

# **Propriedades geotécnicas de um solo arenoso fino laterítico de barreira litorânea na Planície Costeira Sul do Rio Grande do Sul**

## **Geotechnical properties of a lateritic fine sandy soil of coastal barrier in the South Coastal Plain of Rio Grande do Sul**

**Cezar Augusto Burkert Bastos**

*Escola de Engenharia / Universidade Federal do Rio Grande - FURG*

**Leonardo Andres Schmitt**

*PPGEC - Universidade Federal do Rio Grande do Sul*

**Silvana Macedo de Vasconcellos**

*COPPE / Universidade Federal do Rio de Janeiro*

**Camila Mendonça Rabassa**

*PPGEC - Universidade Federal do Rio Grande do Sul*

**Ezequiel Wustrow de Souza**

*Rio Grande Ambiental*

**RESUMO:** O artigo reúne os resultados de pesquisas realizadas no Laboratório de Geotecnia da Universidade Federal do Rio Grande na determinação das propriedades geotécnicas de um solo arenoso fino costeiro encontrado no litoral sul do Rio Grande do Sul. O solo foi submetido à caracterização geotécnica clássica e pela Metodologia MCT, difratometria de raios X e ensaios de adsorção de azul de metileno. A resistência ao cisalhamento do solo compactado foi investigada por ensaios de cisalhamento direto e a permeabilidade por ensaios em permeâmetro de parede flexível. O solo apresenta comportamento laterítico, boa compactabilidade e elevada capacidade de suporte. A resistência ao cisalhamento e a permeabilidade do solo justificam sua aplicação em obras de terra na região.

**ABSTRACT:** This paper presents the results of researches accomplished at the Geotechnical Laboratory of the Federal University of Rio Grande in the determination of the geotechnical properties of a coastal fine sandy soil found in the south coast of Rio Grande do Sul. The soil was submitted the geotechnical characterization and for the MCT Methodology, rays X diffractometer of and methylene blue adsorption tests. The shear strength of the compacted soil was investigated by direct shear tests and the permeability by flexible wall permeameter tests. The soil presents lateritic behavior, good compacting and high support capacity. The shear strength and the permeability of the soil justify his application in earth works.

### **1. INTRODUÇÃO**

Algumas regiões costeiras brasileiras, entre as quais o litoral sul do Rio Grande do Sul, apresentam deficiência de materiais tidos como nobres em pavimentação e obras de terra em geral, como agregados pétreos e solos residuais, cujo emprego envolve grandes distâncias de transporte. Neste sentido, muitos centros de pesquisa e universidades têm concentrado esforços no estudo de materiais considerados alternativos, visando, em última análise, viabilizar economicamente obras públicas.

Desde o ano de 1993, tiveram início no Laboratório de Geotecnia da FURG estudos visando o reconhecimento e caracterização destes solos considerados alternativos para pavimentação e obras de terra (Bastos [1]). Dentre estes, especial atenção foi dada ao solo encontrado no horizonte de evolução pedogenética das barreiras litorâneas que formam a Planície Costeira do Rio Grande do Sul, especificamente as barreiras litorâneas II e III, de idade pleistocênica (Villwock [13]).

Este solo tem sido explorado de forma incipiente para pequenas obras de terra e pavimentação. Entretanto suas peculiares

características físicas e morfológicas, assemelhadas de solos arenosos finos lateríticos da região sudeste do país, justificaram aprofundado estudo das propriedades geotécnicas deste solo na condição compactada.

Este artigo apresenta os resultados obtidos na caracterização física e mineralógica e na investigação de propriedades mecânicas e hidráulicas do solo a partir de amostras obtidas em uma jazida comercial localizada no interior do município de Rio Grande.

## 2. SOLO E JAZIDA ESTUDADOS

O solo estudado pertence ao horizonte pedogenético B de perfis de Argissolos Vermelho-Amarelos formados nos terrenos sedimentares da Barreira Litorânea II. A Figura 1 ilustra a ocorrência do solo no litoral sul do Rio Grande do Sul e indica a jazida estudada.

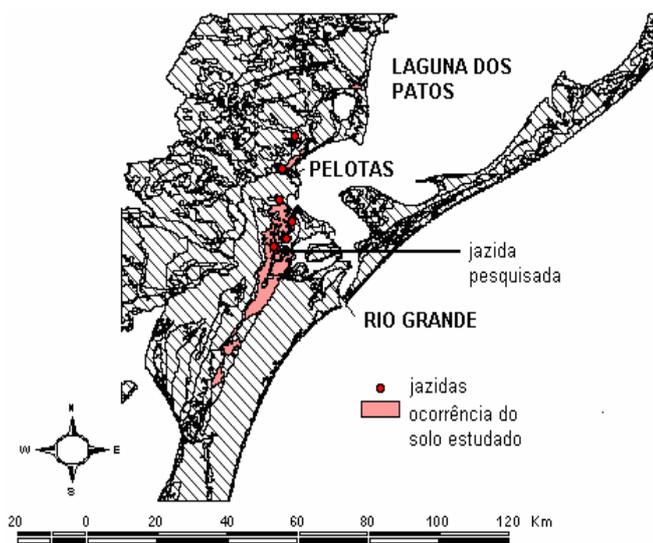


Figura 1. Ocorrência do solo estudado no litoral sul e localização da jazida estudada

A Barreira Litorânea II constitui um dos sistemas deposicionais do tipo “laguna-barreira” formadores da Planície Costeira (Figura 2). Está relacionada ao segundo evento transgressivo-regressivo do mar no Pleistoceno, com idade aproximada de 325ka. Trata-se do sistema de ilhas-barreira responsável pelo primeiro isolamento da Lagoa Mirim. Os sedimentos são compostos por areias quartzo-feldspáticas, castanho-amareladas, bem arredondadas, envoltas em uma matriz siltico-argilosa de natureza diagenética. Os processos pedogenéticos atuais e pretéritos afetaram

profundamente estes sedimentos, destruindo estruturas sedimentares primárias.

Os processos pedogenéticos atuantes sobre este pacote de sedimentos arenosos, em particular a translocação de elementos no perfil e a conseqüente acumulação de argila e óxidos de ferro e alumínio no horizonte B, determinaram a formação de perfis de Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos arênicos, identificados como pertencentes à unidade de mapeamento de solos Tuia (por Embrapa [4]). A Figura 3 ilustra um perfil deste solo.

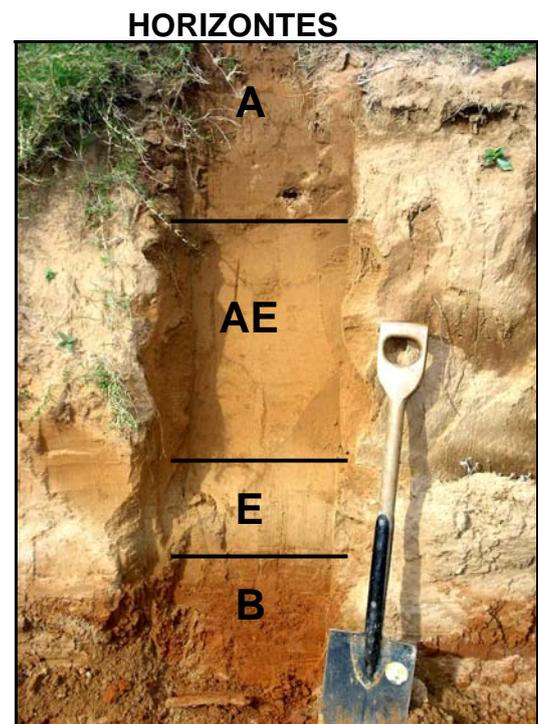


Figura 3. Perfil de Argissolo Vermelho-Amarelo da área de estudo (foto dos autores)

É freqüente o perfil ilustrado apresentar-se recoberto por depósitos eólicos recentes sujeitos à mobilização pelo vento. Outra situação comum é a presença de mosqueados no perfil de solo, quando este atinge a zona de oscilação do lençol freático (caráter plíntico). A Figura 4 ilustra estes aspectos.

A jazida estudada localiza-se às margens da BR392, no trecho Pelotas-Rio Grande, na localidade de Domingos Petrolini, município de Rio Grande (Figura 1). Na área, o solo areno-argiloso avermelhado do horizonte B (Figura 3), chamado de “argila”, é explorado comercialmente. Maior parte do solo explorado é beneficiado em secador a lenha e comercializado para a indústria

de fertilizantes do município, exercendo papel no processo de granulação do adubo.

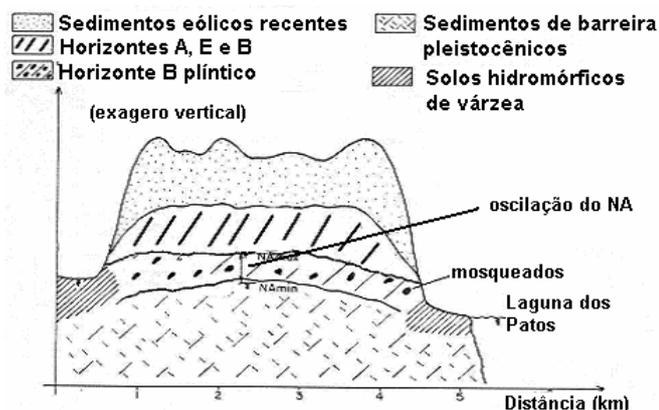


Figura 4. Esquema do perfil de solo estudado (modificado de Felten [6])

Nas pesquisas realizadas no Laboratório de Geotecnia da FURG, este solo, assim como sua jazida, são identificados como ARMAR.

### 3. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MINERALÓGICA

O solo ARMAR foi caracterizado pelos métodos clássicos para caracterização geotécnica. Foram realizados ensaios de análise granulométrica, segundo a norma NBR 7181/84 (Solo - Análise Granulométrica), para determinação dos limites de Atterberg, pelas normas NBR 6459/84 (Solo - Determinação do limite de liquidez) e NBR 7180/84 (Solo - Determinação do limite de plasticidade), e de peso específico dos grãos, pela NBR 6508/84 (Solo - Grãos que passam na peneira de 4,8mm - Determinação da massa específica).

Com o objetivo de identificar o comportamento laterítico, pressuposto pela classificação pedológica do perfil, foi realizado a classificação MCT do solo, segundo a norma DNER-CLA 259/96 (Classificação de solos tropicais para finalidades rodoviárias utilizando corpos-de-prova compactados em equipamento miniatura), antecedida por ensaios de compactação miniatura mini-Proctor e mini-MCV e ensaio de perda por imersão, previstos na metodologia e executados segundo as normas DNER ME-228/94 (Solos - compactação em equipamento miniatura), DNER ME-258/94 (Solos compactados em equipamento miniatura - Mini-MCV) e DNER ME-256/94 (Solos compactados com equipamento miniatura -

determinação da perda de massa por imersão), respectivamente. Os resultados obtidos na caracterização do solo são apresentados na Tabela 1, enquanto as figuras 5 e 6 apresentam a curva granulométrica e as curvas de compactação do solo, respectivamente.

Tabela 1. Caracterização geotécnica do solo ARMAR.

CARACTERÍSTICAS/PROPRIEDADES	DADOS
Pedregulho	0%
Areia grossa	0%
Areia média	33%
Areia fina	39%
Silte	2%
Argila	26%
Limite de liquidez (wl)	32%
Limite de plasticidade (wp)	16%
Índice de plasticidade (IP)	16%
Peso específico dos grãos ( $\gamma_s$ )	26,3 kN/m <sup>3</sup>
Classificação SUCS	SC
Classificação AASHTO	A2-6
Índices classificatórios pela Metodologia MCT ( $c'/d'/e'$ )	1,5/61/1,13
Perda por imersão (Pi)	112%
Classificação MCT	LA <sup>3</sup> /LG <sup>7</sup> *
Umidade ótima de compactação ( $w_{ót} - PN$ )	13,5%
Peso específico aparente seco máx. ( $\gamma_{dmáx} - PN$ )	18,4 kN/m <sup>3</sup>
Umidade ótima de compactação ( $w_{ót} - PI$ )	12,5%
Peso específico aparente seco máx. ( $\gamma_{dmáx} - PI$ )	19,2 kN/m <sup>3</sup>

Obs: PN - energia de compactação do Proctor Normal; PI - energia de compactação do Proctor Intermediário

\* o solo apresenta-se na interface entre as duas classes: LA<sup>3</sup> - solo arenoso laterítico e LG<sup>7</sup> - solo argiloso laterítico

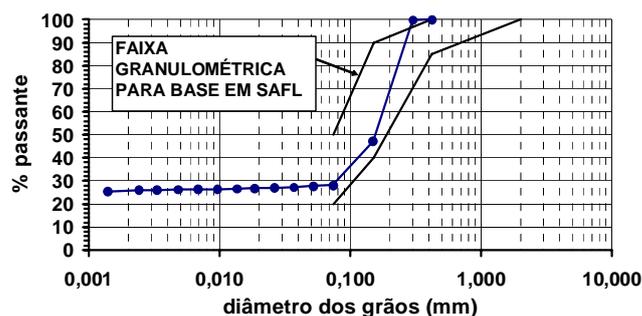


Figura 5. Curva granulométrica do solo ARMAR

A mineralogia da fração fina do solo foi analisada por difratogrametria de raios X em amostras natural, glicolada e calcinada e também pela análise do pó. A Tabela 2 resume os resultados.

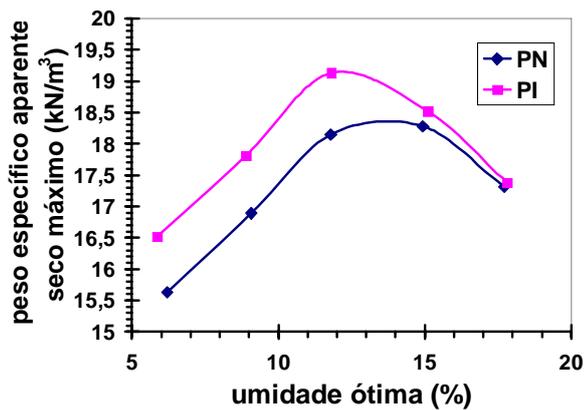


Figura 6. Curvas de compactação do solo ARMAR

Tabela 2. Minerais identificados na fração fina do solo

Minerais	Análise do pó	Análise da fração coloidal		
		Amostra natural	Amostra glicolada	Amostra calcinada
Quartzo	X	X	X	X
Feldspato alcalino	X			
Caulinita	X	X	X	
Ilita		X	X	X
Vermiculita		X	X	X
Esmectita		X		

O difratograma obtido na análise do pó revelou a presença subordinada de argilominerais, com pequena expressão de caulinita no total do solo. Um aspecto observado no difratograma é a ausência de picos de hidróxidos de ferro, sugerindo que os mesmos ocorram como amorfos. O ensaio da fração coloidal (material sobrenadante) na condição natural revelou o pico evidente da ilita e também a presença de caulinita. Entretanto, é possível que a ilita seja, na realidade, fragmentos de mica muscovita, resistentes ao ciclo sedimentar. Na condição de amostra glicolada, não é confirmada a presença de esmectita, enquanto vermiculita é razoavelmente evidente, provavelmente derivada da alteração de biotitas. Já a amostra calcinada confirma a ilita (ou fragmentos de mica muscovita).

Os resultados apontam no sentido de que a participação e o efeito dos argilominerais no comportamento do solo é subordinado. Técnicas minerográficas em luz refletida de seções polidas de concreções ferruginosas ou petrografia convencional em diferentes níveis do solo poderiam melhor caracterizar os hidróxidos e seus efeitos na cimentação natural do solo.

A necessidade de melhor caracterizar a atividade da fração argila do solo estudado levou a busca de um método mais indicado ao estudo de solos tropicais. O ensaio de adsorção de azul de metileno, originalmente utilizado na determinação da capacidade de troca de cátions e da área superficial específica de argilas para indústria cerâmica, teve o *Laboratoires des Ponts et Chaussées* como pioneiro na utilização do azul de metileno para caracterização e classificação de solos para obras rodoviárias.

O método consiste na titulação de uma solução de azul de metileno a uma porção de solo fino em água destilada. Determina-se o máximo de adsorção de corante pelo argilomineral através da adição, em pequenas quantidades, de azul de metileno em uma solução aquosa com o solo a ensaiar. O excesso de azul de metileno na suspensão é indicado pelo surgimento de uma "aura" azulada em torno do núcleo de uma gota da suspensão (solo+água+azul) pingada em uma folha de papel filtro (teste da mancha). A partir do volume de azul de metileno adsorvido, é possível caracterizar o solo quanto ao seu comportamento laterítico ou não laterítico, assim como prever os tipos de argilominerais predominantes. Quanto a esta última possibilidade, o método leva uma vantagem em relação aos difratogramas de raios X pois permite uma avaliação quantitativa da presença de minerais ativos na fração argilosa dos solos.

Existem duas técnicas de ensaio usualmente empregadas no Brasil, procedimentos de Pejon (Pejon, 1992 *apud* Costa & Gandolfi [3]) e de Fabbri (Fabbri & Sória [5]), que, apesar de diferirem em pequenos detalhes, fornecem diferentes parâmetros para análise (ref [3]). A Tabela 3 apresenta os parâmetros obtidos.

Tabela 3. Parâmetros dos ensaios de adsorção de azul de metileno segundo procedimentos de Pejon e Fabbri

Solo	Procedimento de Pejon		Procedimento de Fabbri	
	Vb <sup>(1)</sup>	Acb <sup>(2)</sup>	Va <sup>(3)</sup>	CA <sup>(4)</sup>
ARMAR	0,155	0,595	2,084	8,015

1. Vb – Valor de Azul (Pejon) em g/100g solo;
2. Acb – Índice de Adsorção do Azul de Metileno em g/100g argila;
3. Va – Valor de Azul (Fabbri) em 10-3g/g solo;
4. CA – Coeficiente de Atividade em 10-3g/g argila;

Os parâmetros obtidos a partir do procedimento de Pejon indicam caráter laterítico do solo, tanto pelo critério apresentado por Gomes & Rodrigues [7],  $A_{cb} < 5g/100g$  de argila, como por ref.[3], com  $A_{cb} / \% < 0,002mm < 0,11$ . Ainda segundo ref.[7], o solo ARMAR é classificado como inativo. Tomando para análise os parâmetros segundo procedimento de Fabbri, o solo estudado é também identificado como laterítico e inerte ( $CA < 11.10^{-3}g/g$  de argila), segundo ref.[5].

#### 4. PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS PELA METODOLOGIA MCT

Os ensaios pela Metodologia MCT foram empregados com o objetivo de avaliar as propriedades tecnológicas do solo, visando, sobretudo, o emprego do material em obras de pavimentação e outras obras de terra. A Tabela 4 resume os ensaios realizados, referências, finalidade e parâmetros medidos, enquanto a Tabela 5 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 4. Ensaios realizados na avaliação das propriedades tecnológicas pela Metodologia MCT

Ensaio/referência	Finalidade	Parâmetros
Compactação miniatura (mini-Proctor) – DNER-ME 228/94	Definir parâmetros de compactação (umidade ótima e densidade máxima)	$w_{ótima}$ (%) e $\gamma_{dmáx}$ (kN/m <sup>3</sup> )
Compactação mini-MCV* - DNER-ME 258/94	Definir índices para classificação MCT	Índices $c'$ , $d'$ e $e'$
Perda de massa por imersão* - DNER-ME 256/94	Definir índices para classificação MCT	Perda de massa por imersão ( $P_i$ em %)
Mini-CBR e expansão – DNER-ME 254/97	Avaliar a capacidade de suporte e o potencial de expansão	Índice mini-CBR (em %) e Índice RIS** (em %)
Contração por secagem ao ar - Nogami & Villibor [8]	Avaliar o potencial de contração por secagem	Contração por secagem (em %)
Infiltrabilidade – ref.[8]	Avaliar a velocidade de ascensão capilar	Coefficiente de sorção (s em cm/min <sup>1/2</sup> )

\* Ensaios destinados para classificação MCT do solo

\*\* O índice RIS representa o inverso da perda porcentual de capacidade de suporte (pelo mini-CBR) com a imersão

Tabela 5. Resultados na avaliação das propriedades tecnológicas obtidas para os solos estudados

Ensaio → Parâmetros →	Mini-Proctor		Mini-CBR e expansão		Contração	Infiltrabilidade
	$w_{ót}$ (%)	$\gamma_{dmáx}$ (kN/m <sup>3</sup> )	miniCBR si/ci/RIS* (%)	expansão (%)	Contração (%)	coefic. sorção (10 <sup>-2</sup> cm/min <sup>1/2</sup> )
ARMAR	12,5	19,4	51,2 / 25,6 / 50,0	0,50	0,21	3,02

\* valores de mini-CBR sem sobrecarga, sem imersão (si) e com imersão (ci) e do índice RIS

O critério de seleção de solos arenosos finos lateríticos para bases de pavimentos destinados a baixo volume de tráfego (Villibor & Nogami [12]) foi aplicado ao solo ARMAR. Os seguintes requisitos seqüencialmente numerados devem ser atendidos: (1) máximo 10% de partículas maiores que 2mm; (2) obedecer à faixa granulométrica (Figura 5); (3) comportamento laterítico identificado pela classificação MCT e (4 a 8) propriedades tecnológicas que atendam os critérios da Tabela 6. A Tabela 7 resume a aplicação do critério.

Tabela 6. Propriedades tecnológicas recomendadas aos SAFL para bases de pavimento de baixo custo (referentes à energia do Proctor Intermediário)

Propriedade	Parâmetro	Valores recomendados
(4) Capacidade de suporte	Mini-CBR sem imersão	$\geq 40\%$
(5) Perda de suporte com imersão	Índice RIS	$\geq 50\%$
(6) Expansão sob imersão	Expansão	$\leq 0,3\%$
(7) Contração por secagem ao ar	Contração por secagem	0,1 a 0,5%
(8) Infiltrabilidade	Coefficiente de sorção (s)	10 <sup>-2</sup> a 10 <sup>-4</sup> cm/min <sup>1/2</sup>

Tabela 7. Solos estudados frente ao critério de seleção de solos para bases de pavimentos de baixo custo

	Requisitos							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
ARMAR	ok	$\pm ok$	ok	ok	ok	x	ok	x

A análise dos resultados das propriedades tecnológicas do solo ARMAR frente ao critério de seleção de solos arenosos finos para base de pavimentos mostra atendimento pleno a 5 dos 8 requisitos. Quanto à faixa granulométrica indicada pelo critério, requisito (2), o solo ARMAR, de origem eólica, mostra excessiva uniformidade granulométrica na fração areia, ultrapassando por detalhe o limite superior da faixa. A expansão e a velocidade de infiltração capilar mostram-se elevadas e as razões parecem estar associadas à micro-estrutura formada a partir de uma distribuição granulométrica bimodal deste solo.

Esta susceptibilidade do solo compactado a ação de frentes de umidade motivou a investigação da curva de retenção de água deste solo com o emprego da técnica do papel filtro (Bastos *et al.* [2]). A Figura 7 apresenta os dados experimentais obtidos e o ajuste pelo modelo de Fredlund & Xing (1994) *apud* ref.[2].

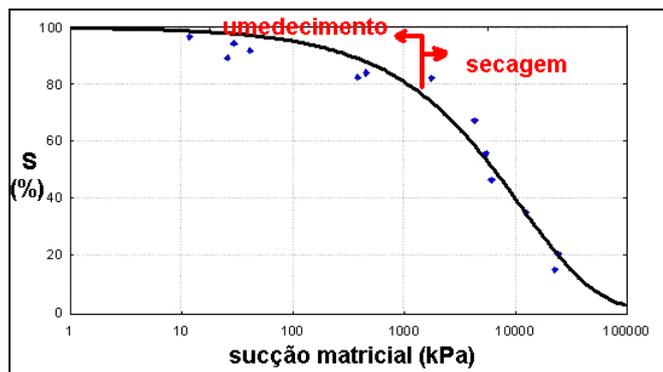


Figura 7. Relação grau de saturação (S) x sucção matricial em trajetória de umedecimento e secagem a partir da  $w_{ótima}$  e respectivo ajuste

Os resultados mostram que sucção matricial tem valor elevado (da ordem de 1000kPa) na umidade ótima. Esta condição justifica a elevada velocidade de ascensão d'água por capilaridade e a partir daí a conseqüente significativa alteração na capacidade de suporte e expansão do solo como o umedecimento.

## 5. RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO E À COMPRESSÃO SIMPLES DO SOLO COMPACTADO

A resistência ao cisalhamento do solo ARMAR compactado na energia do Proctor Intermediário foi avaliada por ensaios de cisalhamento direto. Foram moldadas amostras em anéis biselados

(6cm de diâmetro e 2cm de altura) desde cilindro de solo compactado em molde CBR (Figura 8).



Figura 8. Moldagem de amostras (a e b) e equipamento (c) para ensaios de cisalhamento direto

As amostras foram cisalhadas sob carregamento normal de 15, 40, 90, 200 e 400kPa, na condição inundada e sob velocidade de cisalhamento de 0,05mm/min. A envoltória de resistência é ilustrada na Figura 9. Os resultados indicam uma coesão de 9,8kPa e um ângulo de atrito de 37,4°, valores condizentes para um solo arenoso fino compactado.

A adição de cal ou cimento acresce significativa resistência ao solo. A resistência à compressão simples cresce de 0,13MPa para 1,35MPa com a adição de 5% de cal ao solo e após 28 dias de cura (Figura 10). Neste teor, o solo estabilizado atinge uma resistência à compressão diametral de 0,16MPa. Com o mesmo teor em cimento, a resistência à compressão simples aos 28 dias atinge 1,55MPa. Maiores detalhes sobre o programa experimental realizado podem ser obtidos em Rabassa *et al.* [9].

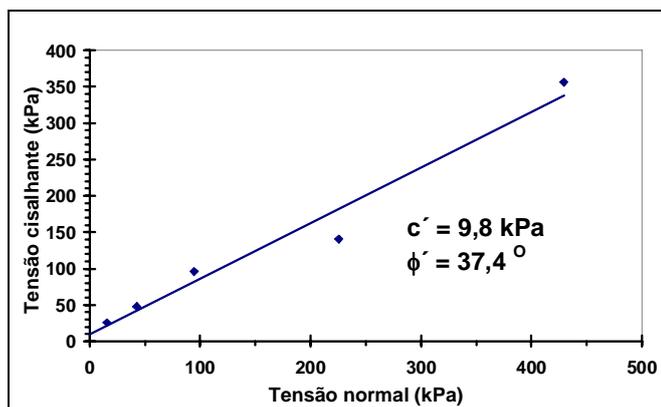


Figura 9. Envolvória de resistência do solo ARMAR obtida em ensaio de cisalhamento direto

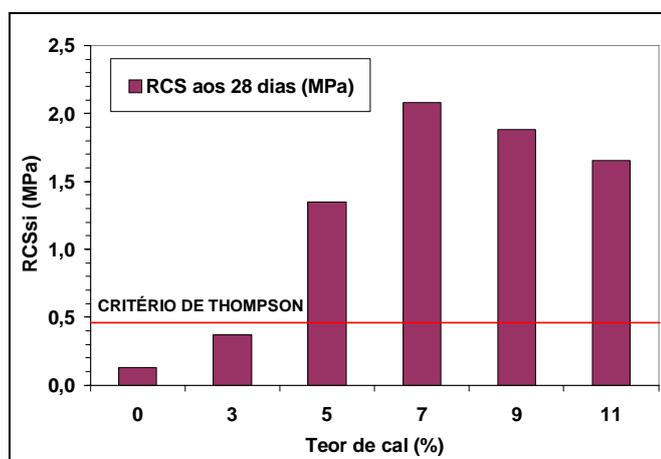


Figura 10. Valores de resistência a compressão simples (RCS) aos 28 dias de cura. O teor de 5% já satisfaz o critério de Thompson (ref.[9])

## 6. PERMEABILIDADE DO SOLO COMPACTADO

A demanda por materiais para construção de barreiras de baixa permeabilidade em obras de terra de cunho ambiental, tais como *liners* em aterros de resíduos sólidos e bacias de retenção de efluentes, tem levado a investigação da permeabilidade de solos regionais compactados.

O solo ARMAR foi testado quanto a sua permeabilidade por ensaio em permeâmetro de parede flexível, realizado em câmara triaxial a carga constante, em corpo de prova cilíndrico com diâmetro e altura de 5cm, compactado na energia do Proctor Normal numa umidade 1% acima da ótima. A saturação do corpo de prova foi feita por contrapressão e o fluxo ascendente determinado por um gradiente hidráulico igual a 20. A Figura 11 ilustra o arranjo experimental. Detalhes do

procedimento de ensaio encontram-se em SOUZA [10].



Figura 11. Arranjo experimental para medida da permeabilidade – ensaio de permeâmetro de parede flexível em câmara triaxial (ref.[10])

O valor para o coeficiente de permeabilidade (a 20°C) foi  $9,9 \cdot 10^{-8}$  m/s, superando o valor máximo especificado para *liners* de aterros sanitários ( $< 1 \cdot 10^{-10}$  m/s). O fato motivou testes envolvendo misturas do solo ARMAR com bentonita nos teores de 2% e 4%. Com o teor de 4%, para um período de cura de 30 dias, o coeficiente de permeabilidade reduziu para  $3,8 \cdot 10^{-8}$  m/s, ainda acima do máximo permissível. O emprego de teores maiores de bentonita é objeto futuro de pesquisa.

## 7. CONCLUSÕES

O artigo reúne resultados de pesquisas realizadas com um solo arenoso fino costeiro fruto da evolução pedogenética de sedimentos pleistocênicos pertencentes à Barreira Litorânea II no litoral sul do Rio Grande do Sul. A caracterização geotécnica mostrou ser este um solo arenoso fino com fração argilosa, que lhe confere uma granulometria bimodal e certa plasticidade. Os argilominerais presentes mostram-se não ativos. O comportamento laterítico é confirmado pela classificação MCT.

Os ensaios pela Metodologia MCT possibilitaram caracterizar o solo como de excelente compactabilidade, capacidade de suporte elevada, média expansão, baixa contração por secagem e média velocidade de ascensão capilar, atendendo boa parte dos requisitos para uso como base de pavimento em solo arenoso fino laterítico. As deficiências do solo passam pela velocidade de ascensão capilar, perda de suporte com a imersão e expansão. O comportamento de retenção de água explica em parte estes aspectos.

O solo compactado apresentou  $c' = 9,8\text{kPa}$ ,  $\phi' = 37,4^\circ$  e  $RCS = 0,13\text{MPa}$ . A adição de cal ou cimento ao solo no teor de 5% mostrou elevar a RCS em mais de 10 vezes.

A permeabilidade do solo compactado é da ordem de  $10^{-7}\text{m/s}$ . O emprego de bentonita, em misturas com o solo no teor de até 4%, reduz a permeabilidade em 2,6 vezes. Mesmo assim, em todas situações testadas, não se atingiu o valor exigido para *liners* de aterros de resíduos sólidos ( $< 10^{-10}\text{m/s}$ ). Para obras com menor exigência quanto à permeabilidade, o solo estudado pode constituir alternativa de projeto.

O estudo realizado permitiu conhecer as principais características e propriedades geotécnicas do solo ARMAR, subsidiando projetos que provenham seu uso em obras de terra e pavimentação no litoral sul do Rio Grande do Sul.

## AGRADECIMENTOS

Ao corpo técnico do Laboratório de Geotecnia da FURG. Ao CNPq e a FAPERGS pelo apoio.

## REFERÊNCIAS

1. Bastos, C.A.B. *Estudos Recentes Conduzidos na FURG sobre Solos Alternativos para Pavimentação Econômica e Obras de Terra na Planície Costeira Sul*. II Simpósio de Engenharia Geotécnica - GeoRS'2003, Rio Grande/RS, 2003. Anais... DMC-FURG/ABMS-NRRS, p.31-40, 2003.
2. Bastos, C.A.B.; Vasconcelos, S.M.; Schmitt, L.A. *Avaliação do Comportamento Mecânico e de Retenção d'Água de Solo Tropical Compactado Empregado em Obras de Terra na Região Sul do RS*. Simpósio Brasileiro de Solos Não-Saturados, VI, Salvador, 2007. Anais... ABMS, Vol.1, p.407-414, 2007.
3. Costa, T.C.D.; Gandolfi, N. *Uso do Ensaio de Azul de Metileno no Mapeamento Geotécnico e sua Correlação com a Classificação MCT para os Procedimentos de Pejon e Fabbri*. Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, XI, Brasília, 1998. Anais... ABMS, Vol.1, p.157-164, 1998.
4. Embrapa *Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Rio Grande do Sul*. Embrapa, Recife, 431p, 1973.
5. Fabbri, G.T.P.; Sória, M.H.A. *Caracterização da Fração Fina de Solos Tropicais através da Adsorção de Azul de Metileno*. Reunião Anual de Pavimentação, 28, Belo Horizonte, 1994. Anais... ABPv, p.157-183, 1994.
6. Felten, D. *Estudo sobre Solos Arenosos Finos Lateríticos da Planície Costeira Sul do RS para Emprego em Pavimentação Econômica*. Rio Grande, 129p. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Oceânica, FURG, 2005.
7. Gomes, R.L.; Rodrigues, J.E. *Estimativa de Propriedades Geotécnicas de Solos em Perfis de Alteração pela Adsorção de Azul de Metileno – Região de Campinas/SP*. Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, XI, Brasília, 1998. Anais... ABMS, Vol.1, p.109-116, 1998.
8. Nogami, J.S.; Villibor, D.F. *Pavimentação de Baixo Custo com Solos Lateríticos*. Ed. Villibor, São Paulo, 212p, 1995.
9. Rabassa, C.M.; Santos, L.; Bastos, C.A.B. *Estabilização Físico-Química de um Solo Arenoso Fino com Cal e Cimento*. Congresso de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia, XXI, Ijuí/RS, 2006. Anais... UNIJUÍ, 2006 (em CD-ROM)
10. Souza, E.W. *Estudo do Emprego de Misturas Solo-Bentonita na Construção de Liners para Impermeabilização de Aterros Sanitários - Estudo de Caso: Aterro Sanitário de Rio Grande*. Rio Grande/RS, 162p. Projeto de Graduação (Engenharia Civil), FURG, 2007.
11. Tomazelli, L.J.; Villwock, J.A. *Mapeamento Geológico de Planícies Costeiras: o Exemplo da Costa do Rio Grande do Sul*. Gravel, CECO/UFRGS, Vol.3, p.109-115, 2005.
12. Villibor, D.F.; Nogami, J.S. *Novo Critério para Escolha de Solos Arenosos Finos para Bases de Pavimentos*. Reunião Anual de Pavimentação, 17, Brasília, 1982. Anais... ABPv, p.VII105-127, 1982.

13. Villwock, J.A. *Geology of Coastal Province of Rio Grande do Sul*, Southern Brazil. A

Synthesis. Pesquisas, IG/UFRGS, Vol.16, p.5-49, 1984.

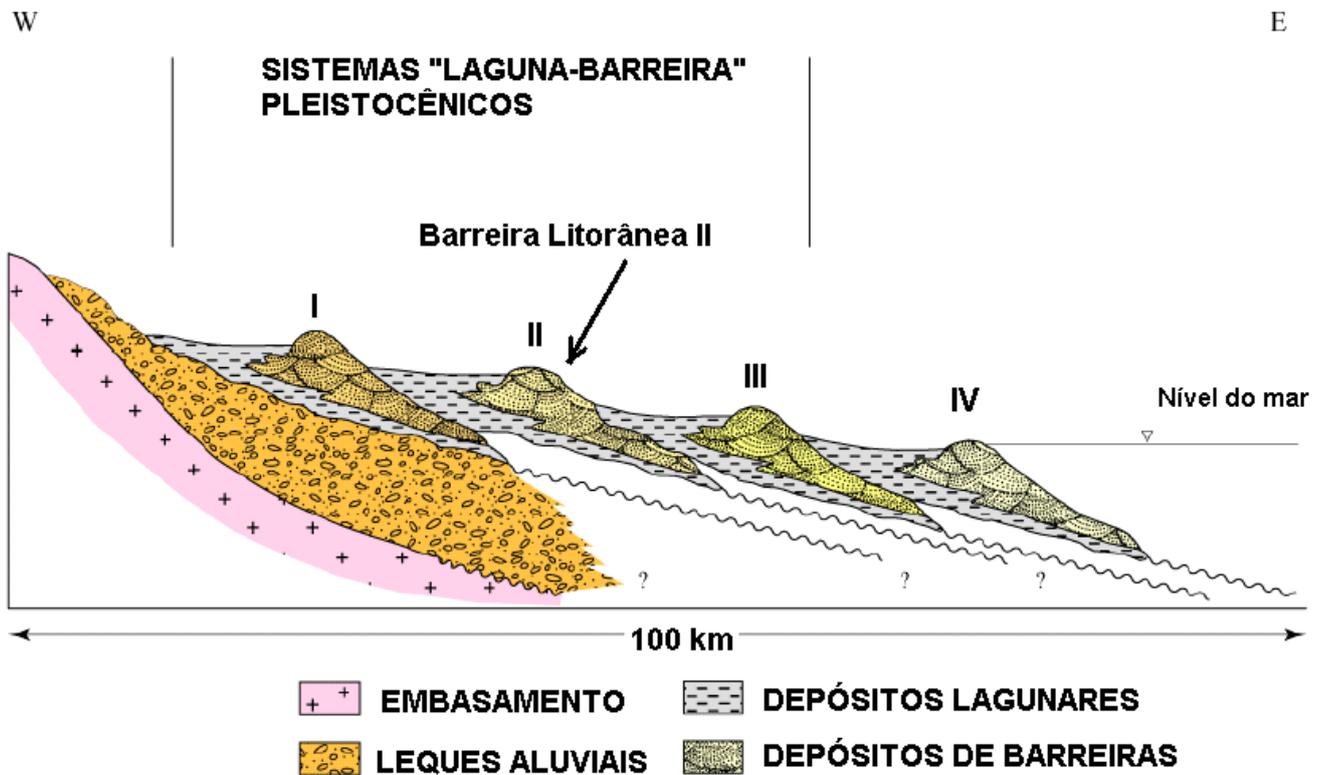


Figura 2. Perfil esquemático (W-E) transversal aos sistemas deposicionais da Planície Costeira do Rio Grande do Sul – destaque a Barreira Litorânea II (modificado de Tomazelli & Villwock [11])