

## ESTUDO DE CORRELAÇÃO GRANULOMÉTRICA E GEOTÉCNICA DOS AREAIS DA CAMPANHA GAÚCHA E OS SOLOS EÓLICOS DE OUTRAS REGIÕES

Filipe Ribeiro de Almeida <sup>1</sup>; Wilber Feliciano Chambi Tapahuasco <sup>2</sup>; Luciéle Bilhalva Campagnolo <sup>3</sup>; Lissara Polano Ody <sup>4</sup>

**Resumo** – Na região da Campanha Gaúcha existem extensas áreas em processo de arenização, promovendo a ocorrência de manchas de areias em vários locais. Desta forma, com o intuito de conhecer possíveis diferenças e similitudes geológico-geotécnicas, este trabalho objetiva realizar um estudo de correlação dos solos eólicos da Campanha Gaúcha com os solos eólicos de outras regiões do mundo. Para isso, foram estudados três solos eólicos oriundos da Região da Campanha, assim também, foram aproveitados estudos de solos de outras regiões. A partir de amostras coletadas dos solos eólicos da Região da Campanha, foram executados testes geotécnicos de caracterização. Além disso, foi realizada uma pesquisa bibliográfica quanto a processos geológicos de origem e formação. Os resultados mostraram que os solos eólicos estudados são formados a partir da erosão de afloramentos rochosos, além de contribuições de sedimentos que foram trazidas das regiões costeiras marinhas. Também, pelo comportamento das curvas de granulometria e pela metodologia SUCS, todos os solos foram classificados como areias mal graduadas e de textura uniforme (SP). Finalmente, conclui-se a possibilidade dos solos eólicos da Região da Campanha serem aproveitados para fins de edificações.

**Abstract** – In the region of the Gaucho Campaign there are extensive areas in sandstone process, promoting the occurrence of sand spots in several places. Thus, in order to know possible geological and geotechnical differences and similarities, this work aims to perform a correlation study of the Gaucho Campaign's wind soils with the wind soils of other regions of the world. For this, three wind soils from the Region of the Gaucho Campaign were studied, as well as studies of soils from other regions. From the samples collected from the Aeolian soils of the Region of the Gaucho Campaign, geotechnical characterization tests were performed. In addition, a bibliographical research was carried out on geological processes of origin and formation. The results showed that the studied wind soils are formed from the erosion of rocky outcrops, as well as contributions of sediments that were brought from the marine coastal regions. Also, by the behavior of the granulometry curves and the USCS methodology, all soils were classified as poorly graded sands with uniform texture (SP). Finally, it is concluded that the wind soils of the Campaign Region can be used for building purposes.

**Palavras-Chave** – Solos Eólicos; Campanha Gaúcha; Caracterização geotécnica;

<sup>1</sup> Acadêmico em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Pampa: Alegrete – RS, (55) 999311952, rdealmeidafilipe@gmail.com

<sup>2</sup> DSc. Prof., Universidade Federal do Pampa: Alegrete - RS, (55) 34218400, wilbertapahuasco@unipampa.edu.br

<sup>3</sup> Acadêmico em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Pampa: Alegrete – RS, (55) 996710333, campagnolo.lu@gmail.com

<sup>4</sup> Acadêmico em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Pampa: Alegrete – RS, (55) 996594984, lissaraody@yahoo.com.br

## 1. INTRODUÇÃO

Na região da Campanha Gaúcha existem extensas áreas com solos em processo de arenização. Sendo assim, muito ocorrente a presença de manchas de areias. Para Binda et. al. (2015), as manchas não podem ser tratadas como deserto, muito menos como uma área em processo de desertificação. Para Suertegaray (2011) a Campanha gaúcha não constitui uma região árida ou semiárida, registrando precipitações médias anuais em torno de 1.400 mm. Por outro lado, não há evidências confiáveis de que a expansão desse processo estaria mudando o clima regional (úmido) para um clima do tipo semiárido ou árido, como indica o conceito de desertificação da Conferência de Nairóbi, em 1977.

O termo arenização foi sugerido por Suertegaray (1987) para definir o processo de perda da cobertura vegetal e formação dos areais. Este termo é válido, principalmente, para diferenciar esse fenômeno do processo de desertificação, relacionando-o com clima úmido, em que a diminuição do potencial biológico não ocasiona condições desérticas (Suertegaray, 1998).

Segundo Souto (1984) os efeitos desta erosão eólica são proporcionais à velocidade dos ventos e a redução da cobertura vegetal e/ou precipitações, sendo acentuadas quando ocorrem nos solos de origem arenítica. Já para Ab'Saber (1995), a ação dos ventos é mais complexa porque se alternam ventos gerais sul-norte, muito fortes no inverno gaúcho, possibilitando o aumento do caráter erosivo, principalmente, em locais como cabeceiras de drenagem, vertentes e extensos interflúvios planos da região.

Com o intuito de conhecer possíveis diferenças e similitudes, este trabalho objetiva fazer um estudo de correlação granulométrica e geotécnica entre os solos eólicos da Campanha Gaúcha e os solos eólicos de outras regiões do mundo. Para isso, foram estudados três solos oriundos da Campanha, de origem eólica, assim também, foram aproveitados os estudos de outros solos, tais como da região desértica de Omã, chamada Wahiba por Al-Aghbari et. al. (2009); solos da região da cidade de Baiji, no Iraque (Al-Taie et. al., 2013); solos da região de Rub' al-Khali, na Arábia Saudita (Al-Qarni e Elkholy, 2012); solos eólicos da cidade de Rio Grande/RS, no Brasil (Ruver et al., 2013).

## 2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

### 2.1. Descrição das áreas de estudo

Conforme supracitados na introdução, inicialmente, foram selecionados três áreas de arenização, as quais estão inseridas na região da Campanha do Rio Grande do Sul. Dessa forma, duas áreas pertencem ao município de Alegrete e outro ao município de Manoel Viana. A área 01 está inserida no deserto de São João (651702.83E; 6713021.21S). Já a área 02 faz parte dos areais do 3º subdistrito do Durasnal (646164.12E; 6689770.13S). E a área 03 está localizada no município de Manoel Viana (658099.16E; 6725295.36S).

As três áreas de estudo apresentam diferentes panoramas quanto às condições recuperação. As vistorias de campo permitiram constatar que na área de arenização do São João, existe um processo de recuperação, o qual consiste de plantio de Eucaliptos e Pinhos dentro do areal. Já na área do Durasnal, não existe um processo de recuperação, sendo observando uma maior concentração das areias eólicas em superfícies de encostas. Quanto ao areal do município de Manoel Viana, verificou-se que existe um processo de recuperação em estágio inicial nessa área se caracteriza por ter uma extensão menor em comparação aos outros dois areais estudados, estando localizados, próximo da rodovia estadual RS-377.

Na Figura 1, são apresentadas vistas panorâmicas das três áreas de arenização que compreendem o objeto de este estudo.



Figura 1. Imagem dos locais onde ocorreu coleta de solo. Durasnal (a); Manoel Viana (b); São João (c).

Com o propósito de realizar o estudo de correlação granulométrica e geológica dos areais da campanha gaúcha com os solos eólicos de outras regiões, foi realizada uma pesquisa de outros trabalhos, focando o estudo de solos eólicos de regiões distintas do mundo. Dessa forma, foram selecionados os solos eólicos da cidade de Rio Grande, no Rio Grande do Sul, estudados por Ruver et. al. (2013). Assim também, foram aproveitados informações dos solos eólicos de Omã, na região desértica de Wahiba, estudado por Al-Aghbari et. al. (2009). Além disso, os solos eólicos do município de Baiji, no Norte do Iraque, estudados por Al-Taie et. al. (2013). Finalmente, aproveitou-se o estudo Al-Qarni e Elkholy (2012), referente aos solos do deserto Rub' al-Khali, na Arábia Saudita, que é considerada a maior área contínua de areia do mundo pelo autor. As Figuras 2 e 3 mostram imagens das áreas onde existem dunas eólicas pesquisadas pelos autores supracitados.

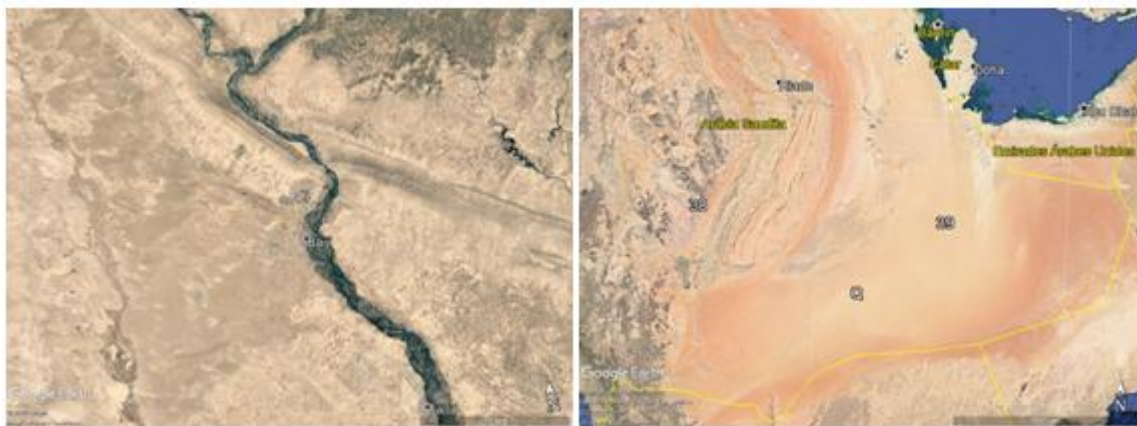


Figura 2. Imagens das Regiões de Baiji – Iraque (a) e Rub' al-Khali – Arábia Saudita (b); Fonte: Google Earth (2018)



## 2.2. Caracterização geológica

Os solos que constituem os areais da Campanha Gaúcha, foco deste estudo, estão localizados segundo o mapa geológico do estado do Rio Grande do Sul do GeoSGB (2018), em regiões com origem da época Superior, do período Jurássico, na província geológica denominada Bacia do Paraná, de origem sedimentar, tendo como substrato o arenito da Formação Botucatu. Sobre esta formação mesozoica assentam-se depósitos arenosos não consolidados, originários de deposição hídrica e eólica. São nesses depósitos que se originam os areais, conforme Suertegaray (2001). Scherer (2000) sugere que a deposição e acumulação dos depósitos ocorreram dentro de um pequeno intervalo de tempo, sem mudanças climáticas significativas. No entanto, o processo é intensificado pela abrangência de práticas agrícolas de mau uso e manejo inadequado dos solos.

Para os solos eólicos localizados no município do Rio Grande/RS, Ruver et. al. (2013), especifica que estão localizados na província geológica da Planície Costeira, formada no período neogeno por quatro sequencias de depósitos sedimentares, sendo os depósitos superiores predominantemente de origem eólica. Segundo Villwock et. al. (2006), quando os ventos sopram do mar, acabam por levar a areia da praia para o interior, construindo grandes campos de dunas cuja orientação retrata a direção dos ventos dominantes na região costeira. Tomazelli (1993) revela que o vento dominante provém de Noroeste e, embora sobre ao longo de todo o ano, é mais ativo nos meses de primavera e verão. O vento de oés-sudoeste, secundário, é mais eficaz nos meses de inverno. Em resposta a ação desses ventos, as dunas migram no sentido sudoeste.

Os solos do deserto de Omã, segundo Pollastro et. al. (1998) é pertencente à província geológica da Calha Masirha, com origem ocorrendo no período quaternário. Conforme Goudie et. al. (1997), a origem desses solos é por dois tipos de fontes de areias, a primeira é da costa, provocada pelas monções de verão (ventos sazonais), o qual leva material derivado da plataforma marinha para dentro do continente. A outra fonte das areias vem da intemperização de afloramentos rochosos das montanhas próximas ao deserto, no nordeste de Wahiba, trazidas pelos ventos e uádis (rios efêmeros).

Para os solos de Baiji (Norte de Iraque), estudado por Al-Taie et. al. (2013), pertence à província geológica da Bacia Mesopotâmica (Pollastro et. al., 1998). Além disso, conforme Kadim et. al. (2009), esses solos se caracterizam por estarem constituídos por depósitos sedimentares de diversas composições sendo que os mais jovens ocorreram por volta do período pleistoceno superior. Tendo em vista que nesta região ocorre uma grande incidência de ventos de velocidade considerável, que variam de 2,5 a 4,5 m/s, é considerado adequado dizer que este elemento climático influencia na formação das dunas. Também o autor (Kadim et. al., 2009) constata que as dunas de areia na área de Baiji, aumentaram nas ultimas duas décadas, devido à condição árida e aos usos pesados da terra na agricultura.

Estima-se para os solos eólicos da Arábia Saudita, referenciado no trabalho de Al-Qarni e Elkholy (2012), façam parte do Deserto de Rub' al-Khali, que é maior em área continua de areia do mundo segundo Vincent (2008), envolvendo o território da Arábia Saudita. Segundo bibliografia pesquisada (Pollastro et. al. 1998, McClure 1978, Holm 1960 e Brown 1960), o Deserto de Rub' al-Khali é de origem eólica e está localizado na província geológica da Bacia Rub' al-Khali. Esses solos são influenciados diretamente por dois ventos: o Shamal que sopra de nordeste para sudoeste e, a monção sudoeste, que é ativa de junho a agosto, direcionando sedimentos aluviais para a região do deserto. Bishop (2010) diz que além do transporte de sedimentos proporcionado pelos ventos, na bacia ocorreu um grande suprimento de areia de quartzo pelo Golfo Pérsico, enquanto o nível do mar estava baixo durante o Pleistoceno.

## 2.3. Caracterização geotécnica

Com o intuito de conhecer as características geotécnicas dos solos eólicos da Campanha Gaúcha e, também, compara-los aos solos eólicos de outras regiões do mundo, foram programadas

coletas de amostras dentro dos municípios de Alegrete/RS e de Manoel Viana. Sendo para isso, seguidos os procedimentos indicados pela norma ABNT NBR 9604 (1986), envolvendo limpeza superficial, retirada do material orgânico, coleta e acondicionamento das amostras de areias. Dessa forma, foram realizadas em cada areal escolhido (Manoel Viana, Durasnal e São João) duas sondagens, envolvendo a coleta de duas amostras representativas do solo, seguidamente encaminhadas ao laboratório de solos da Universidade Federal do Pampa – Campus Alegrete. Conforme a ABNT NBR 6457 (1986), as amostras coletadas foram dispostas para a secagem previa até a umidade higroscópica.

Após acondicionamento e preparação, os solos foram submetidos a testes de caracterização geotécnica, sendo executadas para cada amostra coletada no mínimo duas repetições. Correspondo dessa forma, os ensaios de granulometria pelo método do peneiramento (ABNT NBR 7181, 1984); limite de liquidez (ABNT NBR 6459, 1984), limite de Plasticidade (ABNT NBR 7180, 1984), massa específica dos grãos (norma cancelada ABNT NBR 6508, 1984) e, determinação do índice de vazios máximo e mínimo (normas canceladas ABNT NBR 12004,1990 e ABNT NBR 12051,1991). A Tabela 1 apresenta os resultados dos ensaios de caracterização geotécnica executados nos solos estudados, expressos em valores médios e seus respectivos desvios padrão.

A partir dos resultados dos ensaios de granulometria, foi possível confeccionar as curvas de granulometria, possibilitando a determinação dos diâmetros efetivos ( $D_{10}$ ), dos diâmetros relativos a 60% e 30% do material que passa nas peneiras. Após isso, adotando as equações 1 e 2, foi possível caracterizar o solo em função do coeficiente de uniformidade ( $C_u$ ) e coeficiente de curvatura ( $C_c$ ).

$$C_u = D_{60}/D_{10} \quad (1)$$

$$C_c = (D_{30}^2)/(D_{60} \times D_{10}) \quad (2)$$

Segundo Caputo (1988), os solos com  $C_u < 5$  são considerados de granulometria muito uniforme,  $5 < C_u < 15$  são de uniformidade média e são considerados solos desuniformes os que apresentam  $C_u > 15$ . Quanto ao coeficiente de curvatura, são considerados solos de granulometria bem graduado quando os valores estiverem entre 1 e 3 (Pinto, 2006, Caputo 1988).

Para os solos eólicos da região da Campanha Gaúcha, as Tabelas 1 e 2, apresentam os resultados dos ensaios de caracterização geotécnica. Além disso, na Figura 4, observam-se os comportamentos das curvas de granulometria desses solos.

Tabela 1. Propriedades físicas geotécnicas dos solos eólicos da Região da Campanha Gaúcha.

Solo	Massa Específica (g/cm <sup>3</sup> ) e Desvio Padrão		Índice de Vazios Máximo e Desvio Padrão		Índice de Vazios Mínimo e Desvio Padrão	
	Durasnal	2,87	0,238	1,00	0,045	0,65
São João	2,34	0,093	0,65	0,007	0,29	0,043
Manoel Viana	2,80	0,092	0,98	0,060	0,59	0,066

Tabela 2. Propriedades físicas geotécnicas dos solos eólicos da Região da Campanha Gaúcha.

Solo	$C_u$	$C_c$	LL	LP
Durasnal	3,00	1,33	-	-
São João	2,00	0,89	-	-
Manoel Viana	2,33	1,19	-	-

Onde: LL – limite de liquidez; LP - limite de plasticidade.

Pelo observado na Figura 4, as curvas de granulometria dos solos da Região da Campanha Gaúcha caracterizam comportamentos uniformes, apresentando valores de  $C_u$  inferiores 5 (Tabela 2). Além disso, embora os solos dos areais de Durasnal e Manuel Viana apresentem valores de  $C_c$  entre 1 e 3 (característicos de solos bem graduados), pela classificação do Sistema Unificado - SUCS, os mesmos são definidos como areias mal graduadas (SP). Já para o solo do areal de São João, tanto os valores de  $C_u$  e  $C_c$ , possibilitam a sua classificação como SP.

Segundo Das (2008), o Limite de plasticidade (LP) é definido como o ponto de umidade em que o solo se desagrega quando moldado. Já o Limite de liquidez é o ponto de umidade em que o solo passa do estado líquido para o estado plástico, ou seja, o quanto uma amostra pode ser fluida. Para os solos estudados dos areais da região da Campanha Gaúcha, não foi possível determinar os valores de limite de liquidez e o limite de plasticidade, isso em virtude da baixa coesividade que estes apresentavam.

Para Das (2008), os índices de vazios são definidos como sendo razão entre os volumes de vazios e o volume de sólidos. O autor também define que o índice de vazios máximo representa o solo na sua condição mais fofa e, o índice de vazios mínimo caracteriza o solo na sua condição mais compacta. Dessa forma, com base nos resultados mostrados na Tabela 1, pode-se dizer que os solos de Durasnal e Manoel Viana apresentam valores próximos de índice de vazios máximo e mínimo, diferentemente, o solo do São João apresenta de índice de vazios limites (índice de vazios máximo e índice de vazios mínimos) menores se comparados aos demais solos da região.

A massa específica dos grãos de acordo com Das (2008) é definida pela razão da massa dos sólidos do solo pelo volume total. Assim, conforme a Tabela 1 os solos do Durasnal e de Manoel Viana apresentam resultados parecidos e, o único que apresenta uma diferença maior é o solo de São João.

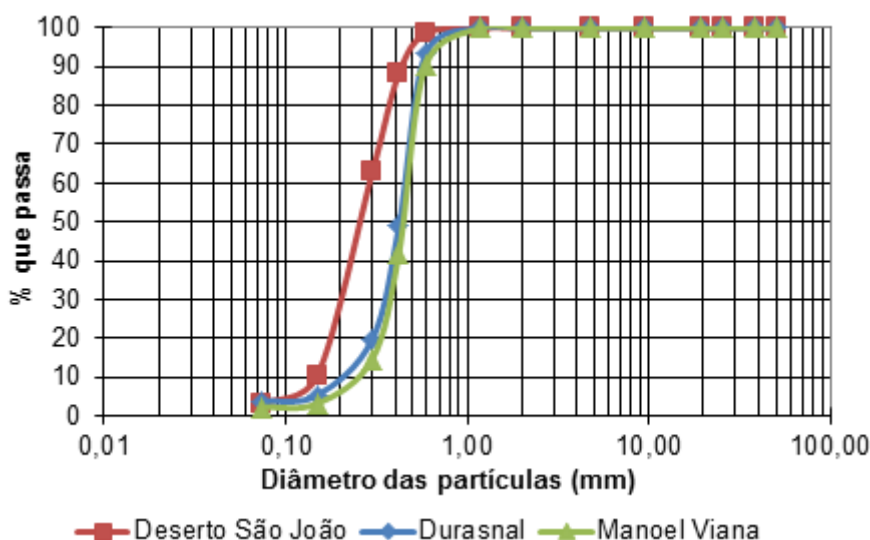


Figura 4. Curvas Granulométricas dos Solos da Região da Campanha Gaúcha.

### 3. CORRELAÇÃO GEOTÉCNICA DOS SOLOS ESTUDADOS

A Figura 5 apresenta em termos de comparação as curvas granulométricas dos solos estudados dos areais da Região da Campanha (areal de Durasnal, areal de São João, areal de Manoel Viana), juntamente com alguns solos eólicos estudados por outros autores (Arábia Saudita, Omã, Iraque e Cidade de Rio Grande). Dessa forma, observa-se que as curvas granulométricas dos solos da Região da Campanha encontram-se mais próximas dos solos eólicos de Omã e Arábia Saudita, caracterizando, segundo a NBR 6502 (1995) solos de textura de areia média. Já os solos eólicos do Iraque e do Rio Grande/RS apresentam textura mais fina, se comparados aos solos

eólicos da Região da Campanha. Além disso, pelos valores de  $C_u$  abaixo de 5 (Tabela 3) e pelo comportamento das curvas de granulometria (Figura 5), tanto os solos da Região da Campanha como os solos estudados pelos outros autores, são classificados pela metodologia SUCS como areias mal graduadas (SP).

Assim como nos solos da Região da Campanha, foi constatado também, que nos solos eólicos Arábia Saudita, Omã, Iraque e Cidade de Rio Grande (Tabela 3), pela sua baixa coesividade, não apresentaram comportamento plástico.

A Figura 5 mostra em termos de comparação as curvas granulométricas dos solos dos areais da Região da Campanha, juntamente com os solos eólicos estudados por outros autores. Além disso, a Tabela 2 apresenta as propriedades geotécnicas de todos os solos eólicos estudados neste trabalho.

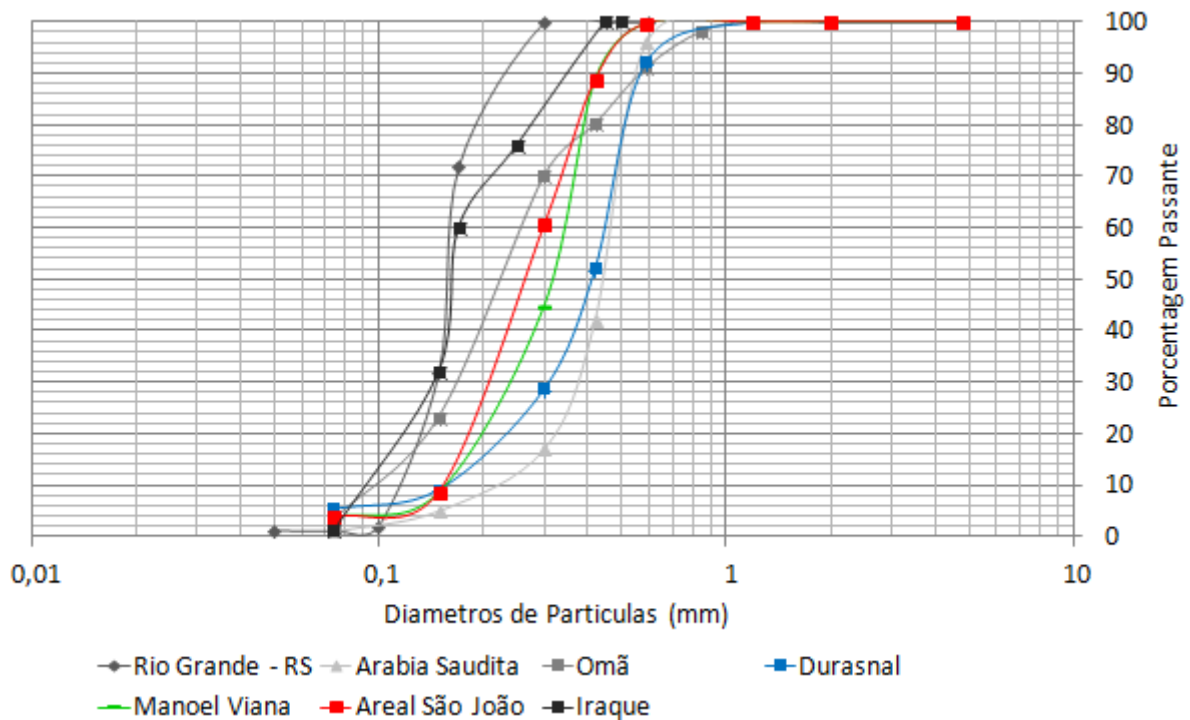


Figura 5. Curvas Granulométricas dos Solos

Tabela 3. Correlação de propriedades geotécnicas de solos arenosos eólicos.

Solo	Massa Específica (g/cm <sup>3</sup> )	$C_c$	$C_u$	Índice de Vazios Máximo	Índice de Vazios Mínimo	Classificação SUCS	LL e LP
Arábia Saudita	2,67	3,14	4,60	0,7	0,48	SP	-
Baiji – Iraque	2,70	1,49	1,95	-	-	SP	-
Areias de Wahiba – Omã	2,60	0,55	1,19	0,73	0,58	SP	-
Rio Grande – Brasil	2,64	1,11	1,45	-	-	SP	-
Durasnal	2,87	1,33	3,00	1,00	0,65	SP	-
São João	2,34	0,89	2,00	0,65	0,29	SP	-
Manoel Viana	2,80	1,19	2,33	0,98	0,59	SP	-

Onde: SP – Areia Mal Graduada

Na Tabela 3, observa-se que o solo do areal de São João apresenta valores menores de índice de vazios máximo e mínimo, se comparado aos demais solos apontados na tabela. Portanto, pode-se dizer que o solo de São João tem maior compactação quando compactado. Já os solos dos areais de Manuel Viana e Durasnal, são os que apresentaram maiores valores de índice de vazios máximo e mínimo, implicando isso, na sua baixa compactação.

Também, é possível observa-se na Tabela 3, que a maioria dos solos eólicos abordados no trabalho apresenta valores de massa específica dos grãos superiores a 2,6 g/cm<sup>3</sup>, tendo apenas o solo referente ao areal do São João um valor menor e equivalente a 2,34 g/cm<sup>3</sup>. Tal divergência de massa específica dos grãos, possivelmente, esteja condicionada às particularidades mineralógicas dos solos de São João.

Quanto ao aproveitamento geotécnico dos solos, Al-Taie et. al. (2013), com base em resultados de testes de laboratório, conclui que o solo de dunas de Baiji pode ser considerado adequado para uso em construções geotécnicas. Já Al-Qarni e Elkholy (2012), estudaram sob adição de cimento, o comportamento geotécnico dos solos eólicos da Arábia Saudita, visando o seu aproveitamento em obras rodoviárias. Assim também, Al-Aghbari et. al. (2009) estudaram os solos eólicos de Omã, sob adição de cimento, possibilitando o seu uso como fundação de edificações. Além disso, Ruver et. al. (2013), a partir de estudos geotécnicos, destaca que os solos eólicos de Rio Grande, quando estabilizados, podem ser aproveitados em camadas de base e/ou sub-base de pavimentos. Baseado nos resultados dos autores supracitados existe as possibilidades do aproveitamento dos solos eólicos da Região da Campanha Gaucha para fins de edificações.

## CONCLUSÕES

Com base nas características geológicas apresentadas no Item 2.2, os solos eólicos da Região da Campanha e os solos eólicos de Baiji (Norte de Iraque) apresentam similitudes quanto à origem e formação, já que ambas as regiões estão inseridas em plataformas continentais, caracterizando-se por apresentar solos formados pelas erosões de afloramentos rochosos, mas, intensificada pelo uso e manejo inadequado das terras devido à agricultura. Quanto aos solos eólicos de Rio Grande/RS, a sua origem e formação está vinculada aos ventos que sopram do mar, levando as areias da praia para o interior do continente. Já os solos de Omã e de Arábia Saudita são originados pelas erosões de afloramentos de maciços no interior do continente, além de areias que foram trazidas das regiões costeiras marinhas.

A partir da análise de correlação geotécnica, podemos concluir que todos os solos estudados neste trabalho apresentaram pela metodologia SUCS, a mesma classificação, sendo definidas como areias mal graduadas e de textura uniforme. Nos níveis de índices de vazios, quase todos os solos apresentam valores próximos. Já o solo do Areal do São João mostrou valores de índices de vazios mais baixos, possibilitando obter maior compactação.

Finalmente, tomando como referência os resultados favoráveis obtidos para os solos eólicos das outras regiões do mundo (Arábia Saudita, Omã, Iraque e Cidade de Rio Grande), no que diz respeito ao aproveitamento geotécnico, podemos concluir que existe a possibilidade de utilização dos solos eólicos da Região da Campanha para fins de edificações rurais.

## REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. (1995) *"A Revanche dos Ventos: Destruição dos Solos e Formação de Areais na Campanha Gaucha"* in *Revista Ciência e Ambiente*, nº 11, Vol. 1, p. 07-31.

AL'AGHBARI, M. Y. et. al. (2009) *"Stabilization of desert sands using cement and cement dust"* in *Ground Improvement*, Vol. 162, nº 3, p. 145-151



- AL'TAIE, A. J. et. al. (2013) "Investigation of Geotechnical Specifications of Sand Dunes Soil: A Case Study around Baiji in Iraq" in *IJUM Engineering Journal*, Vol. 14, nº 2, p. 121-132.
- AL'KARNI, A. et. al. (2012) "Improving Geotechnical Properties of Dune Sands through Cement Stabilization" in *Journal of Engineering and Computer Sciences*, Vol. 5, nº 1, p. 1-19.
- BINDA, A. L. et. al. (2015) "Reflexões Interpretativas sobre as Manchas de Areia do Sudoeste do Rio Grande do Sul, Brasil: Da Desertificação a Arenização" in *Boletim Goiano de Geografia*, Vol. 35, nº 2, p. 273-288.
- BISHOP, M. A. (2010) "Nearest neighbor analysis of mega-barchanoid dunes, Ar Rub' al Khali, sand sea: The application of geographical indices to the understanding of dune field self-organization, maturity and environmental change" in *Geomorphology*, Vol. 120, nº 2, p.186-194.
- BROWN, G. F. (1960) "Geomorphology of western and central Saudi Arabia" in *21<sup>st</sup> International Geological Congress*, Vol. 21, nº 1, 150-159.
- CAPUTO, H.P. *Mecânica dos Solos e suas aplicações*, LTC, Rio de Janeiro, 1987. 312p.
- GeoSGB (2018) "Levantamento geológico" in <http://geosgb.cprm.gov.br/geosgb/downloads.html>; Último acesso: 17/04/2018
- DAS, B. M. *Advanced Soil Mechanics*, Taylor & Francis, London and New York, 2008. 568p.
- GOUDIE, A. S. et. al., (1987) et al. "The Character and Possible Origins of the Aeolian Sediments of the Wahiba Sand Sea, Oman." in *The Geographical Journal*, Vol. 153, nº 2, p. 231–256.
- HOLM, D. A. (1960) "Desert geomorphology in the Arabian Peninsula" in *Science*, Vol. 132, nº 3437, p. 1369-1379.
- KADIM, L. S. et. al. (2009) "Study of nature, origin, movement and extension of sand dunes by using sedimentological aspects and remote sensing techniques in Baiji area, North Iraq" in *Journal of Kirkuk University – Scientific Studies*, Vol. 4, n 2, p. 22-35.
- MCCLURE, H. A. *Quaternary Period in Saudi Arabia*, Springer-Verlag, Wien and New York, 1978. 348p.
- PINTO, C. S. *Curso de Mecânica dos Solos*, Oficina de Textos, São Paulo, 2002. 368p.
- POLLASTRO, R. M. et. al. (1999) "Maps Showing Geology, Oil and Gas Fields and Geologic Provinces of the Arabian Peninsula" in *USGS Numbered Series*, Vol. 97, nº. 470, p. 01-14.
- REIS, G. S. et al. (2014) "Formação Serra Geral (Cretáceo da Bacia do Paraná): um análogo para os reservatórios ígneo-básicos da margem continental brasileira" in *Revista Pesquisas em Geociências*, Vol. 41, nº 2, p.155-168.
- RUVER, C. A. et. al. (2013) "Viabilidade técnico-econômica da areia eólica estabilizada com agentes aglomerantes para emprego em pavimentação" in *Teoria e Prática na Engenharia Civil*, nº21, Vol. 1, p.13-24.
- SCHERER, C. M. S. (2000) "Eolian dunes of the Botucatu Formation (Cretaceous) in southernmost Brazil: morphology and origin" in *Sedimentary Geology*, Vol. 137, nº 1, p. 63-84.
- SOUTO, J. J. P. *Deserto, uma ameaça? Estudo dos núcleos de desertificação na fronteira sudoeste do Rio Grande do Sul*. Secretaria de Agricultura, Porto Alegre, 1984. 172p.
- SUERTEGARAY, D. M. A. (1987) "A Trajetória da Natureza: um estudo geomorfológico sobre os areais de Quaraí – RS", Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Faculdade de filosofia, Letras e Ciências Humanas, 243p.
- SUERTEGARAY, D. M. A. *Deserto Grande do Sul: Controvérsias*, Editora da UFRGS, Porto Alegre. 1998. 109p.
- SUERTEGARAY, D. M. A. *Atlas de Arenização: Sudoeste do Rio Grande do Sul*, Editora da UFRGS, Porto Alegre. 2001. 80p.
- SUERTEGARAY, D. M. A. (2011) "Erosão nos Campos Sulinos: Arenização no Sudoeste do Rio Grande do Sul" in *Revista Brasileira de Geomorfologia*, Vol. 12, nº 3, p. 61-74

TOMAZELLI, L. J. (1993) “O Regime dos Ventos e a Taxa de Migração das Dunas Eólicas Costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil” in *Revista Pesquisas em Geociências*, Vol. 20, nº 1, p. 18-26.

VINCENT, P. *Saudi Arabia: An Environmental Overview*, Taylor & Francis, London, Leiden, New York, Philadelphia and Singapore, 2008. 332p.

VILLWOCK, J. A. *Biodiversidade. Regiões da Lagoa do Casamento e dos Butiazais de Tapes, planície costeira do Rio Grande do Sul*, Ministério do Meio Ambiente. Brasília, 2006, p. 388.