



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA MATEMÁTICA E DA NATUREZA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DO
TEOR DE UMIDADE NA COESÃO DE AMOSTRAS DE
SEDIMENTOS ARENOSOS SOB EFEITO DA NÉVOA
SALINA DAS DUNAS DO PERÓ, CABO FRIO, RJ**

Leonardo Guerra Veiga de Oliveira

Trabalho final de curso

Orientadora: Andrea Ferreira Borges

UFRJ

2018



ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE NA COESÃO DE
AMOSTRAS DE SEDIMENTOS ARENOSOS SOB EFEITO DA NÉVOA SALINA DAS
DUNAS DO PERÓ, CABO FRIO, RJ

Leonardo Guerra Veiga de Oliveira

Orientadora: Andrea Ferreira Borges

Trabalho de conclusão de curso submetido ao departamento de graduação em
Geologia, Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Rio de Janeiro –UFRJ,
como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Geólogo.

Aprovado em ____/____/____

Por:

Presidente: Prof. Dr^a. Andrea Ferreira Borges (Orientadora)

Prof. Dr^a. Helena Polivanov

Geól. Pedro Henrique Calçada de Medeiros

Rio de Janeiro, Agosto 2018

AGRADECIMENTOS

Aos meus familiares, principalmente meus pais, avós e irmã que me apoiaram e me incentivaram durante toda essa caminhada. Devo muito a eles devido a toda educação, ensinamentos e companheirismo prestados desde sempre.

À Deus, por estar sempre comigo seja em momentos bons ou ruins e por me dar saúde para chegar onde cheguei.

À minha orientadora Andrea Borges por toda orientação, ensinamentos, ajuda, paciência e dedicação do início ao fim do projeto.

À engenheira Fátima por todo auxílio e orientação no desenvolvimento com êxito do projeto.

Aos meus amigos que me ajudaram e incentivaram nos momentos difíceis que enfrentei ao longo da graduação. Graças ao apoio deles sempre estive motivado e focado nos meus objetivos.

RESUMO

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE NA COESÃO DE AMOSTRAS DE SEDIMENTOS ARENOSOS SOB EFEITO DA NÉVOA SALINA DAS DUNAS DO PERÓ, CABO FRIO, RJ

Leonardo Guerra Veiga de Oliveira

Orientadora: Andrea Ferreira Borges

A migração de dunas é um processo natural que é determinado por uma série de parâmetros como o teor de umidade e salinidade, por exemplo. A interferência antrópica pode influenciar esses parâmetros e gerar mudanças nos padrões de migração. Este projeto tem por principal objetivo estudar a influência da variação do teor de umidade na coesão de sedimentos arenosos das dunas do Peró, Cabo Frio, Rio de Janeiro. Para isso, foram realizados ensaios de caracterização com o intuito de obter a densidade dos grãos e a curva granulométrica através do peneiramento. Os sedimentos arenosos são provenientes de locais diferentes no Peró e possuem granulometria distinta. A coesão delas foi avaliada a partir de vários ensaios de cisalhamento direto onde os corpos de prova possuíam teores de umidade variados, assim, diversos valores de tensões cisalhantes foram obtidos que, nesse caso, correspondem à coesão da amostra pois as tensões normais aplicadas foram iguais a zero. Para obter teores de umidade diferentes em cada amostra, foram adotados intervalos de evaporação distintos. Outros parâmetros também relevantes para essa análise como a porosidade, sucção osmótica, salinidade e condutividade foram obtidos. Sabe-se que em ambientes costeiros, sais trazidos pela névoa salina afetam o comportamento mecânico dos sedimentos arenosos pois há uma interferência direta na sucção osmótica. Esta depende da presença de sal dissolvido na água dos poros, quanto maior for a quantidade de sal dissolvido maior a sucção osmótica e, isso, conseqüentemente, afeta diretamente o comportamento mecânico da areia. Foi observado que as amostras com valores intermediários de umidade foram as que apresentaram maiores valores de coesão (amostra Peró 2 corpo de prova 4), em detrimento das amostras com valores mais altos ou mais baixos de umidade.

Palavras-chave: Dunas costeiras, coesão, influência do teor de umidade, cisalhamento direto

ABSTRACT

STUDY OF THE INFLUENCE OF WATER CONTENT VARIATION ON COHESION OF SAND SAMPLES UNDER EFFECT OF SALT SPRAY FROM PERÓ DUNES, CABO FRIO, RJ

Leonardo Guerra Veiga de Oliveira

Academic Advisor: Andrea Ferreira Borges

Dune migration is a natural process determined by a series of parameters such as water content and salinity, for instance. Anthropogenic interference may influence these parameters and trigger changes in the migration patterns. This current project aims to study the influence of water content variation on cohesion of saline sand samples from Però Dunes, Cabo Frio, RJ. In order to do that, experiments were run to determine grain density and grain size, the latter by sieving. The samples came from two different locations at Però Dunes and they have distinct grain sizes. Their cohesion were evaluated through many direct shear tests and the samples had different water contents therefore various shear strength values were measured. In this particular case, shear strength equals cohesion values since the normal tension during the experiment is zero. Specific evaporation intervals were applied in order to obtain different water content values in each sample. Other important parameters for this analyses such as porosity, osmotic suction, salinity and conductivity were also obtained. We all know that in coastal environments the salt spray may significantly affect the mechanical behavior of sand since there is a direct interference in osmotic suction values. Osmotic suction corresponds to the presence of dissolved salt into pore water and the higher the amount of dissolved salt, the higher osmotic suction values we have. Consequently, it directly affects the mechanical behavior of sand. It has been

observed that the samples with intermediate water content values were those with higher cohesion values (samples Pero 12 C.P.4).

Key words: Coastal dunes, cohesion, water content influence, direct shear

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Construções sendo soterradas pelas dunas (Revista Cidade, 2017).....	10
Figura 2. Localização do município de Cabo Frio no estado do Rio de Janeiro (Google 2018).....	12
Figura 3. Localização do campo de dunas do Però em imagem de satélite (Google Earth, agosto 2018).....	12
Figura 4. Mapa tectônico destacando os Terrenos Oriental e Cabo Frio (Schmitt et al. 2016).....	14
Figura 5. Mapa geológico mais detalhado da região em questão (Schmitt et al. 2016).....	15
Figura 6. Processo de migração de uma duna, mostrando face de erosão e de avalanche (Para Entender a Terra, 4ª edição).....	17
Figura 7. Classificação de dunas em função de três variáveis semiquantitativas (Suguio, 2003).....	18
Figura 8. Área de Proteção Ambiental do Pau Brasil (Mansur, 2010).....	19
Figura 9. Empreendimento a ser construído em meio ao campo dunar. A área delimitada já foi licenciada pelo INEA (Mansur e Carvalho, 2011).....	20
Figura 9.1. Localização das amostras.....	21
Figura 10. Determinação da densidade dos grãos (Pinto, 2006).....	23
Figura 11. Equipamento Pavitest cisalhamento utilizado (foto do autor).....	25
Figura 12. Gráfico de tensão cisalhante X deslocamento tipicamente obtido (Pinto, 2006).....	26
Figura 13. Però 2 C.P.2 e deslocamento horizontal associado (foto do autor).....	26
Figura 14. Però 2 C.P.2 logo após o ensaio. Podemos ver claramente a rugosidade da superfície de ruptura, de onde foi retirada amostra para obtenção do teor de umidade (foto do autor).....	27
Figura 15. Curva granulométrica da amostra Però-12.....	28
Figura 16. Curva granulométrica da amostra Però-2.....	29
Figura 17. Gráfico 2D com a distribuição de areia fina, média e grossa para Però-12.....	29
Figura 18. Gráfico 2D com a distribuição de areia fina e média para Però-2.....	30
Figura 19. Tensão cisalhante versus deslocamento horizontal para Però-12.....	32
Figura 20. Tensão cisalhante versus deslocamento horizontal para Però-2.....	32
Figura 21. Tensão cisalhante versus teor de umidade Però-12.....	33
Figura 22. Tensão cisalhante versus teor de umidade para Però-2.....	34
Figura 23. Potencial osmótico versus tensão cisalhante para Però-12.....	37
Figura 24. Potencial osmótico versus tensão cisalhante para Però-2.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. <i>Massa específica dos grãos.....</i>	30
Tabela 2. <i>Valores de condutividade e salinidade para as amostras estudadas.....</i>	31
Tabela 3. <i>Valores de porosidade, umidade e tensão cisalhante obtidos para Perú-12.....</i>	34
Tabela 4. <i>Valores de porosidade, umidade e tensão cisalhante obtidos para Perú-2.....</i>	35
Tabela 5. <i>Valores de porosidade, umidade, tensão cisalhante, potencial osmótico e salinidade para Perú-12.....</i>	36
Tabela 6. <i>Valores de porosidade, umidade, tensão cisalhante, potencial osmótico e salinidade para Perú-2.....</i>	36

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. OBJETIVOS.....	10
3. ÁREA DE ESTUDO.....	11
3.1. Localização.....	11
3.2. Contexto geológico-regional.....	12
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
4.1. Dunas Costeiras.....	15
4.2. Dunas do Perú.....	18
5. METODOLOGIA.....	20
6. ENSAIOS.....	22
6.1. Caracterização-granulometria.....	22
6.2. Densidade dos grãos.....	22
6.3. Condutividade e Salinidade.....	23
6.4. Cisalhamento direto.....	24
7. RESULTADOS.....	28
7.1. Granulometria.....	28
7.2. Massa específica dos grãos.....	30
7.3. Condutividade e Salinidade.....	30
7.4. Cisalhamento direto.....	31
8. CONCLUSÕES.....	38
9. BIBLIOGRAFIA.....	39

1. INTRODUÇÃO

As dunas são feições formadas por processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos pelo vento e formam-se somente em lugares onde há um suprimento de areia solta disponível: praias arenosas ao longo da costa, depósitos arenosos de barras ou de planície de inundação em vales fluviais, etc. O vento não pode coletar facilmente materiais úmidos, dessa forma, a maioria das dunas é encontrada em climas secos. Segundo Suguio (2003), a formação das dunas depende de vários fatores, como a eficácia do vento, tipo e suprimento de areia e natureza e densidade da cobertura vegetal. A maneira com que esses fatores se relacionam entre si define as formas que as dunas assumem.

Sabemos que as dunas apresentam um processo natural de migração. No entanto, a ação antrópica através da remoção de vegetação, construções urbanas inadequadas e mudanças nos padrões climáticos vem alterando a natureza desse processo, causando desastres ambientais. Esses desastres muitas vezes ocorrem pela necessidade de crescimento e desenvolvimento das cidades. Oliveira Filho (2011) já afirma que no litoral do estado do Rio de Janeiro, atividades econômicas tem se desenvolvido e a busca por ambientes propícios para o turismo, construção de portos, exploração de petróleo tem aumentado. Na figura 1 abaixo podemos observar construções sendo soterradas pela avanço das dunas do Peró, Cabo Frio, RJ.



Figura 2. Construções sendo soterradas pelas dunas (Revista Cidade, 2017)

Sabe-se que o teor de umidade da areia, bem como os sais trazidos pela névoa salina possuem papel importante no que diz respeito a coesão da areia e, conseqüentemente, estão relacionados ao processo natural de migração dunar. A coesão aparente está relacionada ao teor de umidade e a presença de sais dissolvidos e corresponde a uma parcela da resistência ao cisalhamento em solos úmidos, não saturados. Com a saturação do solo, a parcela da resistência desaparece e, por isso, chama-se aparente (Pinto, 2006)

2. OBJETIVOS

O projeto tem por objetivo principal estudar como a coesão de sedimentos arenosos de diferentes granulometrias das dunas do Perú se comporta com a variação do teor de umidade das amostras. Para atingir tal objetivo foi necessário realizar a caracterização das amostras, medindo a densidade real dos grãos e obtendo suas respectivas curvas granulométricas. Após a realização de diversos ensaios de cisalhamento direto que visavam medir a tensão cisalhante de cada corpo de prova, pretende-se comparar os resultados e avaliar como os diferentes teores de umidade influenciam na coesão. Além disso, busca-se obter outros parâmetros também

importantes para essa análise como a condutividade, salinidade, porosidade e sucção osmótica.

Dessa forma, uma vez de posse dos resultados pretende-se criar tabelas e gráficos para que os resultados possam ser melhor comparados e avaliados.

3. ÁREA DE ESTUDO

3.1 Localização

As dunas do Perú estão localizadas no município de Cabo Frio, Região dos Lagos do estado do Rio de Janeiro. O Campo de Dunas do Perú possui uma extensão em torno de 3 km no sentido N-S, e largura aproximada de 1 km no sentido E-W, apresentando área de, aproximadamente, 2,3 km² (CPRM, 2012; Ramos *et al.*, 2003).

A cidade de Cabo Frio, com área estimada em aproximadamente 400,000 km², se consolidou como um influente polo turístico e é considerada a maior economia da Região dos Lagos. A ocupação humana das terras onde viria se estabelecer a cidade de Cabo Frio teve início há mais ou menos seis mil anos, quando um pequeno bando nômade de famílias chegou em canoas pelo mar e acampou no Morro dos Índios. Atualmente, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a cidade conta com uma população estimada em 216,030 habitantes. De acordo com censo demográfico de 2010, a população era de 186,227 habitantes. Certamente esse considerável crescimento corroborou para os impactos ambientais observados na região. As figuras 2 e 3 mostram a localização de Cabo Frio e do campo de dunas do Perú.

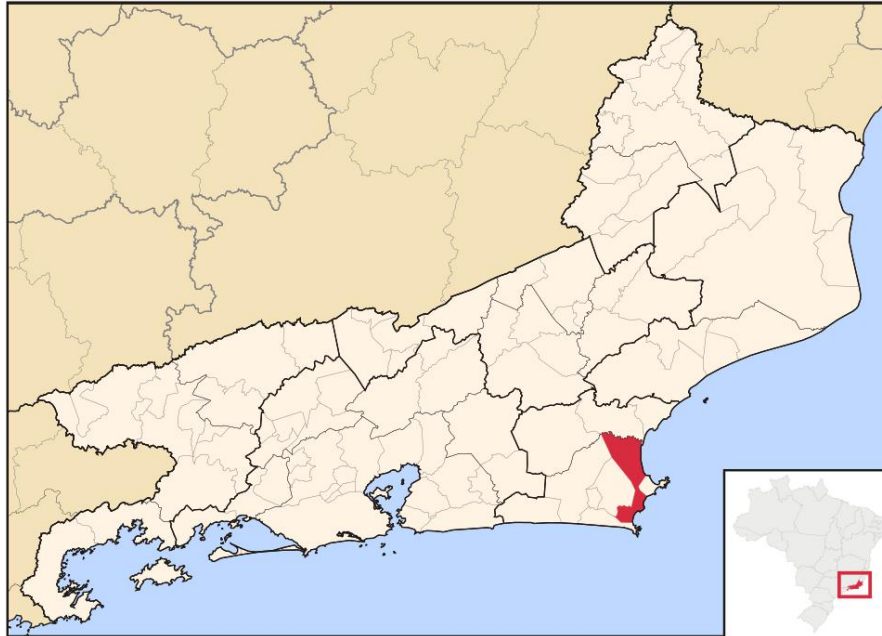


Figura 2. Localização do município de Cabo Frio no estado do Rio de Janeiro (Google 2018)



Figura 3. Localização do campo de dunas do Però em imagem de satélite (Google Earth, agosto 2018)

3.2 Contexto geológico-regional

A região de Cabo Frio está inserida na porção central da Faixa Ribeira, borda sudeste do Cráton do São Francisco. A Faixa Ribeira juntamente com a Faixa

Araçuaí, Dom Feliciano e Porongos/São Gabriel formam o Sistema Mantiqueira, originado durante o Ciclo Brasileiro. Segundo Hasui (2012) o Ciclo Brasileiro é dividido em 3 pulsos, tendo o primeiro se iniciado há 1Ga. Heilbron e Machado (2003) definiram a parte central da Faixa Ribeira, localizada na região SE do Brasil, como sendo constituída por 4 domínios tectônicos orientados em uma seção NW-SE, em direção ao Cráton do São Francisco.

O primeiro domínio é o Terreno Ocidental, constituído basicamente por rochas do embasamento pré-cambriano do Cráton do São Francisco e metassedimentos de margem passiva deformados de idade meso-neoproterozóica. O segundo domínio é a Klippe Paraíba do Sul, que corresponde a uma lasca tectônica neoproterozóica de granulitos que se sobrepõem ao Terreno Ocidental. O terceiro domínio é o Terreno Oriental, composto por intrusões magmáticas e sucessões vulcano-sedimentares de idade Neoproterozóica. O quarto domínio corresponde ao Terreno Cabo Frio, que se sobrepõe ao Terreno Oriental, e é composto por rochas do embasamento Paleoproterozóico e sucessões vulcano-sedimentares de alto grau (Grupo Búzios-Palmital)

Os três primeiros terrenos foram amalgamados entre 605 e 580 Ma, enquanto o Terreno Cabo Frio, onde as dunas do Perú estão inseridas, só foi acoplado ao orógeno no Cambriano (Schimitt *et al.*, 2016; Tupinambá *et al.*, 2007; Heilbron *et al.*, 2000; Trouw *et al.*, 2000; Heilbron & Machado, 2003; Moraes, 2009).

Uma zona de falhas normais orientadas NE-SW, com mergulho de 35° para SE, limita o Terreno Cabo Frio ao Terreno Oriental.

As rochas supracrustais do Grupo Búzios-Palmital foram formadas do Neoproterozóico ao início do Cambriano. A figura 4 mostra em mais detalhe o mapa tectônico da região.

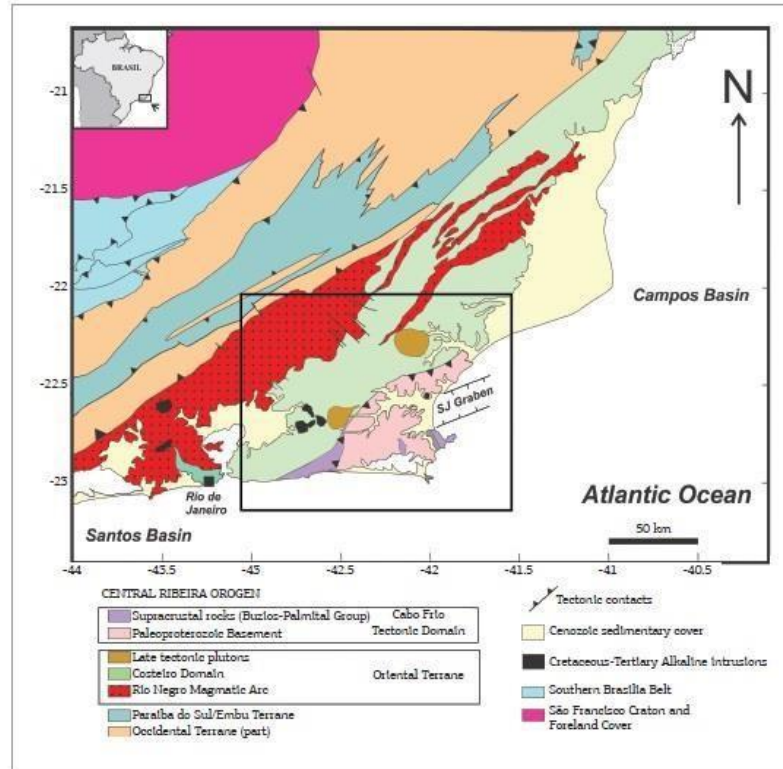


Figura 4. Mapa tectônico destacando os Terrenos Oriental e Cabo Frio (Schmitt et al 2016)

Posteriormente na Faixa Ribeira houve a ocorrência de um novo evento colisional, denominado por Schmitt *et al.*, 2004 como Orogenia Búzios, esse evento ocorreu no período entre 520-490 Ma e é considerado o mais jovem identificado na Faixa Ribeira. Provavelmente representa um dos eventos orogênicos responsáveis pela formação do Gondwana.

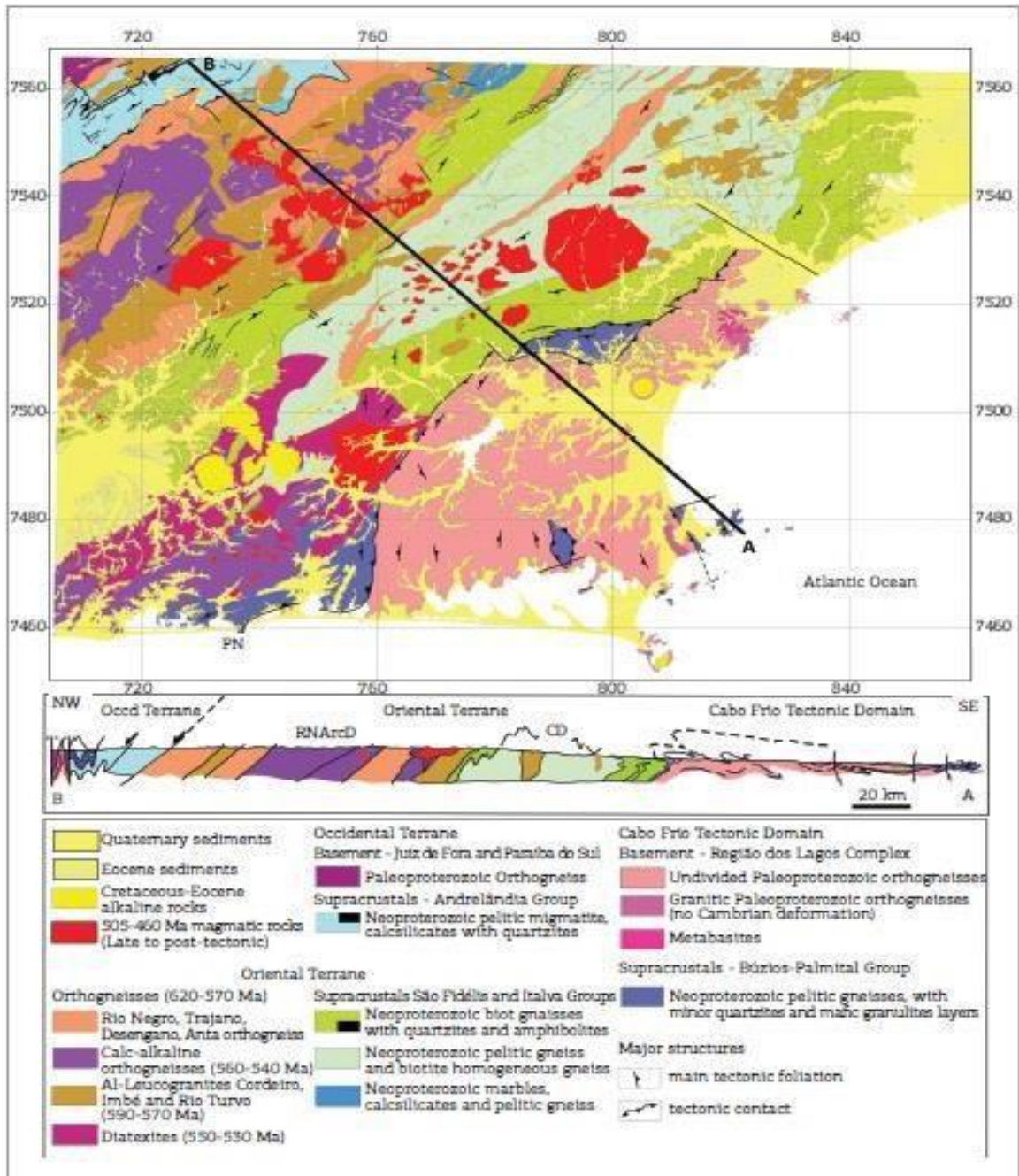


Figura 5. Mapa geológico mais detalhado da região em questão (Schmitt et al. 2016)

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Dunas Costeiras

A formação de dunas e suas respectivas formas dependem da combinação de vários fatores, como a eficácia do vento, tipo e suprimento de areia e natureza e densidade da cobertura vegetal (Suguio, 2003). Quando as acumulações de areias eólicas estendem-se por 10^3 a 10^6 km², têm-se os mares de areia ou “*ergs*” (Lancaster, 1988). A aplicação campo de dunas seria aplicável a acumulações menos extensas chegando, no máximo a algumas centenas de quilômetros quadrados (Glennie, 1970). A definição de campo de dunas parece-se ser a mais apropriada para a extensão de dunas do Perú.

O vento move a areia deslizando-a e rolando-a ao longo da superfície e causando a saltação, um movimento em saltos no qual temporariamente os grãos ficam suspensos numa corrente de água ou ar. O impacto da queda dos grãos, em meio aéreo, induz pulos cada vez mais altos em outros grãos, à medida que eles se chocam na superfície. À medida que os grãos saltitantes impactam o leito arenoso, eles podem empurrar para frente grãos muito grandes para serem lançados ao ar, levando a camada a rastejar na direção do vento. Quando o vento move a areia ao longo do leito, produz ondulações e dunas. As ondulações na areia formam-se em ângulo reto em relação a corrente. À medida que a velocidade do vento aumenta, as ondulações tornam-se maiores. Com areia e vento suficientes, qualquer obstáculo pode iniciar uma duna. As linhas da corrente de vento separam-se contornando o obstáculo e voltam a se reunir, criando uma sombra de vento a jusante do objeto. A continuidade desse processo forma montes de areia e esse próprio monte de areia pode ser tornar um obstáculo. Dessa forma, se houver areia e vento suficientes esse monte aumenta, tornando-se uma duna.

À medida que uma duna se desenvolve, toda ela começa a migrar na direção do vento através da saltação dos grãos de areia até o topo do lado menos inclinado da duna, que recebe o vento, e então caem o lado mais inclinado. Esses grãos, conseqüentemente, formam um acumulação íngreme e instável no lado a sotavento da duna que periodicamente cede e desliza formando a face de avalanche da duna. A figura 6 demonstra como esse processo ocorre na prática.

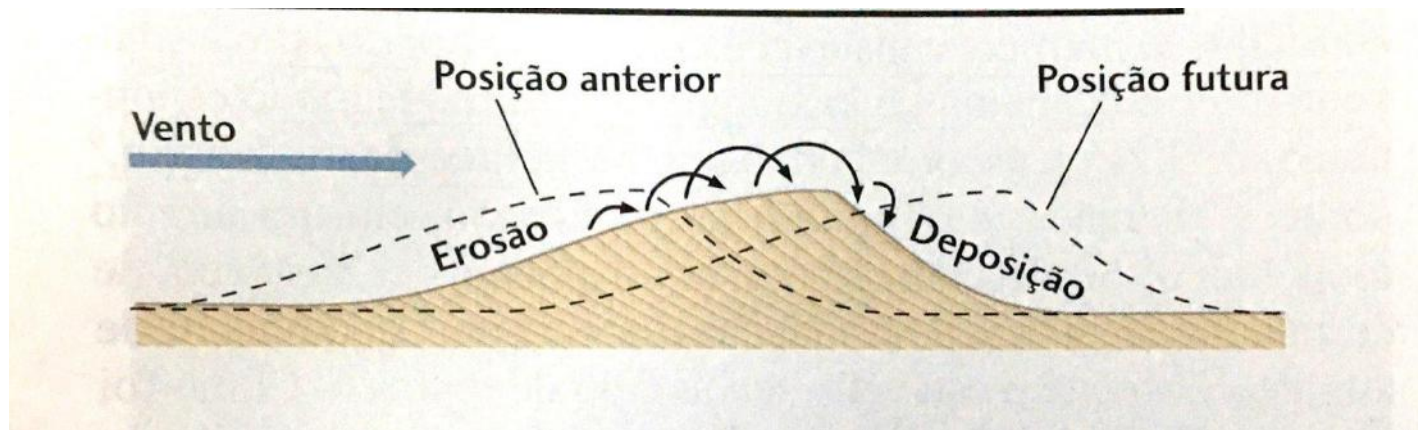


Figure 6. Processo de migração de uma duna, mostrando face de erosão e de avalanche (Para Entender a Terra, 4ª edição)

Os Geólogos definem alguns tipos principais de dunas como as Barcanas, Transversais, Longitudinais e Parabólicas. Cada tipo desse de duna necessita de uma condição e combinação determinada de fatores. A figura 7 abaixo corresponde a um diagrama que detalha a formação de dunas sob a ótica de três variáveis semiquantitativas: eficácia do vento, cobertura vegetal e suprimento de areia.

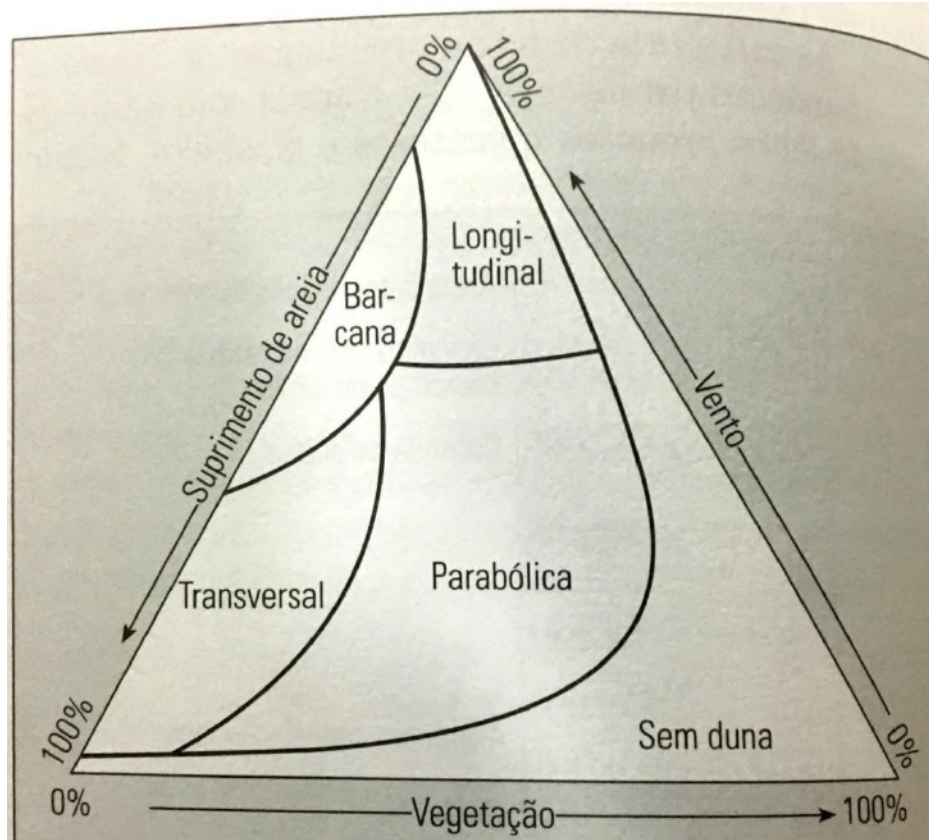


Figura 7. Classificação de dunas em função de três variáveis semiquantitativas (Suguio, 2003)

4.2 Dunas do Perú

Com relação a geologia, Castro (2002) afirma que gnaisses, anfíbolitos e diabásios que afloram em áreas adjacentes dão origem aos sedimentos que constituem o campo de dunas do Perú. Esse material é predominantemente composto de quartzo e mais restritamente de ilmenita, zircão, granada e hornblenda.

A região apresenta algumas características peculiares no que diz respeito a geomorfologia, clima e ecologia, o que corrobora para a formação de um padrão dunar característico da região com a presença de *climbing dunes* por exemplo.

O clima da área é mais seco que o restante do litoral fluminense, relacionado à presença de uma ressurgência costeira local, na qual as águas frias e ricas em nutrientes afloram na plataforma continental.

De acordo com o relatório do plano de manejo da APA Pau Brasil, (utilizando as informações da estação meteorológica Cabo Frio), em média 65% dos ventos no período de 1970 a 1987 vem do quadrante N-NE-E, sendo que 40% do total dos ventos são provenientes da direção NE. Esses padrões de ventos resultam no desenvolvimento do campo de dunas.

A região denominada de Costa do Sol, vem sofrendo com o aumento da ocupação populacional. Devido ao fato do turismo ter crescido muito e de forma um tanto quanto desorganizada, se tornou necessário a tomada de algumas medidas preventivas para garantir a integridade do local e garantir um suporte econômico do turismo para o futuro (Mansur, 2010). Dessa forma, foi criada a Área de Proteção Ambiental do Pau Brasil, cujos limites estão evidentes na figura 8 abaixo.

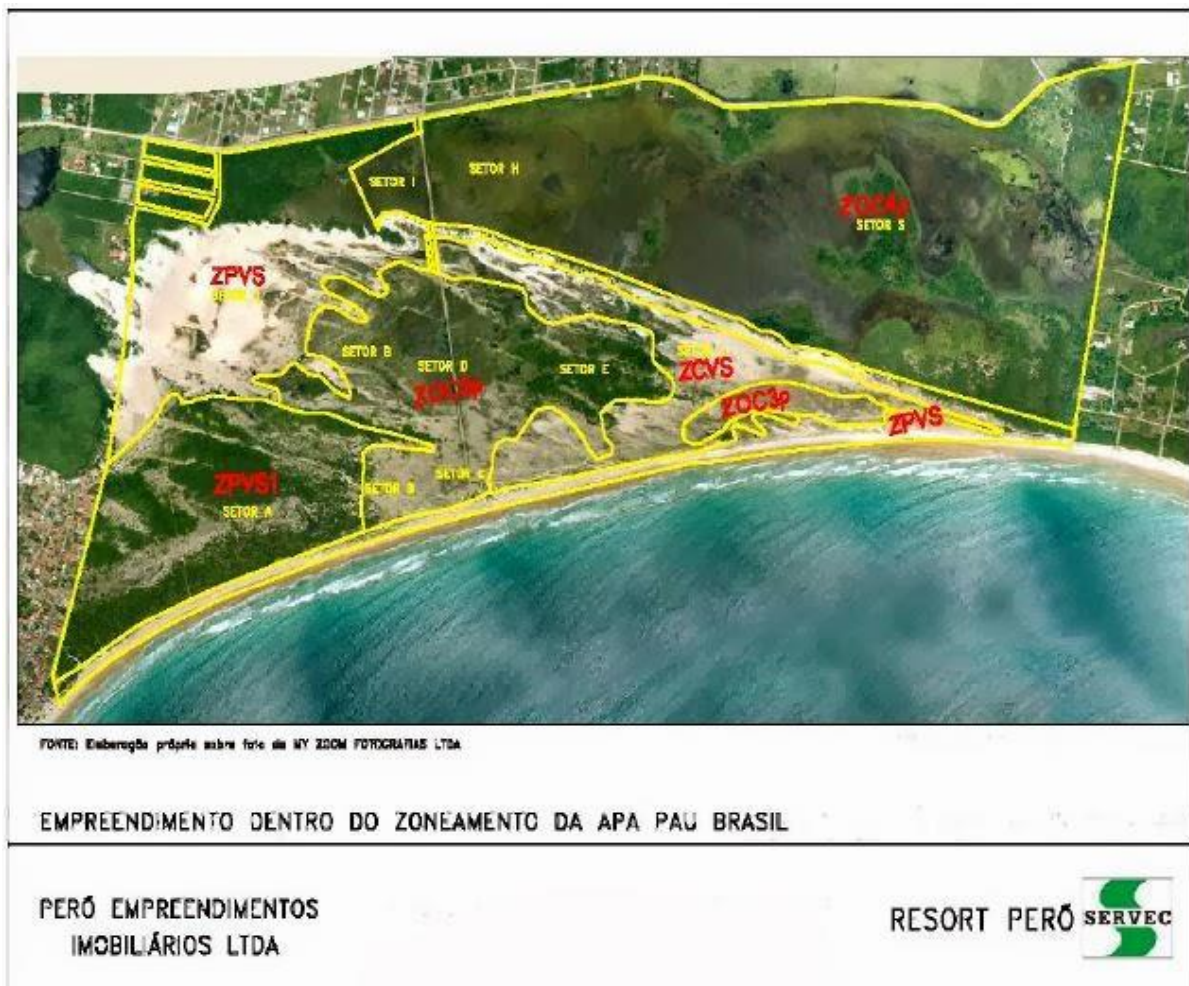


Figura 8. Área de Proteção Ambiental do Pau Brasil (Mansur, 2010)

Apesar da APA do Pau Brasil, desde o ano de 2006, está sendo discutida no estado do Rio de Janeiro a construção de uma rede hoteleira na região em questão. O projeto recebeu um aval preliminar do INEA (Instituto Estadual do Ambiente), contemplando zonas comerciais, casas noturnas, áreas de recreação e aproximadamente 1000 casas (Mansur e Carvalho, 2011), como pode ser visto na figura 9 abaixo. As obras foram paralisadas por ordem do Ministério Público Federal.



Figura 9. Empreendimento a ser construído em meio ao campo dunar. A área delimitada já foi licenciada pelo INEA (Mansur e Carvalho, 2011).

5. METODOLOGIA

O projeto foi realizado em duas etapas: gabinete e laboratório. A etapa de gabinete consistiu no levantamento e leitura de livros, relatórios, monografias e teses a respeito da região estudada para que sejam obtidas informações geológicas e úteis ao trabalho. A etapa de laboratório consistiu na realização de ensaios que seguiram os padrões da Associação Brasileira de Normas Técnicas. Foi realizado ensaio de

caracterização para determinar a densidade e granulometria das amostras de areia utilizadas (Peró 2- 24k 192439E 7470080N, Peró 12- 24k 192921E 7470108N e Peró 1- 24k 192811E 7470221N). As amostras, figura 9.1, foram coletadas anteriormente para os trabalhos de Machado (2010), Medeiros (2015), Medeiros (2018) e Silva (2017). A identificação foi mantida para permitir a integração com os dados desse projeto. Além disso, foram realizados uma série de ensaios de cisalhamento direto a fim de obter as diferentes tensões cisalhantes que cada amostra com teor de umidade diferente apresentou. Para isso, as amostras de areia foram preparadas na caixa de cisalhamento direto e cada uma delas passou por um período de evaporação diferente com o intuito de obter teores de umidade variados. Também foi realizado experimento para medir a condutividade das amostras. Foram obtidos parâmetros como porosidade, salinidade e sucção osmótica afim de entender melhor a coesão dos sedimentos arenosos para que, ao final, com a construção de gráficos e tabelas possamos chegar a uma conclusão.



Figura 9.1. Localização das amostras.

6. ENSAIOS

6.1 Caracterização-Granulometria

Como o material é composto por grãos de diferentes tamanhos, se faz necessária a realização do ensaio de caracterização granulométrica (NBR 7181, ABNT, 1984b) para determinar a fração predominante. As amostras Però-2 e Però-12 foram lavadas com água destilada e depois de secas foi preparado um conjunto de peneiras números 20, 30, 40, 60, 100 e 200 para o peneiramento fino. Esse conjunto de peneiras foi colocado num agitador e lá permaneceu por 15 minutos. Após esse procedimento, foi verificada a quantidade de material retido em cada peneira e o valor foi anotado para posterior construção de suas respectivas curvas granulométricas.

6.2 Densidade dos grãos

A densidade dos grãos é obtida através da relação que mostra a fórmula abaixo:

$$G = W_s/V_s \quad (1)$$

Onde,

W_s = peso dos sólidos

V_s = volume dos sólidos

Para obter o peso dos sólidos W_s é necessário o auxílio de uma balança. Já para obter o volume dos sólidos V_s são realizadas algumas medidas em conjunto. É preciso do peso da amostra de solo seco, peso do picnômetro preenchido com água destilada e peso do picnômetro com água destilada mais amostra de solo, NBR 6508 (ABNT, 1984a). Somando a massa do picnômetro cheio de água com o peso dos sólidos e subtraindo da massa do picnômetro cheio de água e com os sólidos temos a massa de água M_w deslocada, como mostra a figura 10.

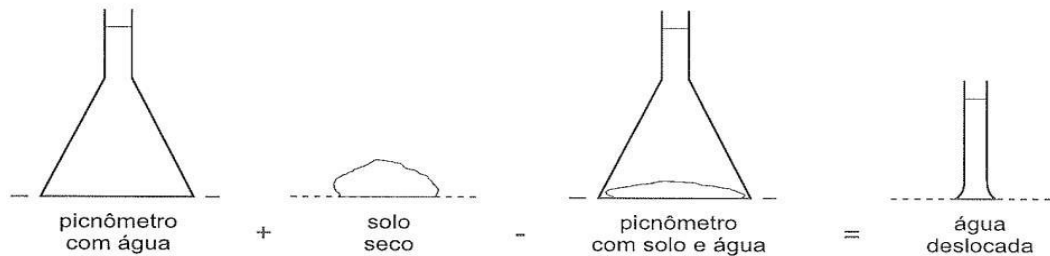


Figura 10. Determinação da densidade dos grãos (Pinto, 2006)

A razão entre essa massa M_w e a massa específica da água na temperatura do sistema corresponde ao volume ocupado pelas partículas sólidas. O volume de solo utilizado é igual ao volume de água deslocado calculado pela razão entre a massa da água deslocado (M_w) e sua massa específica na temperatura do sistema, como seguem as equações a seguir:

$$V_s = V_w' \quad (2)$$

$$V_w' = M_w' / \rho_{wT} \quad (3)$$

Onde,

V_s = volume do solo

V_w' = volume da água deslocada

M_w' = massa da água deslocada

ρ_{wT} = massa específica da água na temperatura do sistema ensaiado

6.3 Condutividade e Salinidade

Pode ser definida como a capacidade que um material possui em transmitir ou conduzir corrente elétrica. Nesse projeto foi colocada uma massa de areia de cada amostra (Peró 1, Peró 2 e Peró 12) dentro de beckeres separados e cada amostra foi misturada individualmente com água destilada para dissolução dos sais. As amostras foram agitadas e deixadas em repouso para que a dissolução fosse completa e para estabilização da temperatura. Foi determinado o tempo mínimo de 24 horas, que é muito maior que o tempo necessário para a dissolução nessas condições, de acordo

com Wagner (1948). Assim, a condutividade de cada amostra foi facilmente medida através da utilização de um condutímetro de bancada.

Nesse projeto a salinidade foi medida em função da condutividade. Sabe-se que para obtenção da salinidade a partir da condutividade medida em laboratório, a equação formal utilizada é a da salinidade prática. No entanto, como os valores de salinidade medidos estavam fora do intervalo necessário para usar essa equação, foi utilizada a expressão obtida por Medeiros (2018) para salinidades mais baixas, que segue abaixo:

$$S = 0,000732 \times C \quad (4)$$

onde:

S é a salinidade da solução em g de sal / kg de água

C é a condutividade em microS/cm

6.4 Cisalhamento direto

A resistência ao cisalhamento de um solo define-se como a máxima tensão de cisalhamento que o solo suporta sem sofrer ruptura (Pinto, 2006). Essa resistência pode ser obtida através de ensaios de compressão triaxial ou ensaios de cisalhamento direto. O ensaio de cisalhamento direto é mais rápido e prático e por atender melhor o objetivo do projeto, no qual se pretende medir a resistência em um plano paralelo à superfície da amostra, e devido à facilidade de preparo das amostras, ele foi o utilizado.

O equipamento utilizado foi o Pavitest cisalhamento do Laboratório de Solos do setor de Geologia de Engenharia e Ambiental da UFRJ, mostrado na figura 11.

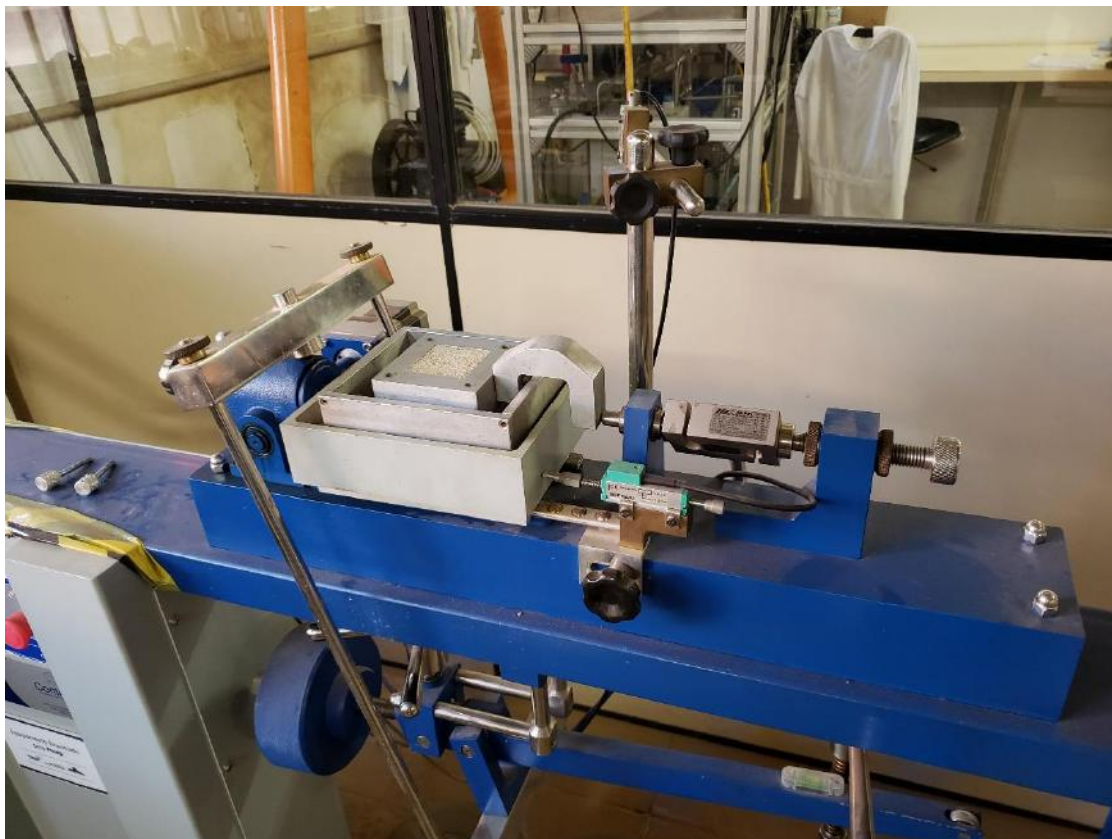


Figura 11. *Equipamento Pavitest cisalhamento utilizado (foto do autor)*

O ensaio consiste em dispor o corpo de prova dentro de uma caixa bipartida e aplicar uma tensão normal na parte superior e uma tensão horizontal cisalhante gerando, assim, deslocamento da parte superior em relação a inferior. O *software* Pavitest cisalhamento diretamente conectado ao equipamento registra a tensão cisalhante em função do deslocamento. O *software* também gera um gráfico de tensão cisalhante x deslocamento horizontal, figura 12. No entanto, como o objetivo do projeto é avaliar a relação entre coesão e teor de umidade, cada corpo de prova foi previamente saturado e submetido a períodos de evaporação diferentes a fim de obter teores de umidade variados para cada corpo de prova. A preparação consistiu em deixar cair areia gradativamente, de uma altura constante de aproximadamente 1cm da superfície, procurando obter corpos de prova com porosidades semelhantes. Posteriormente, a superfície foi rasada para preencher exatamente o volume da caixa e o corpo de prova foi saturado lentamente com água destilada com o uso de um pissete. Ao final, a superfície foi regularizada novamente. Sendo assim, cada amostra de Perú 2 e Perú

12 possuem 5 corpos de prova cada e são denominados da seguinte forma: Però 2 C.P.1, Però 12 C.P.1, Però 2 C.P.2, Però 12 C.P.2 e assim por diante (figura 13). Dessa forma, para cada corpo de prova foi obtido um valor de tensão cisalhante e um teor de umidade específicos.

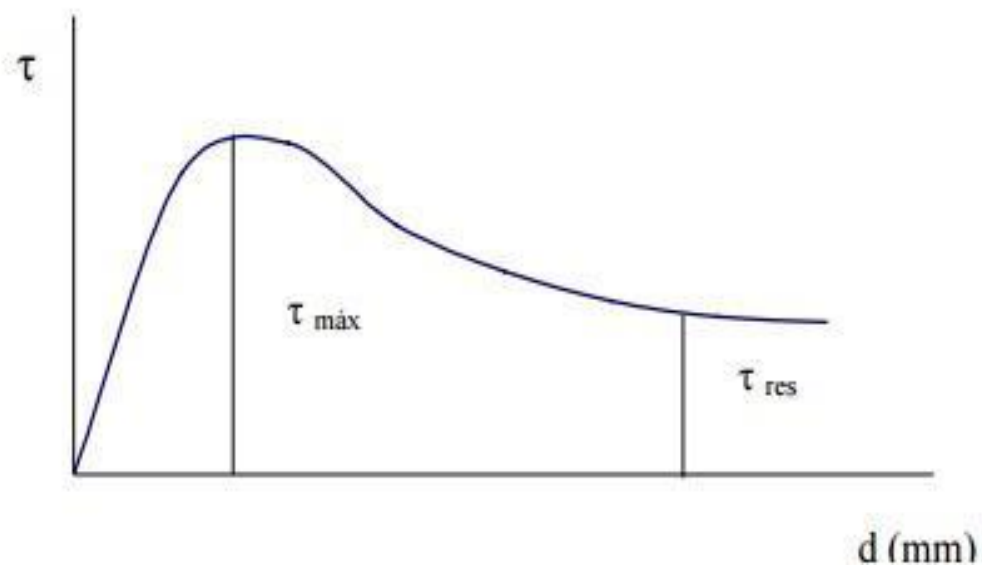


Figura 12. Gráfico de tensão cisalhante X deslocamento tipicamente obtido (Pinto, 2006).



Figura 13. Però 2 C.P.2 e deslocamento horizontal associado (foto do autor)

A porosidade de cada corpo de prova foi calculada segundo a equação 5 abaixo:

$$n = 1 - M_s / \rho_s V_t \quad (5)$$

onde:

n é a porosidade

M_s é a massa dos sólidos

ρ_s é a massa específica dos sólidos

V_t é o volume total da caixa

Esse projeto não tinha como objetivo obter a envoltória de Mohr-Coulomb. Portanto, as tensões normais não sofreram variação em cada ensaio e têm valor próximo de zero, sendo resultante apenas da camada de sedimento de 3cm acima da superfície de ruptura. Então, devido ao fato da tensão normal ser considerado desprezível, o valor da coesão será igual ao da tensão cisalhante na ruptura obtida em cada ensaio. A coesão aparente representa uma parcela da resistência ao cisalhamento e está diretamente associada ao teor de umidade e a sucção osmótica.

Logo após cada ensaio de cisalhamento direto foi retirada uma amostra de areia da superfície de ruptura de cada corpo de prova. Essas amostras de areia foram levadas para a estufa com o objetivo de obter o teor de umidade de cada corpo de prova durante o ensaio, como mostra a figura 14 abaixo.



Figura 14. *Peró 2 C.P.2 logo após o ensaio. Podemos ver claramente a rugosidade da superfície de ruptura, de onde foi retirada amostra para obtenção do teor de umidade (foto do autor).*

7. RESULTADOS

7.1 Granulometria

O resultado da caracterização granulométrica das amostras Però-2 e Però-12 podem ser observados nas figuras 15 e 16 a seguir com suas respectivas curvas granulométricas.

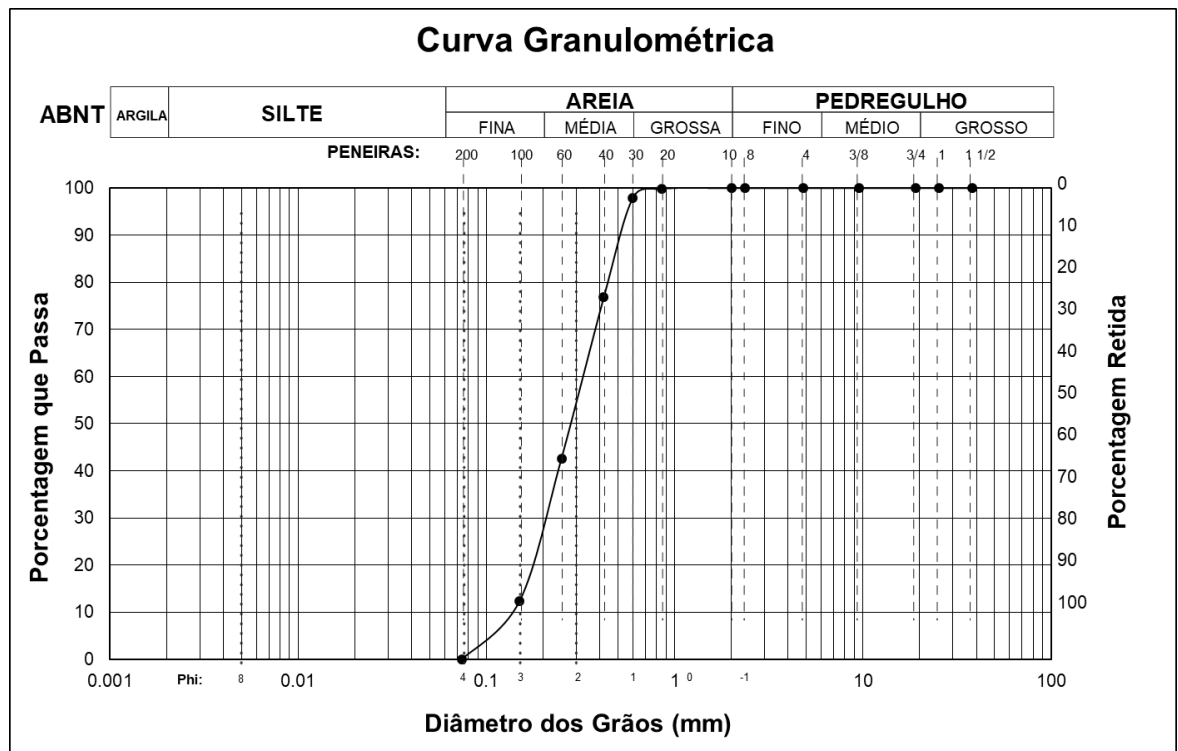


Figura 15. Curva granulométrica da amostra Però-12

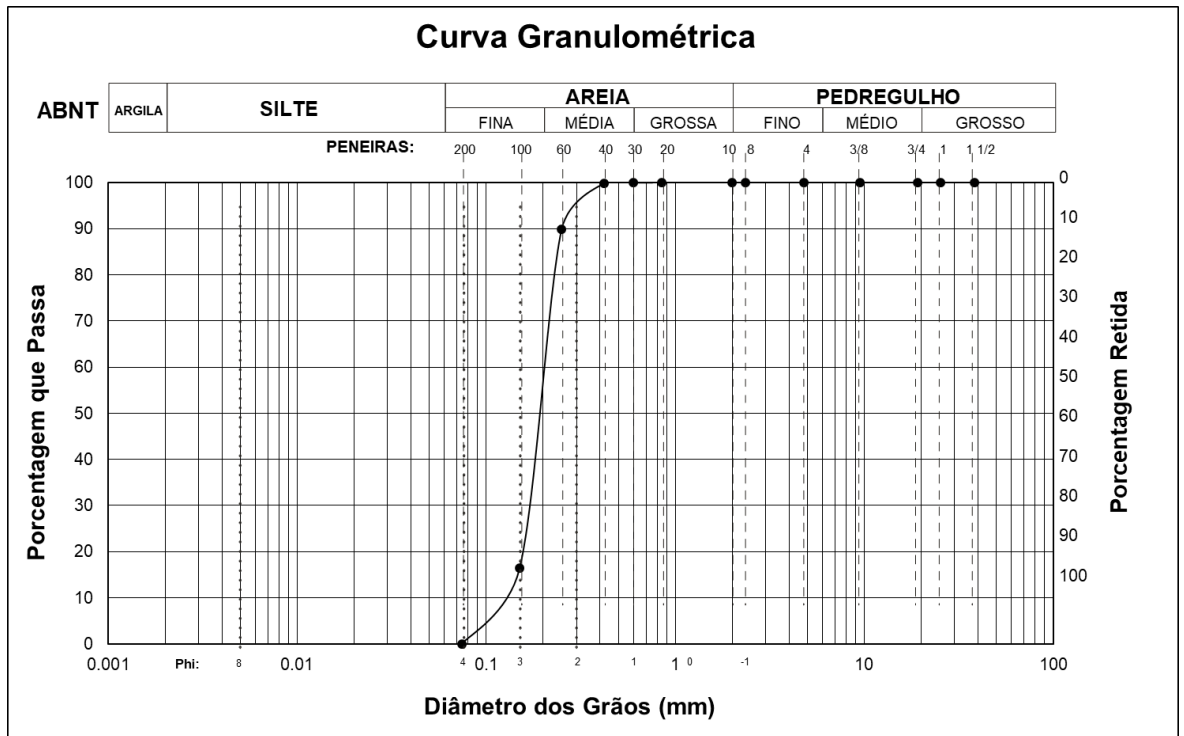


Figura 16. Curva granulométrica da amostra Peró-2

Para melhor compreensão, segue abaixo nas figuras 17 e 18 os gráficos com os mesmos resultados exibidos acima.

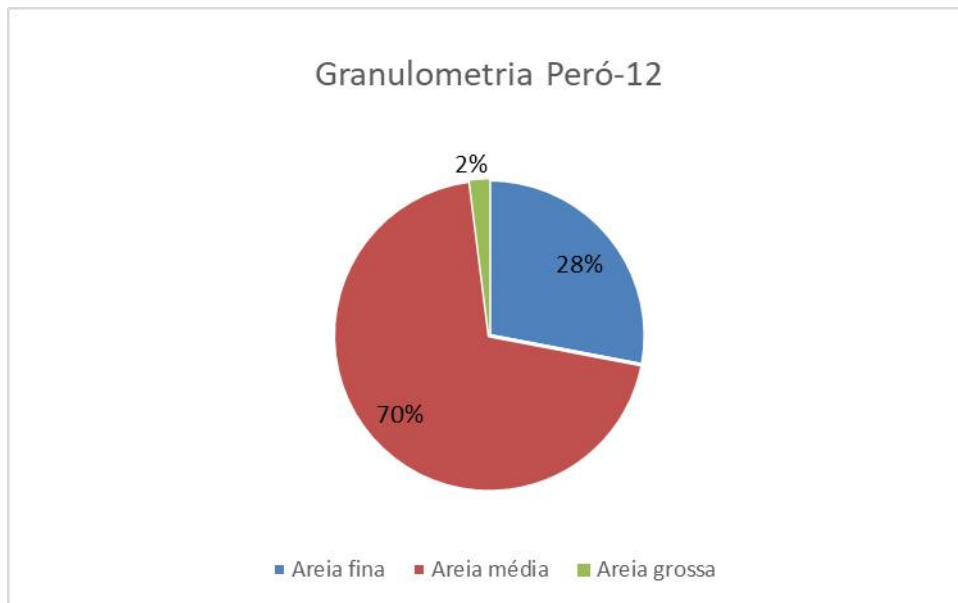


Figura 17. Gráfico 2D com a distribuição de areia fina, média e grossa para Peró-12

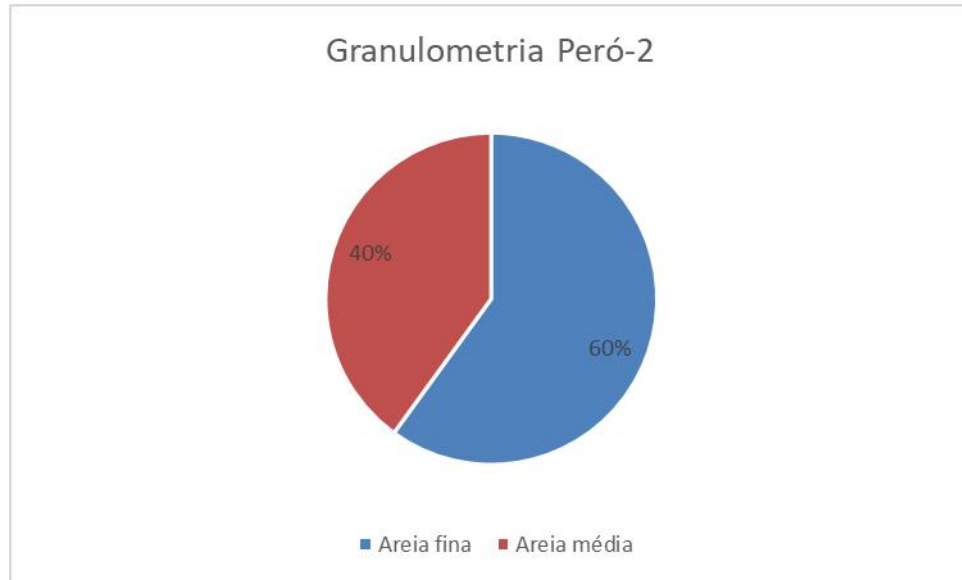


Figura 18. Gráfico 2D com a distribuição de areia fina e média para Però-2

Podemos observar que Però-12 é composto em 70% por areia média , enquanto que Però-2 é composto em 60% por areia fina.

7.2 Massa específica dos grãos

Dada a natureza do material, esperamos encontrar uma massa específica próxima de $2,65\text{g/cm}^3$ que corresponde a massa específica do mineral quartzo descrito por Dana (1978). Abaixo segue tabela 1 com as massas específicas das amostras Però-12 e Però-2.

Amostra	Massa específica (g/cm^3)
Peró-12	2.7
Peró-2	2.68

Tabela 1. Massa específica dos grãos

Os resultados estão bastante próximos do esperado, portanto, são satisfatórios. Però-12, por provavelmente conter alguns grãos de outros minerais, se afastou um pouco de $2,65\text{g/cm}^3$.

7.3 Condutividade e Salinidade

A tabela 2 abaixo mostra os valores encontrados para condutividade e salinidade. A salinidade foi calculada em função da condutividade de acordo com a equação 4.

Amostras	Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	Salinidade da solução (g(sal)/kg(água))	Salinidade (Msal/Mareia) (g/kg)
Peró-1	208	0.152	0.543
Peró-2	157	0.115	0.391
Peró-12	161	0.118	0.411

Tabela 2. Valores de condutividade e salinidade para as amostras estudadas.

Nota-se que as amostras Peró-2 e Peró-12 possuem valores de condutividade e salinidade bastante semelhantes.

7.4 Cisalhamento direto

Esse ensaio foi realizado com todos os corpos de prova das amostras Peró 2 e Peró 12 e com diferentes teores de umidade cada um, como mencionado anteriormente. Houve maior dificuldade na preparação dos corpos de prova da amostra Peró-2, de granulometria mais fina. Durante a preparação, principalmente durante a saturação, ocorreu deslocamento e acomodação da areia já depositada na caixa, o que pode gerar heterogeneidades na porosidade e, conseqüentemente, se refletido em uma distribuição não uniforme da umidade no corpo de prova. Abaixo segue a figura 19 com as curvas tensão cisalhante *versus* deslocamento horizontal obtidas para os corpos de prova Peró-12.

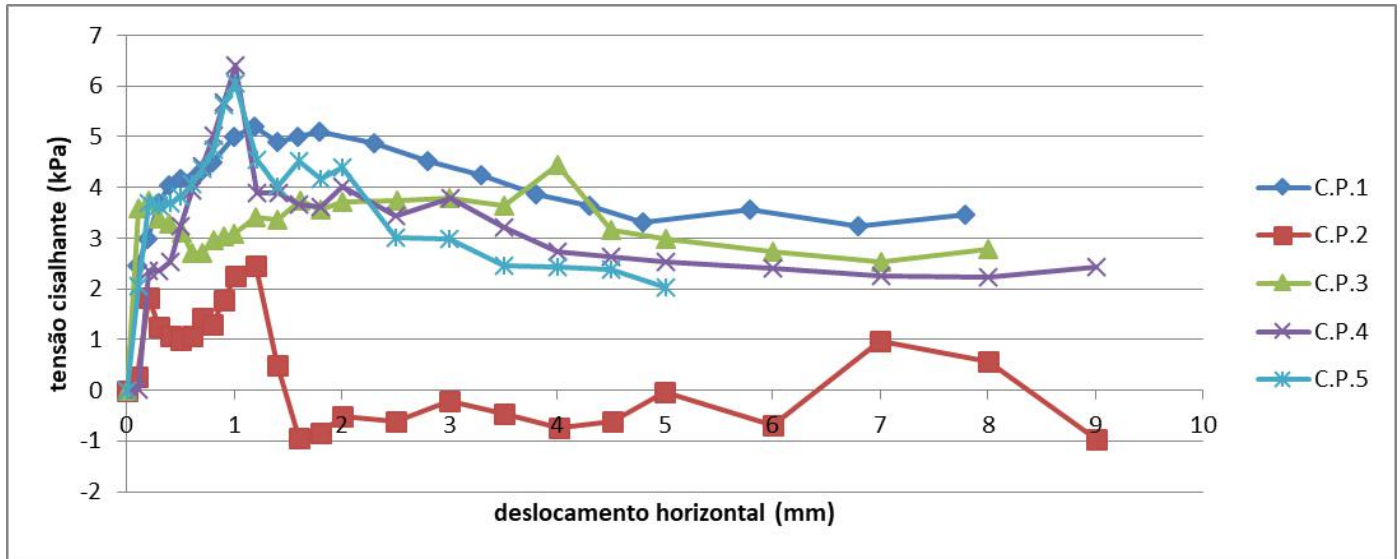


Figura 19. Tensão cisalhante versus deslocamento horizontal para Peró-12.

Foi observado um padrão um pouco diferente do esperado para essas curvas. Elas demonstraram a existência de dois picos para a tensão cisalhante. Interpreta-se o segundo pico sendo gerado, por exemplo, por um possível grão de areia ou grãos de areias que ficaram retidos de alguma forma, aumentando a tensão máxima no ensaio. Na figura 20 abaixo seguem as curvas obtidas para os corpos de prova de Peró-2.

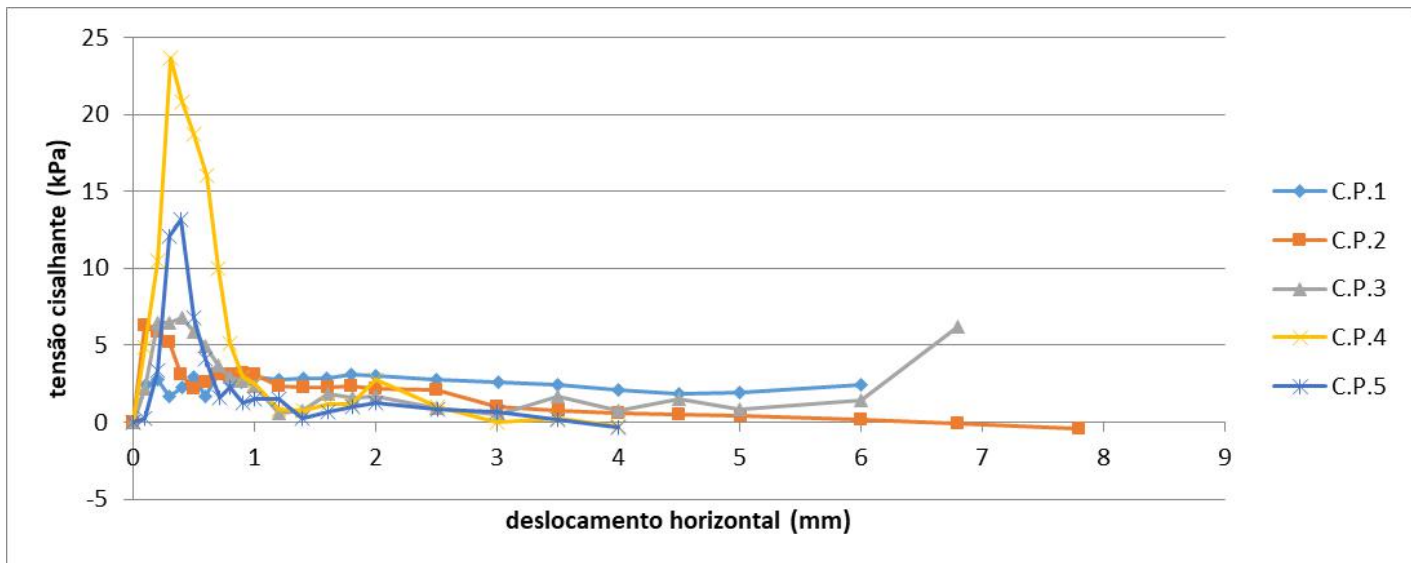


Figura 20. Tensão cisalhante versus deslocamento horizontal para Peró-2.

Esses corpos de prova já apresentaram curvas com formas esperadas, apenas um pico de tensão cisalhante presente.

A seguir, com a tabela 3 e na figura 21 observamos a correlação entre os teores de umidade obtidos para os corpos de prova Perú-12 e suas respectivas tensões cisalhantes de ruptura associadas. As porosidades de todos os corpos de prova são próximas a 40%. Na figura 21 estão presentes tanto o primeiro quanto o segundo picos, no entanto, para efeitos de análise e comparação foram considerados apenas os valores do primeiro pico de tensão obtido. Analisando os dados fica evidente que o C.P.1 com teor de umidade de 6,16% apresentou a maior tensão cisalhante de ruptura, igual a 4,17kPa. Importante ressaltar que todos os valores de tensão cisalhante obtidos na ruptura representam também a coesão, pois a tensão normal aplicada nos ensaios é zero.

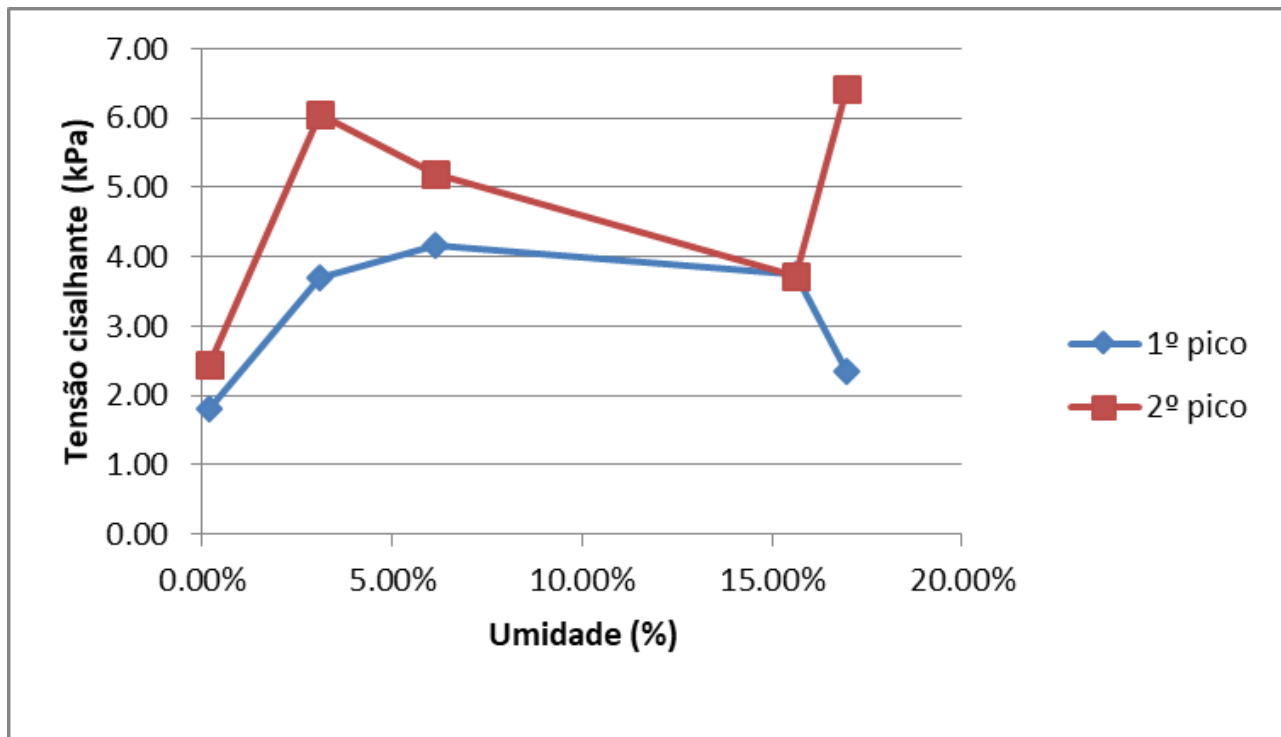


Figura 21. Tensão cisalhante versus teor de umidade Perú-12

C.P.	n	ω	τ (1o pico)	τ (2o pico)
	(%)	(%)	(kPa)	(kPa)
2	44%	0.20%	1.82	2.45
5	39%	3.09%	3.69	6.06
1	43%	6.16%	4.17	5.19
3	41%	15.62%	3.75	3.73
4	40%	16.96%	2.35	6.41

Tabela 3. Valores de porosidade, umidade e tensão cisalhante obtidos para Perú-12

Com a figura 22 e tabela 4 abaixo pode-se correlacionar os mesmos parâmetros (teor de umidade e tensão cisalhante) para a amostra Perú-2. Nessa análise, observa-se que C.P.4 com teor de umidade de 10,82% apresentou o maior valor de tensão cisalhante 23,63kPa, que corresponde a sua coesão.

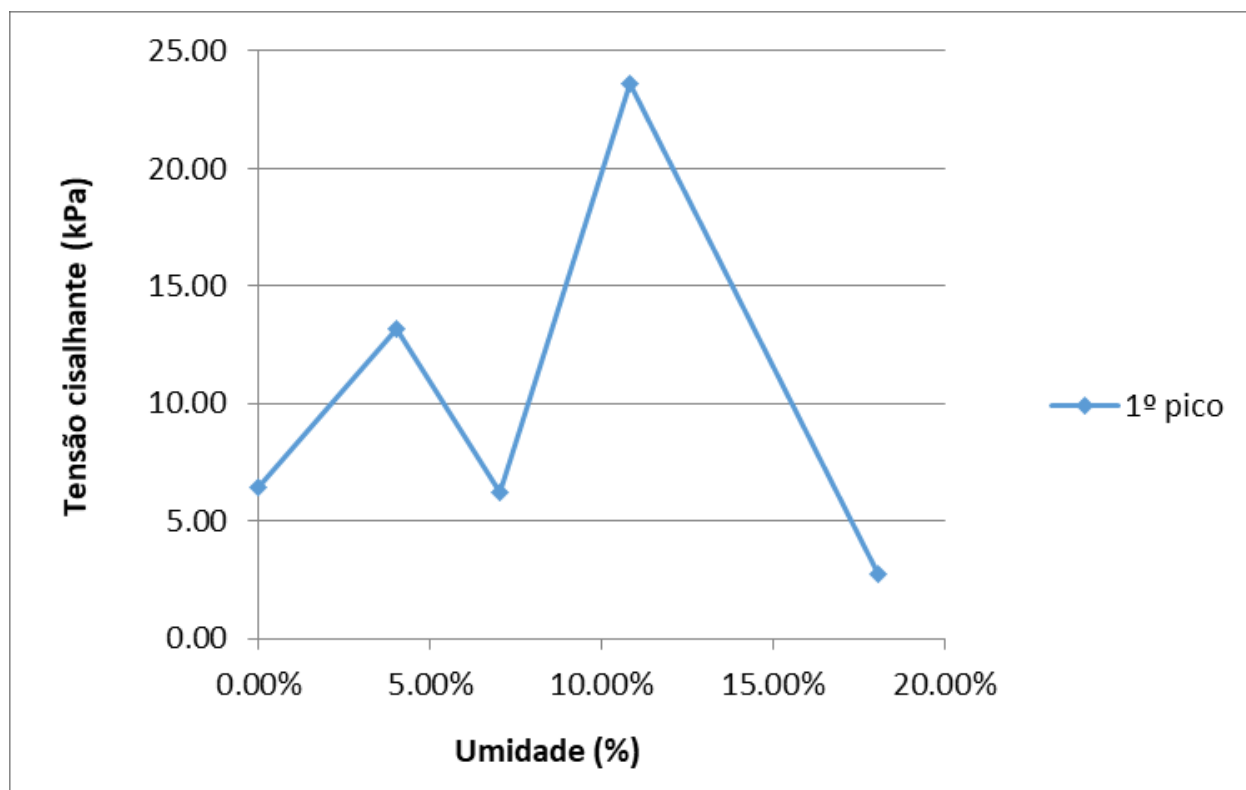


Figura 22. Tensão cisalhante versus teor de umidade para Perú-2.

C.P.	n	ω	τ (1o pico)
	(%)	(%)	(kPa)
3	43%	0.00%	6.43
5	43%	4.01%	13.19
2	40%	7.01%	6.25
4	44%	10.82%	23.63
1	44%	18.09%	2.75

Tabela 4. Valores de porosidade, umidade e tensão cisalhante obtidos para Perú-2

Observa-se que a amostra Perú-2, de granulometria mais fina, alcançou resistências consideravelmente mais altas que a amostra Perú-12. Este resultado era esperado, pois em amostras com porosidades semelhantes, grãos mais finos resultam em poros menores, onde a pressão capilar pode atingir valores mais altos, da mesma forma que em tubos capilares.

Associado aos teores de umidades de cada corpo de prova, também foram obtidos valores de potencial osmótico respectivos como pode-se analisar nas tabelas 5 e 6. Essas tabelas englobam todos os parâmetros avaliados durante o projeto, tanto para Perú-12 quanto para Perú-2. Observa-se que a amostra Perú-12 C.P.2 apresentou o maior potencial osmótico de todos, sendo -16.199,78kPa. Por outro lado, a amostra Perú-2 C.P.1 apresentou o menor potencial osmótico, sendo -168,25kPa. Não foi calculado o potencial osmótico do C.P.3 da amostra Perú-2 por ter secado completamente. Devido à ausência de umidade nesta amostra, o potencial osmótico não influenciaria na resistência. O potencial osmótico foi obtido a partir da equação 6 de Van't Hoff abaixo:

$$\psi_0 = -R.T.C$$

onde:

ψ_0 é o potencial osmótico

R é a constante universal dos gases

T é a temperatura da solução

C é a concentração de sais

Amostra Peró-12	Porosidade (%)	Teor de umidade (%)	Tensão cisalhante (kPa)	P. osmótico (kPa)	Salinidade (Msal/Mareia) (g/kg)
C.P.1	43%	6.16%	4.17	-519.44	0.411
C.P.2	44%	0.2%	1.82	-16,199.78	0.411
C.P.3	41%	15.62%	3.75	-204.83	0.411
C.P.4	40%	16.96%	2.35	-188.63	0.411
CP.5	39%	3.09%	3.69	-1,035.66	0.411

Tabela 5. Valores de porosidade, umidade, tensão cisalhante, potencial osmótico e salinidade para Peró-12.

Amostra Peró-2	Porosidade (%)	Teor de umidade (%)	Tensão cisalhante (kPa)	P. osmótico (kPa)	Salinidade (Msal/Mareia) (g/kg)
C.P.1	44%	18.09%	2.75	-168.25	0.391
C.P.2	40%	7.01%	6.25	-434.29	0.391
C.P.3	43%	0.00%	6.43	-	0.391
C.P.4	44%	10.82%	23.63	-281.13	0.391
CP.5	43%	4.01%	13.19	-759.25	0.391

Tabela 6. Valores de porosidade, umidade, tensão cisalhante, potencial osmótico e salinidade para Peró-2.

Abaixo nas figuras 23 e 24 podemos observar a relação entre o potencial osmótico dos corpos de prova e suas tensões cisalhantes de ruptura.

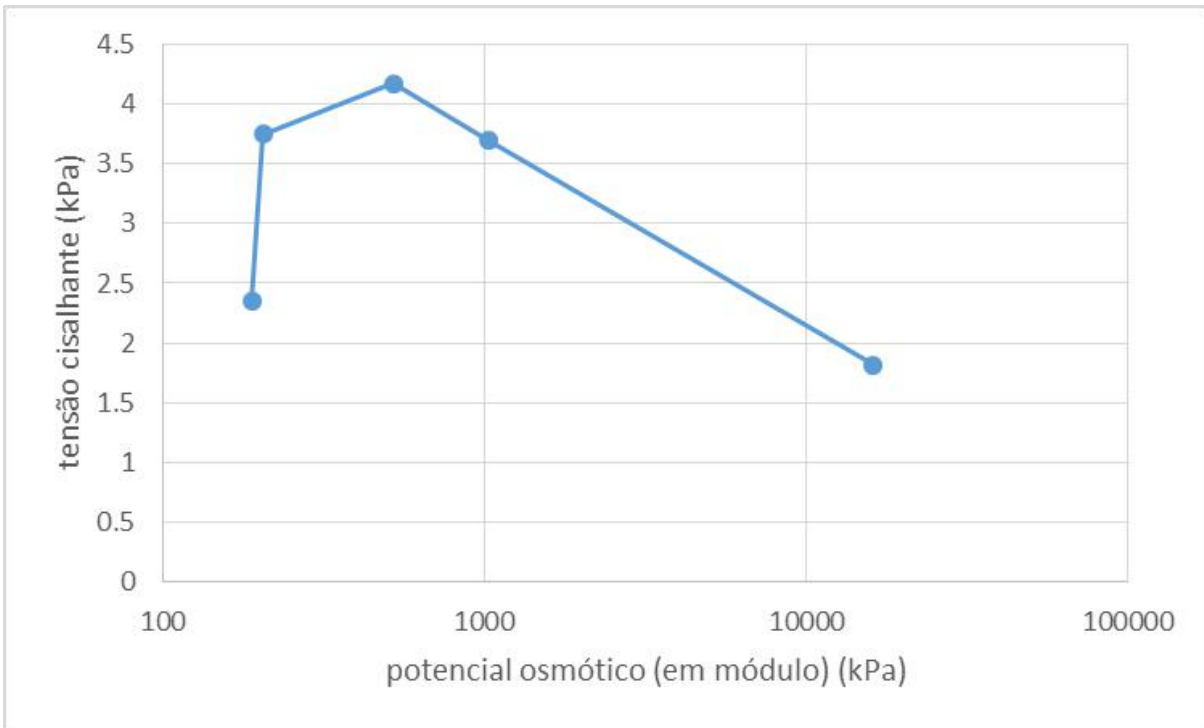


Figura 23. *Potencial osmótico versus tensão cisalhante para Peró-12*

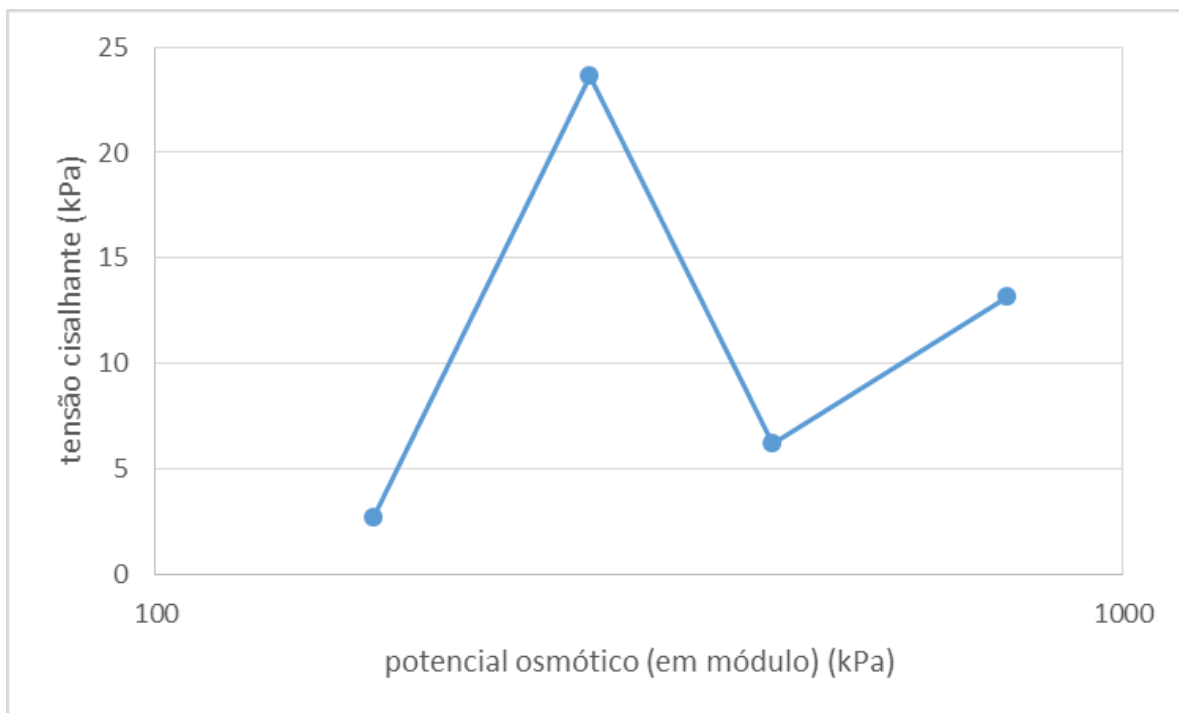


Figura 24. *Potencial osmótico versus tensão cisalhante para Peró-2*

Nos corpos de prova com umidade mais alta, a resistência tende a aumentar com a diminuição da umidade e consequente aumento do potencial osmótico, que corresponde à sucção osmótica no sedimento. Este é o comportamento esperado, já que a diminuição da umidade provoca o aumento da sucção mátrica, pelo aumento da tensão capilar, e o aumento da sucção osmótica, pelo o aumento da concentração de sais. Porém, corpos de prova com baixo teor de umidade e alto potencial osmótico não apresentaram maiores resistências, provavelmente porque, quando o teor de umidade é muito baixo, os meniscos responsáveis pela sucção deixam de existir, e um alto potencial osmótico não resulta no aumento da coesão. Neste trabalho, o potencial osmótico foi calculado apenas em função da concentração de sais na água dos poros, por isto não corresponde à sucção osmótica nos corpos de prova. Para se observar melhor a influência da sucção na resistência ao cisalhamento, seriam recomendáveis testes de sucção para a determinação da sucção mátrica e osmótica.

Os corpos de prova da amostra Perú-12, de granulometria mais grosseira, apresentaram resultados mais próximos do esperado em relação à variação da resistência com a umidade e o potencial osmótico. Os corpos de prova da amostra Perú-2 apresentaram maiores dificuldades na preparação, o que pode ter se refletido em uma maior dispersão dos resultados.

8. CONCLUSÕES

Com relação a análise granulométrica o resultado se mostrou coerente com a realidade, onde a amostra Perú-12 é composta essencialmente por areia média e a amostra Perú-2 é formada predominantemente por areia fina. A massa específica dos grãos apresentou resultado bastante satisfatório, já que ambas as amostras apresentaram valores próximos ao do mineral quartzo, como esperado. Quanto a condutividade e salinidade, as amostras Perú-2 e Perú-12 apresentam valores muito semelhantes, enquanto que Perú-1 apresenta valores um pouco mais altos.

O processo de preparação dos corpos de prova foi eficiente no sentido de obter porosidades aproximadamente uniformes e, dessa forma, possibilitar uma comparação

mais eficaz dos resultados de cada corpo de prova. Os corpos de prova referentes a amostra Perú-12 não apresentaram um padrão muito próximo do esperado no que diz respeito as curvas de tensão cisalhante *versus* deslocamento horizontal. A existência do segundo pico de tensão cisalhante está provavelmente associado a presença de grãos de areia retidos que aumentam a tensão máxima do ensaio. Já os corpos de prova referentes a amostra Perú-2 apresentaram curvas de tensão cisalhante *versus* deslocamento horizontal muito mais satisfatórias e próximas do esperado.

Observa-se que tanto para Perú-12 quanto para Perú-2 os corpos de prova que apresentaram maiores valores de coesão foram aqueles com teores de umidade intermediários o que, de certa forma, é de se esperar. No entanto, os resultados dos ensaios não evidenciaram uma relação direta linear entre tensão cisalhante e teor de umidade, certamente pela influência de outros parâmetros. Além disso, é possível notar que a amostra Perú-2 atingiu valores de tensão cisalhante consideravelmente mais altos que Perú-12. Esse resultado foi bastante satisfatório já que, em amostras com porosidades semelhantes, aquelas de granulometria mais fina tendem apresentar maiores resistências em função da possibilidade de pressões capilares mais altas.

Observou-se que a diminuição do teor de umidade nos corpos de prova, tanto para Perú-12 quanto para Perú-2, corresponde a um aumento do potencial osmótico. Este é o comportamento esperado, já que a diminuição da umidade provoca o aumento da sucção osmótica, pelo o aumento da concentração de sais. No entanto, os corpos de prova com baixo teor de umidade e alto potencial osmótico não apresentaram maiores resistências. Isso provavelmente ocorre pois as baixas umidades fazem com que os meniscos desapareçam e, conseqüentemente, um alto potencial osmótico não se traduz num aumento de coesão, devido ao fato da pressão capilar não atuar.

9. BIBLIOGRAFIA

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6508 – Solo – Grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm – Determinação da massa específica – Método de ensaio.** Rio de Janeiro. 8p. 1984a.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181 – Solo – análise granulométrica – método de ensaio.** Rio de Janeiro. 13p. 1984b.

CASTRO, J. W. A. **Dunas costeiras do litoral de Cabo Frio - RJ.** In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 5., São Luis. Resumos. Universidade Federal do Maranhão, 245 - 247 p. 2002.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Geoparque Costões e Lagunas do Estado do Rio de Janeiro – Proposta.** 2012.

DANA, J. D. **Manual de mineralogia.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos. LTC editora. 642p. 1978.

GARCÍA, R.S. **Análise das condicionantes naturais e propriedades mecânicas de solos arenosos e sua influência na caracterização físico e geológica das dunas costeiras de Cabo Frio e Natal.** Tese (Doutorado em Geociências). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 245f. 2015.

HASUI, Y.; CARNEIRO, C.D.R.; ALMEIDA, F.F.M.; BARTORELLI, A. **Geologia do Brasil.** Beca editora. São Paulo. 900p. 2012.

HEILBRON, M., MOHRIAK, W.U., VALERIANO, C.M., MILANI, E.J., ALMEIDA, J., TUPINAMBÁ, M. **From collision to extension: The roots of the southeastern continental margin of Brazil.** In: Mohriak W.U. & Talwani M. (eds). Atlantic Rifts and continental margins – Geophysical Monograph 115. American Geophysical Union. p. 1-32. 2000.

HEILBRON, M. & MACHADO, N. **Timing of terrane accretion in the Neoproterozoic Eopaleozoic Ribeira belt SE Brazil.** Precambrian Research, v.125, p.87–112. 2003.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cabo Frio, RJ.**
<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=330070>.

MACHADO, W.A. **A influência da salinidade na erodibilidade das dunas do Perú.** Monografia de Graduação Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

MANSUR, K.L. **Diretrizes para Geoconservação do Patrimônio Geológico do Estado do Rio de Janeiro: o caso do Domínio Tectônico Cabo Frio.** Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

MANSUR, K.L.; CARVALHO, I.S. **Characterization and valuation of the geological heritage identified in the Perú dune field, state of Rio de Janeiro, Brazil.** *Geoheritage*, v.3, p.97–115. 2011.

MARTINS, L.R., TABAJARA, L.L., FERREIRA, E.R. **Linha de Costa: Problemas e Estudos.** *Gravel*, 2. ISSN 1678-5976 40-56. Porto Alegre. Outubro, 2004.

MEDEIROS, P.H.C. **Estudo da influência da névoa salina na migração de dunas costeiras das regiões do Perú e dos Lençóis Maranhenses.** 69 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015.

MEDEIROS, P.H.C. **Modelagem migratória em escala reduzida aplicada à geoconservação de corpos dunares da região do Perú, município de Cabo Frio/RJ.** Dissertação de Mestrado (em andamento). Departamento de Geologia - IGEO/UFRJ, 2018

MORAES, J.M. **Geologia do Granito Silva Jardim (RJ) Implicações na evolução tectônica dos Terrenos Oriental e Cabo Frio.** Dissertação de Mestrado. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2009.

OLIVEIRA FILHO S.R. **Morfodinâmica Associada entre Duna, Praia e Zona Submarina como Subsídio a Adequada Ocupação do Espaço Costeiro na Praia do Perú – RJ.** Dissertação de Mestrado. Centro de Ciências e Tecnologia. Área: Análise Geoambiental e Ordenação de Territórios de Regiões Semiáridas e Litorâneas, Universidade Estadual do Ceará. 96p. 2011.

PINTO, C.S. **Curso Básico de Mecânica dos Solos.** 359p. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

PRESS, F. *et al.* **Para Entender a Terra.** 656p. Porto Alegre: Bookman, 2006.

RAMOS, R.R.C., CASSAR, J.C.M., GUSMÃO, L.A.B., 2003. **Modelo evolutivo do campo de dunas do Perú (município de Cabo Frio/RJ) e cálculo de transporte eólico.** In Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa, 2. Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 9 e Congresso do Quaternário dos Países de Língua Ibéricas, 2. Recife.

SCHMITT, R.S.; TROUW, R.A.J.; SCHMUS, W.D.V.; PIMENTEL, M.M.. **Late amalgamation in the central part of West Gondwana: new geochronological data and the characterization of a Cambrian collisional orogeny in the Ribeira Belt (SE Brazil).** Precambrian Research, v.133, p.29–61, 33p. 2004.

SCHMITT, R.S., TROUW, R.A.J., MEDEIROS, S.R., DANTAS, E.L. **Age and geotectonic setting of Late Neoproterozoic juvenile mafic gneisses and associated paragneisses from the Ribeira belt (SE Brazil) based on geochemistry and Sm–Nd data — Implications on Gondwana assembly.** International Association for Gondwana Research, v.13, p502-515. 2008.

SCHMITT, R.S., TROUW, R., SCHMUS, W.R.V., ARMSTRONG, R., STANTON, N.S.G. **The tectonic significance of the Cabo Frio Tectonic Domain in the SE Brazilian margin: a Paleoproterozoic through Cretaceous saga of a reworked continental margin.** Brazilian Journal of Geology, 46(Suppl 1): 37-66, June 2016.

SILVA, A.C.J. **Efeito da concentração de sais na resistência ao cisalhamento de amostras de areia das dunas do Perú, Cabo Frio, Rio de Janeiro.** Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2017.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar.** 400p.São Paulo: Blucher, 2003.

TROUW, R.A.J., HEILBRON, M., RIBEIRO A., PACIULLO, F., VALERIANO, C., ALMEIDA, J.C.H., TUPINAMBÁ, M., ANDREIS, R.R. **The central segment of the Ribeira belt.** In: Cordani U.G., Milani E.J., Thomaz-Filho A., Campos D.A. (eds.). Tectonic Evolution of South America. 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro, Brazil, pp. 287-310. 2000.

TUPINAMBÁ, M., HEILBRON, M., DUARTE, B.P., NOGUEIRA, J.R., VALLADARES, C., ALMEIDA, J., SILVA, L.G.E., MEDEIROS, S.R., ALMEIDA, C.G., MIRANDA, A., RAGATKY, C.D., MENDES, J., LUDKA, I. **Geologia da Faixa Ribeira Setentrional: Estado da Arte e Conexões com a Faixa Araçuaí.** Geonomos 15(1):67-79, 2007.

WAGNER, C. **Dissolution rate of sodium chloride with diffusion and natural convection as rate-determining factors.** *Journal of Physical Chemistry*, 53 (7): 1030–1033, July 1949.