mapa de solos da área é exibido na figura 2.

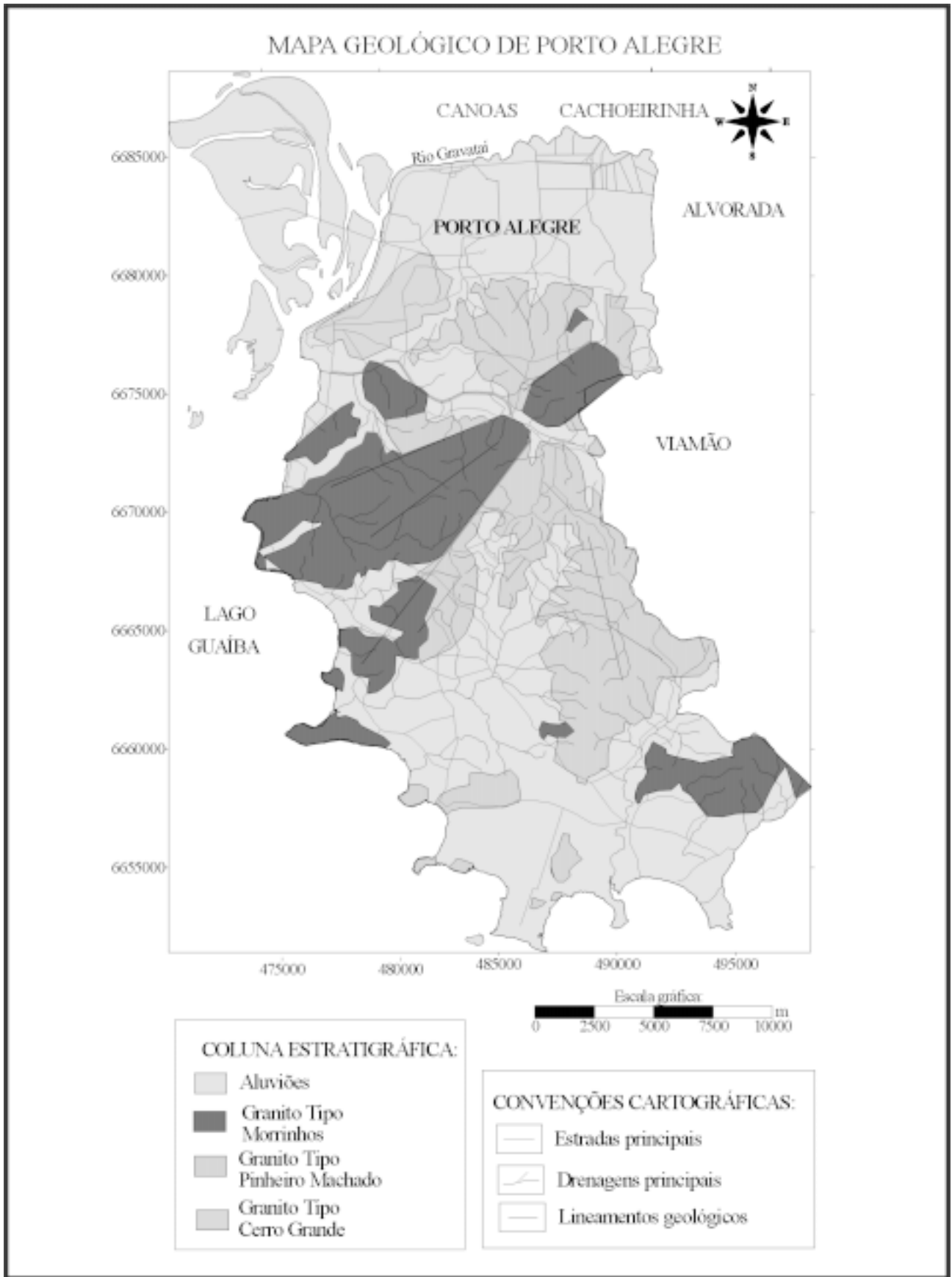


Figura 1 - Mapa geológico da área.

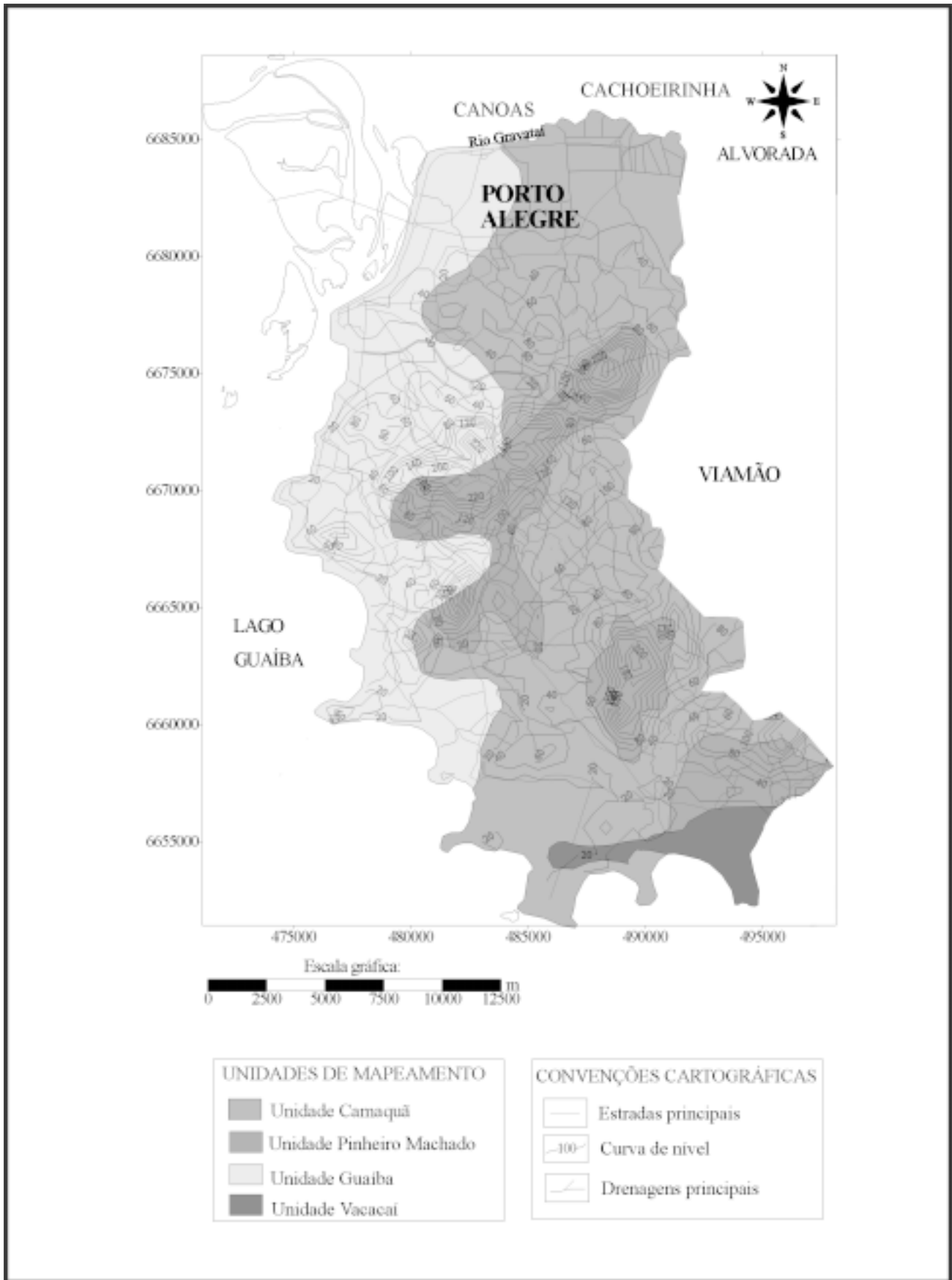


Figura 2 - Mapa de solos da área.

O comportamento geotécnico dos perfis sempre foi considerado critério hegemônico sobre a modelagem numérica para a separação e classificação por grupo.

Na cidade de Porto Alegre, os aluviões da região norte são tipicamente de planície de inundação, integrantes da bacia do Rio Gravataí, tendo por característica a presença de uma espessa e bem definida ocorrência de argilas orgânicas em profundidades rasas. A sul são depósitos interdigitados, que por estarem inseridos entre morros de composição granítica, apresentam camadas arenosas intercaladas com as argilas e ausência de matéria orgânica. O Quadro 1 resume as características consideradas.

A figura 3 mostra estes critérios de separação em um modelo numérico de terreno.

Na área considerada de influência das condições geomorfológicas, testada sobre os solos derivados dos granitos do tipo Cerro Grande, as características consideradas estão apresentadas no Quadro 2.

Na zona considerada de influência da maturidade, também avaliada sobre solos derivados dos granitos tipo Cerro Grande as características utilizadas estão apresentadas no Quadro 3.

Os solos jovens tem menor profundidade, nos locais onde foram identificados pelos perfis como aflorantes. Por isso, a profundidade de comparação foi limitada a aproximadamente 10 m. Neste horizonte, a observação das curvas de resistência dos perfis e as descrições dos terrenos indicam passagem para terrenos saprolíticos ou rochas alteradas, ou ainda impenetrabilidade.

No Quadro 4 são apresentadas as características da influência de uma zona de falha sobre os solos derivados dos granitos tipo Cerro Grande.

Na zona classificada como de influência da natureza geológica, testadas para solos derivados de granitos tipo Cerro Grande em relação a solos derivados de granitos tipo Morrinhos, as características estão resumidas no Quadro 5.

## RESULTADOS

Os gráficos de  $q_c \times N$  e de  $K (q_c/N) \times$  profundidade, para as médias de todas as sondagens SPT e CPT agrupadas em cada domínio são apresentados a seguir.

Estes gráficos mostram a influência das variáveis geológicas no comportamento das resistências

as aferidas pelos métodos em função da variação da profundidade.

Em todos os gráficos de  $K \times$  profundidades, para os solos derivados de cada unidade litoestratigráfica diferenciada considerada, ocorre um registro típico e próprio para os patamares médios de cada 5 m, formando “escadarias” ascendentes, descendentes ou mistas diferenciadas de acordo com o agrupamento de perfis representado, em função da natureza da variável geológico-ambiental considerada.

A simples comparação entre estes gráficos, muito utilizados por Danziger e Velloso<sup>9</sup> para separar “formações” geológicas diferentes, permite observar a influência das variáveis geológico-ambientais consideradas.

Nos aluviões de planície de inundação, as médias de  $K$  aumentam com a profundidade e depois diminuem constantemente até o diástema com o embasamento cristalino entre 20 e 21m (Fig. 4).

A correlação entre número de golpes e resistência de ponta, para os solos aluvionares de planície de inundação é bastante significativa, superior a 0,7, sendo apresentada na figura 5.

Nos aluviões de depósitos interdigitados, o valor de  $K$  se mantém quase constante, com pequenas variações em função da profundidade (Fig. 6). As correlações entre número de golpes e resistência de ponta são significativas para estes tipos de solos (Fig. 7).

Nos gráficos de  $K \times$  profundidade nos aluviões, é possível observar que nos solos das planícies de inundação, as razões de  $K$  oscilam entre 4 e 10, apresentando um desenvolvimento característico (Fig. 4). Nestes terrenos, a correlação entre  $q_c \times N$  é elevada (Fig. 5).

Nos solos aluvionares dos depósitos interdigitados, as oscilações na razão de  $K$ , são muito pequenas, entre aproximadamente 3,8 e 5, com o desenvolvimento de  $K$ , em função da profundidade exibindo uma evolução mais uniforme (Fig. 6). As correlações entre  $q_c \times N$  são significativas, porém mais baixas.

As características destes terrenos, ressaltadas no Quadro 1 determinam os comportamentos observados. Nos materiais mais argilosos com impregnação de matéria orgânica, são encontradas as maiores relações de  $q_c/N$ .

Nos materiais com maior influência de misturas entre argilas e areias, nos depósitos interdigitados, a razão  $K (q_c/N)$  é mais constante e uniforme, com desenvolvimento de pequenas oscilações.

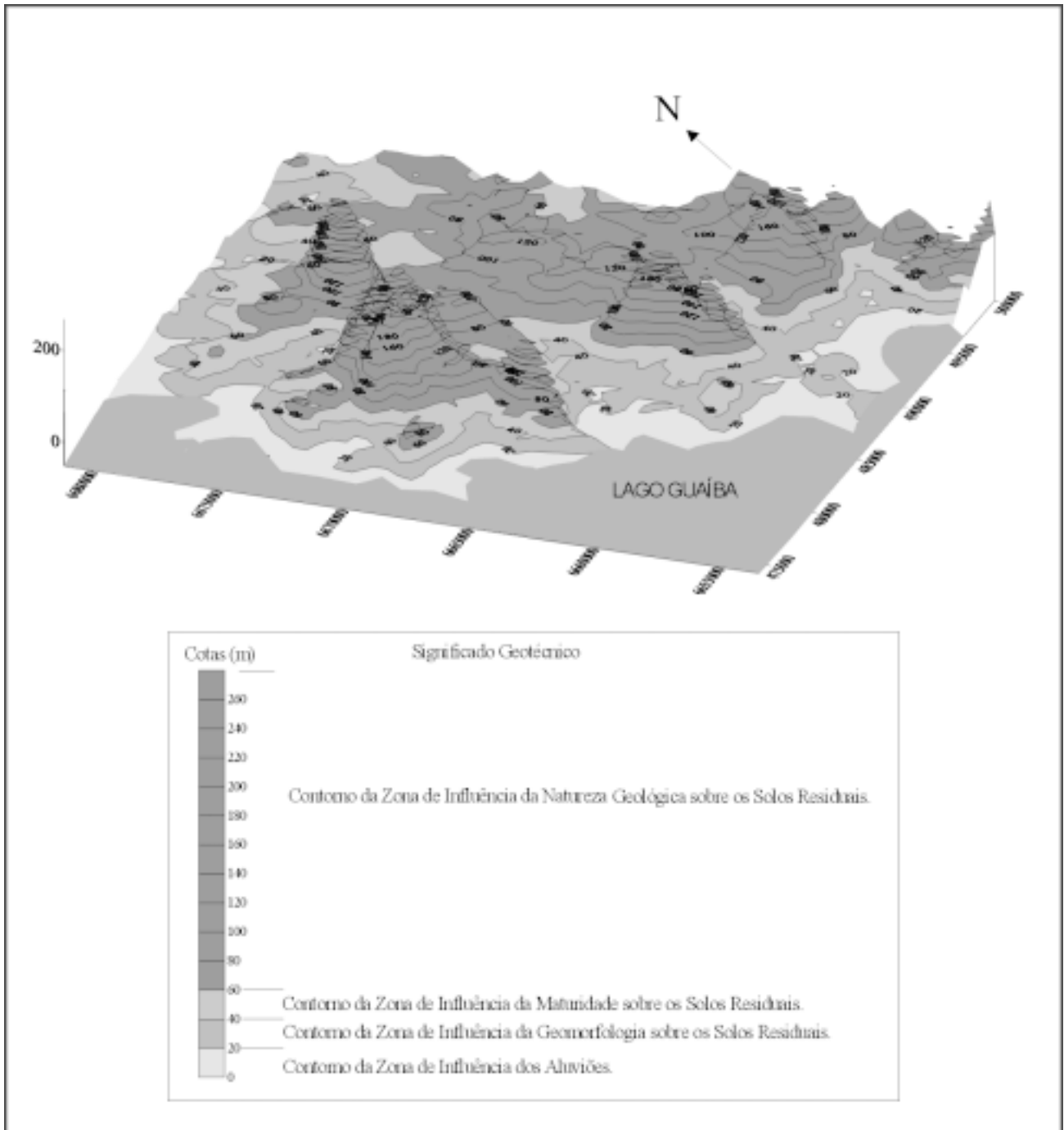


Figura 3 - Modelagem numérica do terreno com as diferenciações das zonas de influência consideradas.

Quadro 1 - Principais características dos solos aluvionares de Porto Alegre.

Solos Aluvionares	
Planícies de Inundação	Depósitos Interdigitados
Predominam nos aluviões da porção norte da cidade, em amplas bacias hidrográficas que se unem para formar o lago Guaíba.	Predominam nos aluviões do centro-sul de Porto Alegre, sendo contornados por morros.
Caracterizam-se por apresentar normalmente uma camada de argila com impregnação de matéria orgânica e baixa resistência, com espessuras variáveis, mas ocorrência consistente em toda a zona de abrangência.	São caracterizados pelas intercalações e interdigitações entre camadas arenosas e argilosas ou argilo-arenosas, sem a ocorrência importante de matéria orgânica.

Quadro 2 - Fatores considerados para determinar a zona de influência das condições geomorfológicas sobre as curvas de resistência dos solos residuais de Porto Alegre.

Condições geomorfológicas	
Taludes Côncavos	Taludes Convexos
São áreas onde predominam os processos repletivos sobre a evolução dos solos, ocorrendo inversão de perfis, com conseqüências sobre as resistências e composições.	São áreas de declividades menores, que não influenciam na evolução dos perfis de solos originados dos substratos rochosos.
As curvas de resistência aferidas alternam intervalos de maior ou menor resistência de acordo com as reptações identificadas e conseqüência deste fenômeno sobre as densidades e composições do solo.	As curvas de resistência à penetração do amostrador-padrão de Terzaghi, mostram incremento contínuo a partir da superfície de início da medição.
Os perfis apresentam composições muito variadas, em geral alternando horizontes de granulação mais fina, argilo-siltosa, com níveis onde ocorrem materiais de granulometria maior (areno-siltosa, pouco argilosa).	Tendem a composições granulométricas com maior contribuição areno-siltosa a medida em que se espessam os perfis pesquisados.
Os perfis são influenciados por migrações laterais de solo e movimentações argilosas muito variadas, de acordo com a encosta, lençol freático e outros fatores.	Perfis pouco influenciados por migrações laterais.

Quadro 3 - Fatores considerados para determinar a zona de influência do estágio de maturidade dos solos sobre as curvas de resistência aferidas para os solos residuais de Porto Alegre.

Estágio de maturidade dos solos	
Solos Maduros	Solos Jovens
Solos que já se encontram totalmente formados, com toda a rocha original decomposta, sem fragmentos pétreos relictos da rocha original, pouco granulares.	Solos muito granulares, com muita influência das texturas e composição original das rochas, com fragmentos relictos da rocha original e matações diversos.
Curvas de resistência à penetração do amostrador-padrão de Terzaghi, com crescimento contínuo, mas a partir de profundidades médias ou elevadas, ou seja, com permanentes e baixas resistências iniciais.	Curvas de resistência à penetração do amostrador-padrão de Terzaghi com oscilações entre resistências baixas e elevadas a partir de profundidades médias, crescendo abruptamente em profundidade, nas proximidades dos níveis de impenetrabilidade à ferramenta de percussão.
Constituem solos freqüentemente de granulação mais fina, silto-argilosos, pouco arenosos.	Apresentam misturas de composições granulométricas, com grande influência dos materiais arenosos e de granulação mais grosseira.
Maior influência da matriz argilo-siltosa sobre a aferição de resistência dos solos, em qualquer situação de densidade dos terrenos, e conseqüentemente, sobre os índices de resistência.	Maior influência do arcabouço formado por diversos tipos de grãos ou fragmentos pétreos, sobre os mecanismos de aferição de resistência dos solos, mesmo quando a baixa densidade dos solos permite o deslocamento lateral dos grãos.

Quadro 4 - Principais características da influência da zona de falha sobre os solos derivados dos granitos do tipo Cerro Grande de Porto Alegre.

Zona de Falha	
Adjacências da zona de falha	Zona de falha
Perfis de solos pouco espessos, com rápida passagem para horizontes saprolíticos.	Perfis de solo muito espessos, com horizontes de transição para rocha em grandes profundidades.
Curvas de resistência dos solos com incremento contínuo e em profundidades pequenas	Curvas de resistência dos solos com pequeno aumento em superfície, crescendo apenas com o aumento da profundidade.

Quadro 5 - Fatores considerados para determinar a zona de influência da natureza geológica sobre solos residuais de Porto Alegre.

Natureza geológica dos terrenos	
Granitos tipo Cerro Grande	Granitos tipo Morrinhos
São monzogranitos mais antigos, com texturas médias a grosseiras, com grãos de quartzo grandes.	São sienogranitos, de granulação mais fina, feldspáticos, com grãos de quartzo pequenos, localmente cisalhados.
Produzem solos granulares, de espessura mediana, com aferição de resistência muito influenciada pelos grãos.	Produzem solos mais finos, com influência dos vênulos nas matrizes silto-argilosas, com pouco quartzo de granulação pequena.
Curvas de resistência à penetração do amostrador-padrão de Terzaghi com crescimento contínuo com a profundidade, desde a superfície.	Curva de resistência à penetração do amostrador-padrão de Terzaghi com crescimento acelerado em profundidades médias ou elevadas.
Constituem saibros grosseiros, pouco influenciados na aferição da resistência pela presença de vênulos de quartzo.	Constituem terrenos mais argilo-siltosos, com pouco arcabouço quartzoso, que é suscetível à interferência de vênulos de quartzo quando ocorrem.
Baixa interferência da matriz silto-argilosa, de pequena quantidade sobre a aferição da resistência.	Grande influência da matriz argilo-siltosa, sobre os mecanismos de aferição da resistência.

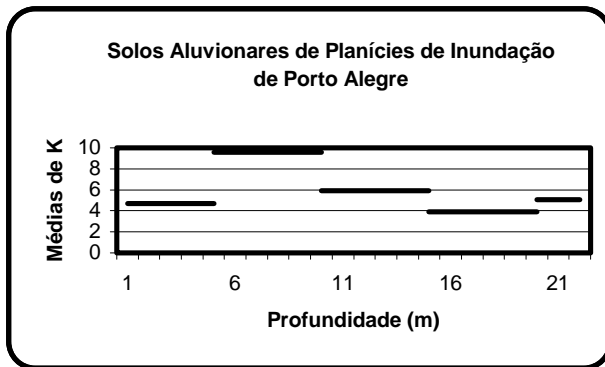


Figura 4 – Médias das razões K em função da profundidade.

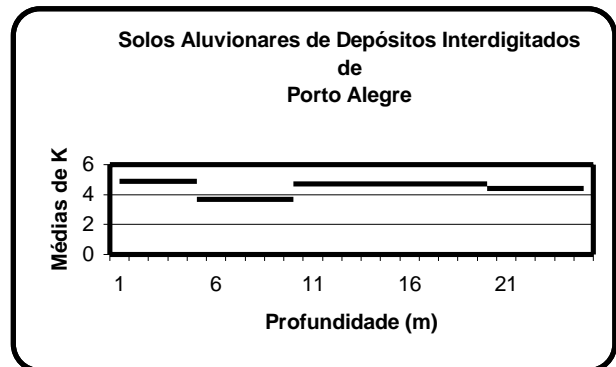


Figura 6 – Médias das razões de K em função da profundidade.

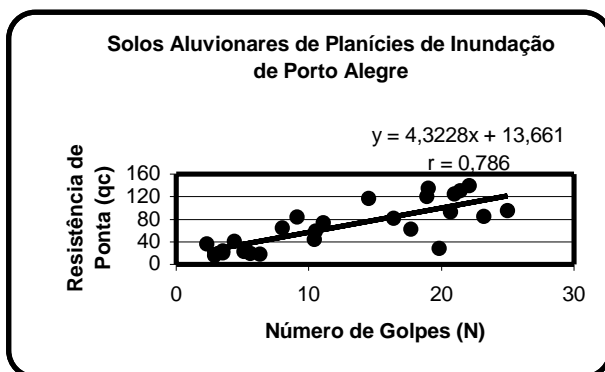


Figura 5 – Correlações entre número de golpes (N) e resistência de ponta ( $q_c$ ).

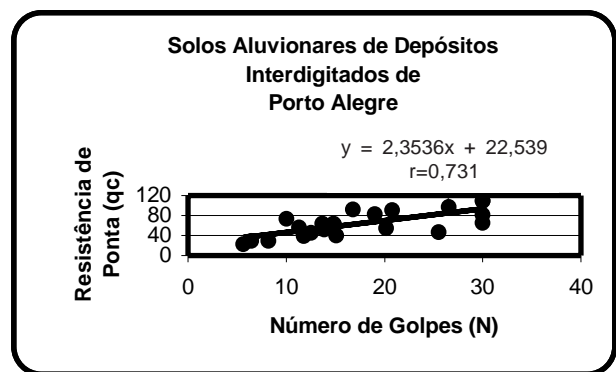


Figura 7 – Correlações entre número de golpes (N) e resistência de ponta ( $q_c$ ).



Nos taludes convexos sobre solos derivados dos granitos tipo Cerro Grande, a média de K decresce inicialmente, com o aumento de profundidade, e depois aumenta continuamente (Fig. 8). A variação de K com a profundidade, para os taludes côncavos, está apresentada na figura 9.

Nos taludes convexos, a Razão K oscila entre 2 e 6, começa elevada, sofre uma redução e cresce até o horizonte de transição saprolítico (Fig. 8). As razões entre  $q_c$  e N são baixas. Nos taludes côncavos, as razões de K oscilam entre 2 e 10 e começam baixas, crescendo quase de forma contínua até o nível de impenetrabilidade (Fig. 9). Este comportamento decorre das características compiladas no Quadro 2.

Nos solos de maturidade jovem, testados nos terrenos derivados dos granitos tipo Cerro Grande (Fig. 10), as razões são quase constantes, sofrendo pequena redução apenas no horizonte saprolítico. Nos terrenos maduros sobre os solos derivados dos granitos tipo Cerro Grande, a razão K diminui com a profundidade, aumentando apenas no horizonte saprolítico (Fig. 11).

Lunne *et al.* (1997), citando Ajayi e Bologun (1988), observam que são grandes as dispersões entre número de golpes e resistência de ponta em solos residuais.

Os solos maduros tem maior profundidade e os solos jovens menor. Por isso são apresentados gráficos até 10 m dos solos jovens e superiores a 20 m para os terrenos maduros. Ambos se encontram em área de influência dos solos derivados dos granitos tipo Cerro Grande.

A influência de uma zona de falha foi testada nos solos derivados dos granitos tipo Cerro Grande. Considerou-se uma área adjacente à zona de falha e uma zona interior da mesma falha.

Nas adjacências da zona de falha, K varia de 4 nos primeiros metros a menos de 2 nos metros finais (Fig. 12). No interior da zona de falha, as razões de K oscilam em torno de 2, subindo no horizonte mais profundo (Fig. 13).

Na comparação entre a influência das litologias graníticas, para as amostras dos terrenos provenientes das rochas dos Granitos tipo Cerro Grande, as médias de K sofrem pequena elevação e depois decrescem até ser encontrado o nível saprolítico de transição entre solos e rochas, quando a razão K cresce (Fig. 14).

Sobre os solos de alteração das rochas granitóides do tipo Cerro Grande, as médias de K

oscilam entre 2 e valores pouco superiores a 3 (Fig.14). Para os terrenos de alteração sobre os granitos tipo Morrinhos, K varia entre 1 e 5, com um desenvolvimento característico em função da profundidade (Fig. 15).

O comportamento observado reflete as diferenças ressaltadas na Tabela 5, lembrando que em última análise, fatores vinculados ao histórico genético e dos solos, não passíveis de observações visuais e mecânicas, estão sendo preponderantes a influenciar os dados obtidos.

Para os terrenos derivados dos Granitos tipo Morrinhos, as médias de K, em função da profundidade, decrescem constantemente a partir da superfície, sofrendo uma elevação apenas no horizonte de transição saprolítica (Fig. 15).

## DISCUSSÃO

Sergeev (1980) em seu clássico artigo *Engineering Geology and Protection of Environmental* destaca que os solos não são simples sistemas mecânicos de elementos granulométricos, ligados ou não por forças coesivas, com propriedades constantes, ressaltando a importância da consideração dos fatores genéticos e pós-genéticos que influenciaram a formação das propriedades e determinam sua evolução.

Os estudos na região de Porto Alegre comprovam a influência dos fatores geológicos.

Schnaid (2000), citando Terzaghi e Peck (1967), Gibbs e Holtz(1957), Holubeck e D'Appolonia (1973), Marcusson e Bieganousky (1977), cita a influência do índice de vazios, cuja redução aumenta a resistência à penetração; citando Schultze e Mießenback (1961), a DIN 4.094 (1980), e Skempton (1986) destaca a influência do tamanho médio das partículas, cujo aumento eleva a resistência à penetração e citando a DIN 4.094 (1980) refere que solos uniformes apresentam menor resistência à penetração.

Os estudos aqui apresentados comprovam que fatores geológicos, intangíveis em relação aos critérios convencionais de geotecnia, também exercem influência sobre os parâmetros de resistência.

O mesmo autor, citando Terzaghi e Peck (1967), Bazaraa (1967), de Mello (1971) e Rodin *et al.* (1974) refere a influência da pressão neutra, que em solos finos densos produz dilatação, aumentando a resistência. Citando Holubec e D'Appolonia (1973) e a DIN 4.094 (1980), cita a angulosidade das partículas, cujo aumento eleva a resistência à penetração, referido por Zolkov e Wiseman (1965).

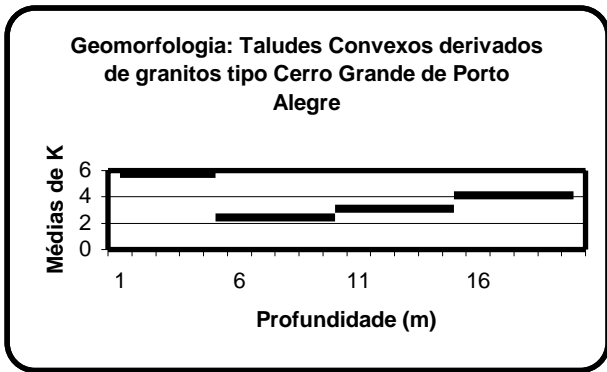


Figura 8 - Médias das razões de K em função da profundidade.

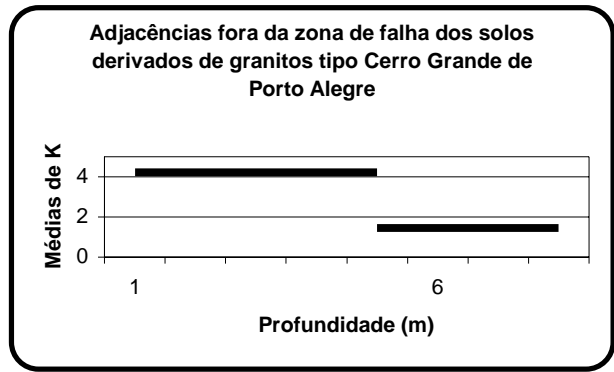


Figura 12 - Médias das razões de K com profundidade.

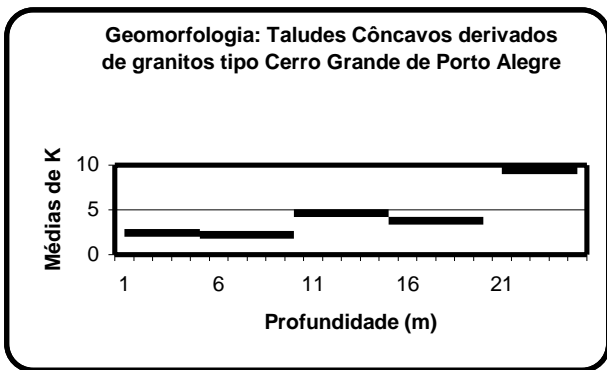


Figura 9 - Médias das razões de K contra profundidade.

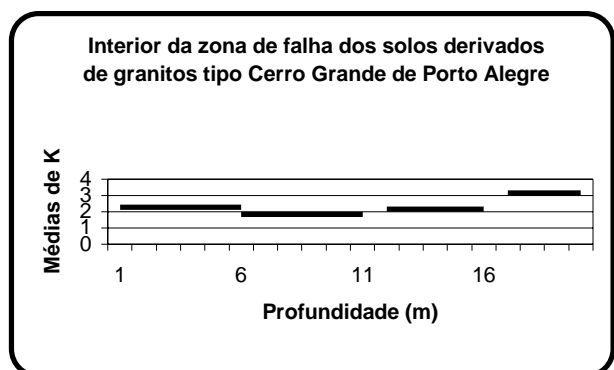


Figura 13 - Médias das razões de K com profundidade.

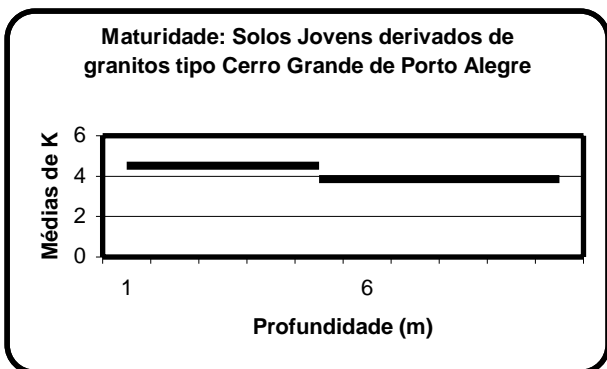


Figura 10 - Médias das razões de K pela profundidade para solos jovens.

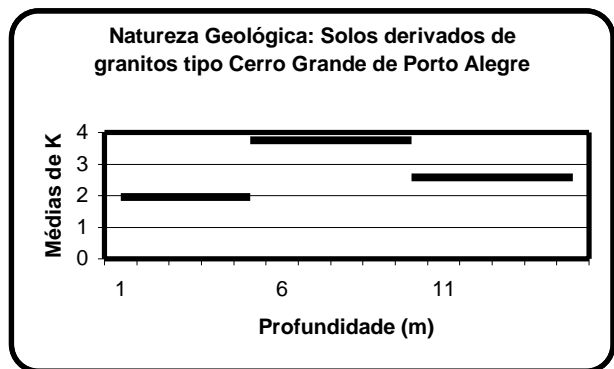


Figura 14 - Médias das razões de K em função da profundidade.

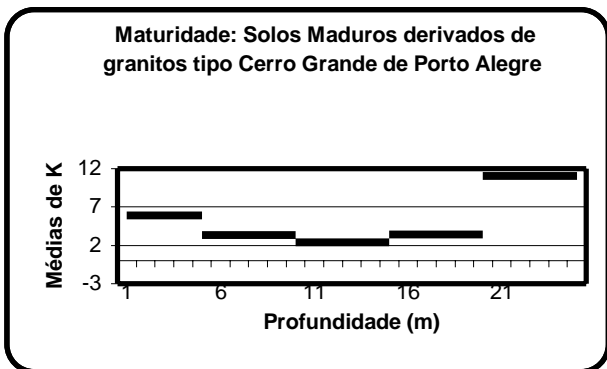


Figura 11 - Médias das razões de K contra profundidade.

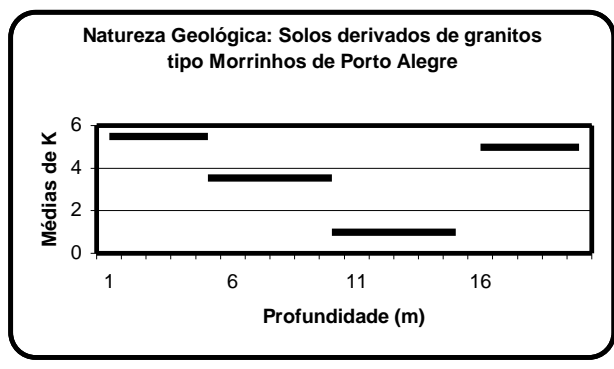


Figura 15 - Médias das razões de K pela profundidade.

Por último, de Mello (1971), Dikran (1983), e Schnaid e Houlsby (1994) referem a influência do nível de tensões, cujo ampliação vertical ou horizontal aumenta a resistência, registrando ainda a influência da idade dos depósitos já referida anteriormente.

O trabalho apresentado comprova que algumas variáveis geológico-ambientais, como natureza geológica dos terrenos; e para um mesmo tipo de solo, a maturidade, as condições geomorfológicas e a influência de uma zona de falha influenciam. A tipologia dos aluviões também produz modificações na aferição das resistências dos terrenos e, particularmente nas razões e relações encontradas a partir dos 2 métodos mais comuns de investigação geotécnica dos terrenos para estimativa de carga.

Fatores como a influência geomorfológica e o grau de maturidade dos solos já são descritos e demonstrados há muito tempo por autores como Berry e Ruxton (1959), Vargas (1953) e Oliveira (1975), discutindo a origem dos materiais para formação dos solos, já descreve a importância que estes processos determinam como herança nas características dos materiais, e que portanto acabam tendo influência sobre os métodos de aferição de resistência.

De Mello (1971) já fazia algumas observações neste sentido também.

A influência da natureza dos solos e, em consequência, do volume de vazios sobre a densidade e, portanto, sobre as resistências, a presença de lençol freático livre ou confinado, determinando variações no comportamento das forças de inércia que influem nas aferições dos equipamentos de **SPT** e **CPT** também deve ser referida.

A interferência destes fatores pode explicar discrepâncias e anomalias das principais correlações efetuadas para o **SPT**, como as de Gibbs e Holtz (1957), Berberian (1986), Peck *et al.* (1953) e De Mello (1967). O mesmo pode ser dito para as correlações de **CPT**, como as de Meyerhof (1974), Trofimenkov (1974), Begeman (1974), Schmertmann (1978), Burmister (1948), Janbu e Senneset (1974), Baldi *et al.* (1981) Robertson e Campanella (1983), Jamiolkowski *et al.* (1985), Meigh (1987) e Durgunoglu e Mitchell (1975).

Danziger e Velloso (1986) pela primeira vez destacam que “a idéia de se agrupar os solos de mesma formação parece representar a situação ideal”. De fato, sempre transparece na discussão entre engenharia e geologia, na interface da geotec-

nia ou da mecânica dos solos, uma visão mais materialista, na aceção de tipo de material (granulometria) por parte da engenharia, com a visão da geologia contrapondo uma visão geneticista, em função da origem e formação dos solos.

Danziger *et al.* (1998), citando Vargas (1953) e Sandroni (1985), e Naime (2001), observam a influência da maturidade dos solos para introduzir correlações entre **SPT** e **CPT**, adotando classificações de solos para agrupar diferentes razões entre  $q_c/N$ . Estes autores concluem que são estabelecidas correlações para diferentes tipos de solos residuais derivados de diferentes tipos de rochas, assinalando que diferentes tipos de rochas produzem diferentes correlações para o mesmo tipo de solo.

## CONCLUSÕES

Os estudos comparativos comprovam a influência da natureza geológica dos terrenos e dos estágios de maturidade, das condições geomorfológicas e da influência de uma zona de falha sobre solos derivados da mesma origem geológica. A tipologia da natureza aluvionar também influencia no comportamento das razões entre resistência de ponta do cone e número de golpes da sondagem à percussão.

A determinação da magnitude das influências destes fatores e sua importância somente poderão ser mensuradas com a execução de estudos de investigação geotécnica, seguidos de execução de cálculos de capacidade de carga dos terrenos e a execução de estacas instrumentadas e provas de carga sobre as estacas, com a elaboração de retro-análises estatísticas, considerando os diferentes elementos influentes, conforme as situações de campo existentes e demonstradas.

**Agradecimentos** - Ao Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, ao Curso de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Paraná pelo apoio na realização do trabalho, e à FAPERGS, pelas inúmeras bolsas de iniciação científica fornecidas desde 1992, quando este projeto foi iniciado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ajayi, L.A. & Balogun, L.A. 1988 Penetration testing in tropical lateritic and residual soils - Nigerian experience. In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON PENETRATION TESTING, 1., 1988, Orlando. **Proceedings...**Rotterdam, Balkema, v. 1, p. 325-328.
- Azevedo, S.L. 1990. **Sistematização dos Resultados de sondagens de simples reconhecimento dos solos de Porto Alegre**. Porto Alegre. 103p. Dissertação de Mestrado em Engenharia, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

- Baldi, G.; Belotti, R.; Ghionna, V.; Jamiolkowski, M. & Pasqualini, E. 1981. Cone resistance of dry medium sand. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 10., 1981, Stockholm. **Proceedings...**Rotterdam, Balkema, v. 2, p. 427-432.
- Bazaraa, A.R.S.S. 1967. **Use of the Standard Penetration Test for Estimating Settlement of Shallow Foundations on Sand**. Chicago, Univ. of Illinois, 173 p.
- Begemann, H.K.S.Ph. 1974. Central and Western Europe. In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON PENETRATION TESTING, 1974, Stockholm. **Proceedings...**Stockholm, National Swedish Building Research, v. 2, p. 29-39.
- Berberian, D. 1986. **Sondagens do subsolo para fins de engenharia**. Brasília, Infrasoil / UNB v. 1, 551p.
- Berry, L. & Ruxton, B.P. 1959. Notes on Weathering zones and soils on granitic rocks in two tropical regions. I. **Soil Science**, 10:54-63.
- Burmister, D.M. 1948. The importance and practical use of relative density in soil mechanics. **Proceedings...**American Society for Testing and Materials 84:1.
- Danziger, F.A.B. & Velloso, D. de A. 1986. Correlações entre SPT e os resultados de ensaios de penetração contínua. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DE SOLOS E ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES, 8., 1986, Porto Alegre. **Anais...**Porto Alegre, p. 103-113.
- Danziger, F.A.B.; Politano, C.R. & Danziger, B. R. 1998. CPT-SPT Correlations for some Brazilian residual soils In: Robertson & Mayne (Ed.) **Geotechnical site Characterization**. Rotterdam, Balkema. p. 907-912.
- De Mello, V.F.B. 1967. **Considerações sobre Ensaios de Penetração e suas Aplicações a Problemas de Fundações Rasas**. São Paulo. 195 p. Tese de Doutorado em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura, Universidade de São Paulo.
- De Mello, V.F.B. 1971. The Standard Penetration Test. In: PAN-AMERICAN CONGRESS ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 4., 1971, Puerto Rico. **Proceedings...**Puerto Rico, v. 1, p. 1-86.
- Dikran, S.S. 1983. **Some Factors Affecting the Dynamic Penetration Resistance of a Saturated Fine Sand**. University of Surrey, 150 p.
- Din 4094, Part 2. 1980. Dynamic and Static Penetrometers: Application and Evaluation. Berlin.
- Durgunoglu, H.T. & Mitchell, J.K. 1975. Static penetration resistance of soils. I-II. In: SPECIALTY CONFERENCE ON IN SITU MEASUREMENT OF SOIL PROPERTIES, 1975, North Carolina. **Proceedings...**New York, ASCE, v. 1, p. 151-189.
- Gibbs, H.J. & Holtz, W.C. 1957. Research of determining the density of sand by spoon penetration Test. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 4., 1957, London. **Proceedings...** London, v. 1, p.35-39.
- Holubec, L. & D'Appolonia, E. 1973. Effect of particle shape on the engineering properties of granular soils. In: AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS SPT 523:304-318.
- Jamiolkowski, M.; Ladd, C.C.; Germaine, J.T. & Lancellotta, R. 1985. New Developments in field and laboratory testing of soils. State of the art report. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 11., 1985, San Francisco. **Proceedings...**Rotterdam, Balkema, v. 1, p. 57-153.
- Janbu, N. & Senneset, K. 1974 Effective stress interpretation of in situ static penetration tests. In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON PENETRATION TESTING, 1974, Stockholm. **Proceedings...**Stockholm, National Swedish Building Research, v. 2, p. 181-193.
- Lunne, T.; Robertson, P.K. & Powell, J.J.M. 1997. **Cone Penetration Test in Geotechnical Practice**. London, Blackie Academic & Professional, 312 p.
- Marcusson, W.F. & Bieganousky, W.A. 1977. Laboratory Standard Penetration Tests on Fine Sands. **Journal of Geotechnical Engineering**, 103:565-580.
- Meigh, A.C. 1987. **Cone penetration testing: methods and interpretation**. London, Butterworths, 250 p.
- Meyerhof, G. G. 1974. Penetration testing outside Europe In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON PENETRATION TESTING, 1974, Stockholm. **Proceedings...**Stockholm,Balkema, v. 2, p. 40-48.
- Naime, R.H. 2001. Influência de algumas variáveis geológico-ambientais na estimativa da capacidade de carga de solos de Porto Alegre e Passo Fundo por SPT e CPT. Curitiba. 259p. Tese de Doutorado em Geologia Ambiental, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná.
- Oliveira, I.B. 1975. In: **Elementos de pedologia**. Muniz, A. (Coord.) Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos. p. 351-353.
- Peck, R.B; Hanson, W.E. & Thornburn, J.H. 1953. **Foundation Engineering**. New York, Willey, 250 p.
- Robertson, P.K. & Campanella, R.G. 1983. Interpretation of cone penetration testes. Part I: sand; Part II: clay. **Canadian Geotechnical Journal**, 20(4):718-745.
- Rodin, S.; Corbett, B.O.; Sherwood, D.E. & Thorneburn, S. 1974. Penetration testing in United Kingdom. In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON PENETRATION TESTING, 1., 1974, London. **Proceedings...**London, v.1, p.139-146.
- Sandroni, S.S. 1985. **Sampling and testing for residual soils in Brazil**. Sampling and Testing of Residual Soils - a Review of International Practice. Tecnichal Committee on Sampling and Testing of Residual Soils.In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING. p. 31-50.
- Schmertmann, J.H. 1978. **Guidelines for cone penetration test: performance and design**. Washington: U.S. Department of Administration, Federal Highway Administration.
- Schnaid, F. 2000. **Ensaios de Campo e suas Aplicações à Engenharia de Fundações**. São Paulo, Oficina de textos, 189 p.
- Schnaid, F. & Houlsby, G.T. 1994. Measurement of the properties of sand in a calibration chamber by the cone pressuremeter test. **Géotechnique**, 42(4): 587-601.
- Schultze, E. & Miesenback, E. 1961. Stand Penetration Test and Compressibility of Soils. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 5., 1961, Paris. **Proceedings...**,Paris, v.1, p.527-532.
- Sergeev, E.M.1980. Engineering Geology and Protection of the Environment. **Bulletin of International Association of Engineering Geology**. n. 22.
- Skempton, A.W. 1986. Standard Penetration Test procedures and the effects in sands of overburden pressure, relative density, particle size, ageing, and overconsolidation. **Géotechnique**, 36(3): 425-447.
- Terzaghi, K. & Peck, R.B. 1967. **Soil mechanics in Engineering Practice**. New York, John Willey, 510 p.
- Trofimenkov, J.G. 1974. Penetration Test in URSS - State-of the Art Report. In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON PENETRATION TESTING, 1., 1974, Stockholm. **Proceedings...** Stockholm, National Swedish Building Research, v. 1, p. 147-154.
- Vargas, M. 1953. Some engineering properties of residual clay soils occurring in Southern Brazil. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 3., 1953, Zurich. **Proceedings...**Zurich, v. 1, p.67-71.
- Zolkov, E. & Wiseman, G. 1965. Engineering Properties of dune and beach sands and the influence of stress history. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 6., 1965, Montreal. **Proceedings...**Montreal, v. 1, p. 134-138.