

Análise Granulométrica das Areias da Praia de Ponta Negra/RN

Iago Carlos Brito Morais
Engenheiro Civil, Alçar Engenharia, Assu, Brasil, iagoc.brito@gmail.com

Luana Raquel Juvino da Silva
Engenheira Geotécnica, TPF Engenharia, Pindoretama, Brasil, luana.raquel.365@ufrn.edu.br

Riadny Patrícia de Souza Ferreira
Engenheira Geotécnica/Doutoranda em Geotecnia, TPF Engenharia/UFPE, Recife, Brasil,
riadny.ferreira@ufpe.br

Maria Clara Rodrigues
Engenheira Civil, TPF Engenharia, São João Del-Rei, Brasil, maria.rodrigues@tpfe.com.br

Fagner Alexandre Nunes de França
Docente, UFRN, Natal, Brasil, fagner.franca@ufrn.br

RESUMO: A Praia de Ponta Negra, localizada no Rio Grande do Norte (RN), possui um dos maiores cartões-postais do Estado, popularmente conhecido como Morro do Careca. Devido ao avanço do mar nesta região, recomenda-se a interferência nas estruturas taludadas no sentido da segurança da população litorânea. Para o planejamento na implantação de obras de engenharia geotécnica nesta região, é imprescindível a realização de um estudo para evitar a incompatibilização dos materiais no processo de “engordamento” da praia. Neste contexto, o estudo deste artigo realizou a caracterização do material disposto na localidade. A pesquisa de campo foi dividida em duas etapas: reconhecimento de campo com definição dos pontos representativos de coleta do material em trechos homogêneos e a realização dos ensaios. A amostragem foi realizada de acordo com a norma NBR 10007 (2004), por meio de um plano de amostragem, no qual se determinou a retirada de amostras a cada 250 metros ao longo da praia de Ponta Negra, tendo como início o Morro do Careca. A análise granulométrica demonstrou uma areia extremamente uniforme, segundo o Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS), com o coeficiente de uniformidade (C_u) igual a 2 e diâmetro máximo igual a 0,42mm. Desta forma, os resultados demonstraram que o procedimento de engorda da praia deve ser feito com uma areia de curva granulométrica média muito uniforme subangular, predominantemente fofa e fina.

PALAVRAS-CHAVE: Praia, Caracterização granulométrica, Areias, Engordamento.

ABSTRACT: Ponta Negra Beach, located in Rio Grande do Norte (RN), has one of the greatest postcards in the state, popularly known as Morro do Careca. Due to the advance of the sea in this region, interference with embanked structures is recommended for the safety of the coastal population. For planning the implementation of geotechnical engineering works in this region, it is essential to carry out a study to avoid the incompatibility of materials in the process of “nourishment” of the beach. In this context, the study in this article characterized the material available in the location. The field research was divided into two stages: field reconnaissance with definition of representative points for collecting the material in homogeneous sections and carrying out the tests. Sampling was carried out in accordance with standard NBR 10007 (2004), through a sampling plan, in which samples were taken every 250 meters along Ponta Negra beach, starting at Morro do Careca. The granulometric analysis demonstrated an extremely uniform sand, according to the Unified Soil Classification System (SUCS), with a uniformity coefficient (C_u) equal to 2 and a maximum diameter equal to 0.42mm. Thus, the results demonstrated that the beach nourishment procedure must be carried out with sand with a very uniform subangular average particle size curve, predominantly soft and fine.

KEYWORDS: Beach, Granulometric characterization, Sands, Nourishment.

1 INTRODUÇÃO

Na zona sul do município de Natal/RN está localizada a praia de Ponta Negra, que se destaca devido aos atrativos paisagísticos, como o Morro do Careca. Sendo assim, essa região torna-se bastante procurada por turistas, envolvendo a implantação de infraestruturas de hotéis, edifícios residenciais e comerciais na orla marítima.

Até a década de 80, a Praia de Ponta Negra era considerada como praia de veraneio, quando passou a ser classificada como uma praia urbana (Silva, 2017). Na década de 90, o Programa de Desenvolvimento do Turismo no Nordeste (PRODETUR – NE I), potencializou investimentos de grupos imobiliários na região, sobretudo, os estrangeiros. Na contramão desse rápido crescimento, estava o pouco investimento em infraestrutura pública e no plano diretor do município. Como consequência disto, são evidentes as problemáticas frente a uma instalação desordenada da orla marítima de Ponta Negra, evidenciados por meio de intensos processos erosivos, avanço do mar e deposição de esgoto diretamente da praia.

Neste contexto, Bowen e Inman (1966) explicam que a troca de sedimentos entre a praia e o mar, por meio das correntes marítimas ao longo de toda a costa, ocorre por meio de um balanço sedimentar litorâneo. Essa dinâmica possibilita determinar o balanço final de uma praia entre deposição e erosão, considerando perdas e ganhos de sedimentos.

Em 2018, foi veiculado na mídia local que seria realizada uma intervenção na praia de Ponta Negra com o intuito de aumentar o pós-praia, que é a região de praia localizada fora do alcance das ondas e marés. Entretanto, para a execução de tais obras é necessário realizar o transporte de areia compatível com aquela existente no local de origem. Esta recomendação deve-se ao fato de que o depósito de areia com diâmetro de partículas e comportamento mecânico diferente poderá afetar a dinâmica original do ambiente praieiro, como por exemplo, a arrebentação das ondas.

De acordo com o relatório nomeado Panorama da Erosão Costeira no Brasil (Muehe, 2018), a erosão costeira atinge aproximadamente 40% do litoral brasileiro, sendo os maiores impactos nas praias do Norte e Nordeste do país, com 60% e 65% de seu litoral atingido pela erosão, respectivamente. A Praia de Ponta Negra é impactada pela erosão costeira, apresentando alteração no balanço sedimentar litorâneo, sendo que em alguns locais não é observada a região de pós-praia (região acima das marés altas normais).

Além disso, de acordo com Krumbein & James (1965), uma das maiores problemáticas relacionadas ao engordamento de faixas de areia é encontrar jazidas próximas o suficiente para diminuir os custos relacionados ao transporte. Neste sentido, o presente artigo apresenta o estudo de caracterização geotécnica da areia da Praia de Ponta Negra, com o objetivo de verificar a compatibilidade com outras areias da região para possível uso no alargamento da faixa desta praia.

2 METODOLOGIA

2.1 Plano de retirada de amostras

A metodologia utilizada para retirada das amostras na região foi baseada na NBR 10.007 (ABNT, 2004). Isto consistiu no plano de amostragem com retirada a cada 250 m, partindo do Morro do Careca até uma extensão de 3 km da praia, ao longo do estirâncio (região entre os níveis de marés alta e baixa). Assim, foram retiradas 13 amostras utilizando uma pá de jardineiro, acomodando em um balde de polietileno. No total, foi extraído um volume de 5 L armazenados em sacos com identificação.

2.2 Caracterização do material

A curva granulométrica foi realizada baseada nas diretrizes da NBR 7181 (ABNT, 2016). Isto consistiu na separação de 120 g de material das amostras e a utilização das peneiras com agitador por um período de 10 minutos. Pontua-se que não foi necessária a sedimentação neste processo pois as amostras apresentaram um percentual inferior a 5% de finos.

As recomendações da NBR 6508 (ABNT, 1984) foram seguidas para a realização do ensaio do picnômetro e determinação da massa específica dos sólidos do material. Quanto ao índice de vazios, foram

realizados os procedimentos recomendados por Fontoura (2016): o método “A” da NBR 12.004 (ABNT, 1990) para índice de vazios máximo; método “B.1” da NBR 12.051 (ABNT, 1991) para o índice de vazios mínimo.

Para a determinação do formato dos grãos, utilizou-se um microscópio digital com ampliação de até 500x. Aprimorando a qualidade das imagens, as amostras separadas em frações foram fotografadas para posterior comparação com o gabarito de Lambe & Whitman (1969).

Para a caracterização das areias, Fontoura (2016) realizou ensaios de caracterização nas areias do Parque das Dunas (Natal-RN), sendo que os mesmos ensaios foram realizados por Cruz (2008), para a caracterização da areia da Praia de Osório (Porto Alegre-RS). Sendo assim, os estudos de Fontoura (2016) e Cruz (2008) podem ser utilizados como base comparativa para os resultados deste trabalho.

Segundo Pinto (2006), considerando o fato de o solo ser composto pela fração de vazios (fase líquida e gasosa) e de partículas sólidas (grãos do solo), é possível calcular o índice de vazios pela Equação 1.

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad (1)$$

onde V_v é o volume de vazios e V_s é o volume de partículas sólidas. Visto que o índice de vazios não é suficiente para caracterizar a condição do solo, considerando que dois solos com o mesmo índice de vazios podem apresentar compacidades diferentes, calcula-se o índice de compacidade relativa pela Equação 2.

$$CR = \frac{e_{m\acute{a}x} - e_{nat}}{e_{m\acute{a}x} - e_{m\acute{i}n}} \quad (2)$$

onde $e_{m\acute{a}x}$ é o índice de vazios máximo que pode ser apresentado por um dado solo, $e_{m\acute{i}n}$ é o índice de vazios mínimo e e_{nat} é o índice de vazios que representa os vazios que ocorrem naturalmente em uma dada amostra.

A classificação das areias quanto à compacidade relativa é descrita por Pinto (2006), sendo as relações descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação das areias quanto a compacidade relativa.

Classificação	CR
Areia fofa	Abaixo de 0,33
Areia de compacidade média	Entre 0,33 e 0,66
Areia compacta	Acima de 0,66

Fonte: Pinto, 2006.

O estudo granulométrico do solo é um fator importante para sua caracterização, considerando que diferentes tipos de solo possuem variadas faixas granulométricas, ou seja, são constituídos por grãos em quantidades e dimensões diferentes entre si. Além disso, os solos podem considerados como bem graduados quando suas partículas possuem uma heterogeneidade de dimensões, ou mal graduados, quando possuem grãos de dimensões muito próximas.

A classificação do solo também pode ser feita de acordo com o formato dos grãos, que pode ser averiguado com microscópio. De acordo com Pinto (2006), os formatos dos grãos influenciam no comportamento mecânico dos solos por determinar o entrosamento entre as partículas, impactando na forma com que elas se comportarão quando solicitadas por forças externas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Curva granulométrica

De acordo com a Figura 1, percebe-se que a curva de distribuição dos grãos é uniforme. Sabendo que, segundo Caputo (1996), este valor diminui com o aumento da uniformidade do material e que o coeficiente de uniformidade é igual a 2, este material apresenta uniformidade média ($C_u < 5$). Além disso, ao observar a curva, identifica-se que o d_{30} do solo da areia de Ponta Negra é inferior a 1, ou seja, ainda segundo o autor

supracitado, solos bem graduados estariam com valores entre 1 e 3. Logo, este solo pode ser considerado mal graduado.

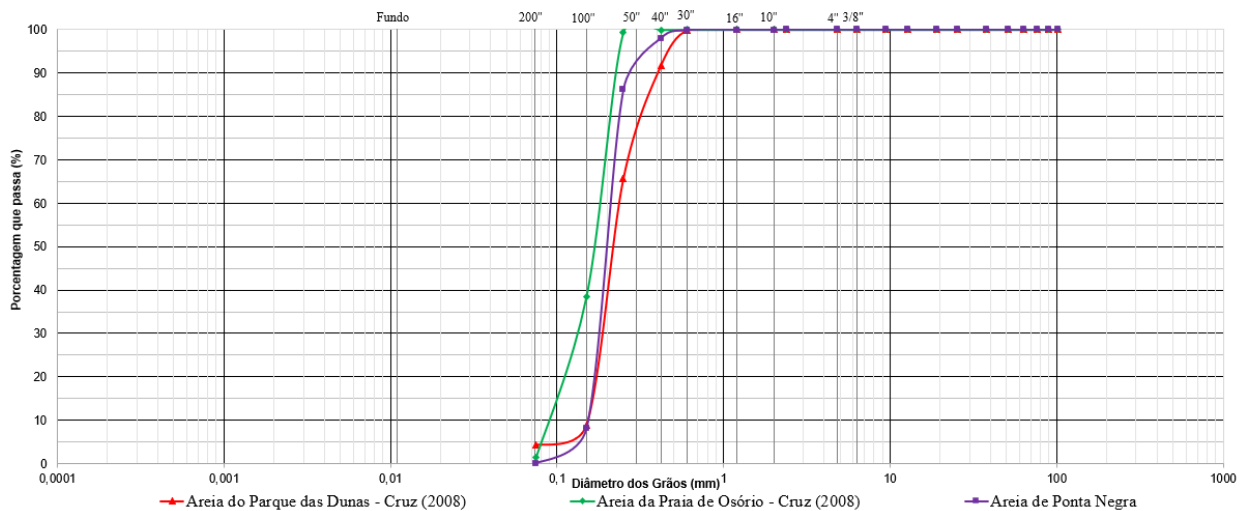


Figura 1. Curva granulométrica dos materiais.

O trabalho de Fontoura (2015) também realizou a caracterização da areia desta região e os resultados apresentaram semelhanças nas curvas granulométricas do presente estudo e de Cruz (2008). Nesta comparação, percebe-se que a curva da areia de Ponta Negra aproxima-se da aparência da curva da Praia de Osório.

3.2 Índices físicos

No tocante aos dados dos índices físicos, a Tabela 2 apresenta os resultados obtidos para a areia de Ponta Negra e para as areias do Parque das Dunas (Fontoura, 2015) e Praia de Osório (Cruz, 2008). Comparativamente, observou-se que o resultado para a massa específica dos sólidos da areia de Ponta Negra não possui grande variação relacionada aos resultados obtidos para as areias estudadas por Fontoura (2015) e Cruz (2008).

Quanto ao coeficiente de uniformidade e aos índices de vazios máximo e mínimo, foi possível notar que a areia de Ponta Negra possui maior semelhança com a areia da Praia de Osório, em detrimento da areia do Parque das Dunas.

Tabela 2. Parâmetros das areias.

Índices físicos	Parque das Dunas (Fontoura, 2015)	Praia de Osório (Cruz, 2008)	Ponta Negra (Autor, 2024)
Massa específica dos sólidos (g/cm ³)	2,62	2,65	2,67
Diâmetro máximo (mm)	0,60	0,30	0,42
Coefficiente de uniformidade	1,86	2,11	2,00
Índice de vazios máximo	0,80	0,85	0,86
Índice de vazios mínimo	0,59	0,60	0,64

O índice de compactação relativa (CR) para a areia estudada, obtido em função dos índices de vazios máximos e mínimos, resultou no valor de 0,32. Segundo a classificação para a compactação (Pinto, 2006), a areia de Ponta Negra é classificada como areia fofa, considerando que sua compactação relativa é menor que 0,33.

Ainda, segundo Pinto (2006), é possível relacionar de forma aproximada o índice de vazios máximo e mínimo com o formato dos grãos das areias. Considerando a relação proposta, a areia de Ponta Negra se aproxima de uma areia uniforme de grãos angulares. Entretanto, ressalta-se que o índice de vazios máximo para esta areia não está próximo do valor descrito por Pinto (2006), correspondente a 1,10. Essa relação

preliminar pode ser comparada com o resultado obtido posteriormente para o formato dos grãos a partir da análise microscópica.

3.3 Formato dos grãos a partir da análise microscópica

O formato dos grãos da areia de Ponta Negra, averiguado por microscópio, se configurou predominantemente como subangular, apresentando ainda configuração angular e subarredondada de forma representativa nas amostras. Esse resultado apresentou diferença em relação à correlação proposta por Pinto (2006), o que provavelmente ocorreu pelo fato de que a classificação do autor possui uma menor quantidade de subdivisões. Isto causou uma certa dificuldade no uso desta metodologia para a areia de Ponta Negra. Dessa forma, conclui-se que esta classificação preferencialmente deve ser utilizada apenas para correlações preliminares, como realizado anteriormente.

Os grãos retidos na peneira 0,42 mm para a areia de Ponta Negra foram comparados com a areia da praia de Itaipuaçu (Nunes, 2014), a qual apresentou partículas de diversos tamanhos com diâmetros máximos de 2 mm. Conforme apresentado na Figura 2, observou-se que a areia de Ponta Negra possui grãos mais angulares, enquanto a areia de Itaipuaçu possui grãos mais arredondados.

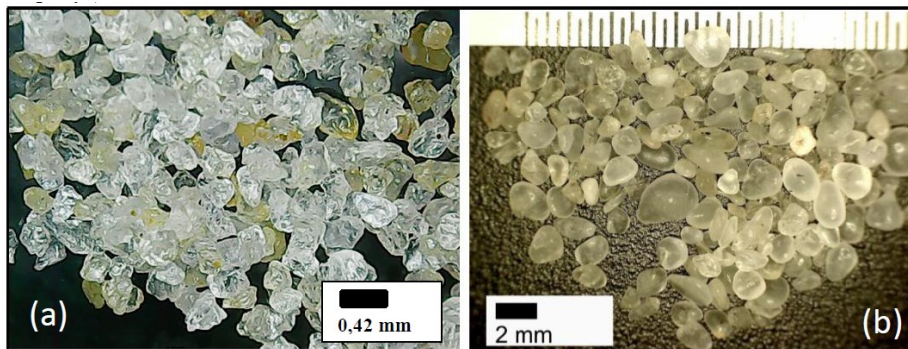


Figura 2. Comparação entre o formato das areias de (a) Ponta Negra e (b) Itaipuaçu.

A Tabela 3 apresenta as descrições relacionadas ao formato dos grãos das areias de Ponta Negra e Itaipuaçu, de acordo com os grãos retidos em cada peneira.

Tabela 3. Descrição das areias de Ponta Negra e Itaipuaçu quanto ao formato dos grãos.

Peneira de retenção	Areia de Ponta Negra	Areia de Itaipuaçu
#10 (2,00 mm)	-	Partículas bem arredondadas com presença de partículas arredondadas
#30 (0,60 mm)	Partículas subarredondadas com presença de partículas subangulares	Partículas arredondadas com presença de partículas subarredondadas
#40 (0,42 mm)	Partículas angulares com presença de partículas subangulares	Partículas subarredondadas com presença de partículas subangulares e arredondadas
#50 (0,30 mm)	Partículas subangulares	-
#100 (0,15 mm)	Partículas subangulares com presença de partículas angulares	-

De forma geral, observou-se que os grãos da areia de Ponta Negra são mais angulares do que os grãos da areia de Itaipuaçu, diferença que pode ser justificada pela energia à qual as partículas são submetidas e pela mineralogia dessas areias.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo apresentou a caracterização geotécnica da areia proveniente da praia de Ponta Negra, em Natal – RN, constituindo um dos principais pontos turísticos da cidade. Essa praia possui a problemática do avanço do mar e consequente diminuição da faixa de areia do local, impactando diretamente na vida dos comerciantes e banhistas que a frequentam.

Foi realizada a caracterização da areia de Ponta Negra por meio de ensaios laboratoriais e foi comparado com bibliografias de referência. Observou-se que a areia é majoritariamente fina e possui curva granulométrica muito uniforme, ou seja, mal graduada, com compactidade fofa e grãos com formato predominantemente subangulares. Assim, para as possíveis intervenções relacionadas ao engordamento da faixa de areia, é importante que seja utilizada areia com características semelhantes às da areia já existente na praia, apresentadas neste trabalho. A importância da compatibilização está relacionada com a redução das mudanças no processo de balanço dos sedimentos do ambiente costeiro, que pode ser maior com materiais de características diferentes.

Por fim, o trabalho poderá auxiliar na prospecção de jazidas para obras de intervenção na praia de Ponta Negra, bem como servir como base para a estudos futuros.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte pelo acolhimento e interesse nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1990) NBR 12004: *Solo - Determinação do índice de vazios máximo de solos não coesivos – Método de ensaio*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2004) NBR 10007: *Amostragem de resíduos sólidos*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2016) NBR 7181: *Solo - Análise Granulométrica*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1984) NBR 6508: *Grãos de solo que passam na peneira de 4,8 mm – Determinação da massa específica*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1991) NBR 12051: *Solo - Determinação do índice de vazios mínimo de solos não-coesivos – Método de ensaio*. Rio de Janeiro.
- Bowen A. J., Inman D. L. (1966) Budget of littoral sands in the vicinity of Point Arguello, California. *U.S. Army Coastal Engineering Research Center Tech. Memo.*, 6 p.
- Caputo, H. P. (1996) *Mecânica dos Solos e suas aplicações - Fundamentos*. 6ª ed. Editora LTC, Rio de Janeiro.
- Cruz, R. C. (2008) *Influência de parâmetros fundamentais na rigidez, resistência e dilatância de uma areia artificialmente cimentada*. Tese de Doutorado. Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 216p.
- Fontoura, T. B. (2015) *Comportamento tensão – deformação e resistência ao cisalhamento de uma areia de duna cimentada artificialmente*. Dissertação de Mestrado. Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 146p.
- Krumbein, W. C., James W. R. (1965) *A Lognormal Size Distribution Model for Estimating Stability of Beach Fill Material*. TCC de Graduação. Engenharia Civil, Northwestern Univ Evanston Ill, Washington, Dc, 117p.
- Lambe, T. W., Whitman, R. V. (1969) *Soil Mechanics*. Cambridge: Paperback, 576 p. 15
- Muehe, D. (2018) *Panorama da erosão costeira no Brasil*. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 823p.

- Nunes, V.P. (2014) *Ensaio de caracterização geotécnica da areia da praia de Itaipuaçu*. TCC de Graduação. Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 148p.
- Pinto, C. de S. (2006) *Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 Aulas*. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 367 p.
- Silva, R. V. de M. (2017) *Sensoriamento remoto e análise de conteúdo no estudo da ocupação humana, dados de precipitação e morfodinâmica costeira na praia de Ponta Negra, Natal/RN*. Dissertação de Mestrado. Ciências Climáticas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 150p.