

GEOTECHNICAL PROPERTIES OF THE BARREIRAS FORMATION SEDIMENTS IN THE CLIFFS OF BARRA DE TABATINGA, EASTERN COAST OF RIO GRANDE DO NORTE / BRAZIL

A. D. MORAIS¹, O. F. SANTOS JR², O. FREITAS NETO³

Universidade Federal do Rio Grande do Norte^{1,2,3}

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2363-022X>¹

anderson_dantas94@hotmail.com¹

Submetido 17/02/2020 - Aceito 23/11/2020

DOI: 10.15628/holos.2020.9560

ABSTRACT

In the state of Rio Grande do Norte exists outcrops of cliffs that belongs to the Barreiras Formation, which cities and infrastructure works are developed on. In this region, mass movements are reported in relevant proportions, especially in rainy season. The aims of this work were to study the geotechnical properties of the Barreiras Formation soils that make up the Barra de Tabatinga / RN beach cliff and to evaluate the stability of the cliff from the deterministic point of view. The studied cliff was divided into three predominant soils, which are located at the base (AM-01), middle (AM-02) and top (AM-03) layers. In these soils, were performed characterization tests (geotechnical, chemical, and mineralogical), tests to determine the soil-water retention curve, permeability

tests, triaxial and diametral compression tests under saturated and unsaturated conditions. Samples AM-01 and AM-02 showed bimodal soil-water retention curves, unlike the top sample, which presented unimodal fit. In addition, all of them presented close to zero cohesion and angle of friction around 30° in the saturated condition. However, when unsaturated, the strength parameters increased considerably, especially the cohesion. the tensile strength decreased with the increase in the degree of saturation reaching negligible values in all soils when saturated. The upper soil is the most permeable of the studied soils, presenting a permeability coefficient compatible with pure sand.

KEYWORDS: Barreiras Formation, Geotechnical properties, Cliff, Unsaturated soil.

PROPRIEDADES GEOTÉCNICAS DE SEDIMENTOS DA FORMAÇÃO BARREIRAS NAS FALÉSIAS DE BARRA DE TABATINGA LITORAL ORIENTAL DO RIO GRANDE DO NORTE/BRASIL

RESUMO

No Estado do Rio Grande do Norte encontram-se falésias constituídas por sedimentos da Formação Barreiras sobre os quais se desenvolvem cidades e obras de infraestrutura. Nesta região são relatados, movimentos de massa, em proporções relevantes, principalmente em períodos de chuva. O objetivo deste trabalho foi estudar as propriedades geotécnicas dos solos da Formação Barreiras que compõem a falésia da praia da Barra de Tabatinga/RN. A falésia estudada foi dividida em três solos predominantes, os quais estão localizados na camada de base (AM-01), meio (AM-02) e topo (AM-03). Nesses solos, foram realizados ensaios de caracterização (geotécnica, química e mineralógica), ensaios para determinação da curva de retenção, ensaios de permeabilidade, compressão triaxial e diametral nas

condições saturada e não saturada. As amostras AM-01 e AM-02 apresentaram curvas de retenção bimodais, diferentemente da amostra do topo, que apresentou formato unimodal. Além disso, todas elas apresentaram coesão próxima de zero e ângulo de atrito em torno de 30° na condição saturada. No entanto, quando não saturadas, os parâmetros de resistência aumentaram consideravelmente, apresentando diferenças significativas entre as amostras. A resistência a tração diminuiu com o aumento do grau de saturação chegando a atingir valores desprezíveis em todos os solos quando saturadas. O solo do topo é o mais permeável dos solos estudados, apresentando coeficiente de permeabilidade compatível com uma areia pura.

PALAVRAS-CHAVE: Formação Barreiras; Propriedades geotécnicas; Falésias; Solo não saturado.

1 INTRODUÇÃO

O potencial turístico da região litorânea, em especial do Nordeste brasileiro, tem levado a uma crescente valorização imobiliária e um aumento na densidade populacional. É possível observar a presença cada vez maior de empreendimentos turísticos e imobiliários nas regiões costeiras no decorrer do tempo, principalmente no topo de falésias, algumas vezes construídos sem os devidos cuidados técnicos.

No Estado do Rio Grande do Norte, especificamente, encontram-se falésias pertencentes a Formação Barreiras sobre os quais se desenvolvem cidades e obras de infraestrutura. Nesta região, são relatados movimentos de massa em proporções relevantes, principalmente em períodos de chuva. Diversos estudos (Silva, 2003; Severo, 2005; Pacheco, 2006; Carvalho JR *et al.*, 2009; Severo, 2011; Souza JR, 2013; Barbosa, 2017; Taquez, 2017; Sousa, 2018; Santos Neta *et al.*, 2020 e Silva, 2020) foram realizados com o intuito de se conhecer melhor o comportamento desses materiais, para servir de base nos processos de identificação das áreas de riscos, possibilitando assim, a aplicação de medidas técnicas adequadas para que o desenvolvimento urbanístico aconteça com segurança.

A Formação Barreiras é uma unidade geológica que se estende do Amapá ao Rio de Janeiro, sobre a qual estão assentados grandes aglomerados urbanos com suas infraestruturas. Aspectos geológicos da origem dos sedimentos da Formação Barreiras foram apresentados por Rosseti *et al.* (2013). Em termos geotécnicos, a Formação Barreiras vem sendo estudada com vistas a caracterização dos materiais para utilização em obras de aterro (Chaves, 1979; Cunha 1992), para caracterização geoambiental (Pereira, 2004) e para estudo da estabilidade de falésias (Silva, 2003; Severo, 2005; Severo, 2011; Pereira, 2012; e Souza JR., 2013). Santos Jr *et al.* (2015) apresentaram uma revisão dos estudos realizados na região costeira oriental do Rio Grande do Norte, ao sul de Natal/RN. Freire (2019) atualizou os dados para englobar trabalhos mais recentes, como o de Lucena (2015), Souza (2016), Barboza (2017), Taquez (2017) e Sousa (2018).

No Sistema Unificado de Classificação dos Solos, os materiais da Formação Barreiras são classificados, principalmente, como areia argilosa (SC) e plasticidade variando entre média a baixa. Também foram identificados em menor proporção areia siltosa (SM), areia silto-argilosa (SM-SC), silte de baixa compressibilidade (ML) e pedregulho argiloso (GC). Todas as amostras apresentaram limite de liquidez menor do que 50% e índice de plasticidade máximo de 20%.

Souza Jr. (2013), Silva (2003) e Sousa (2018) realizaram ensaios de cisalhamento direto em amostras indeformadas de materiais da Formação Barreiras. Os ensaios foram executados nas condições natural e inundada. Os ensaios apontaram para uma redução considerável do intercepto de coesão quando inundados, atingindo em muitos ensaios valores nulos. No entanto, algumas amostras apresentaram intercepto coesivo mesmo quando inundadas. Observou-se também que o ângulo de atrito das amostras sofre variação após a inundação. Severo (2011) também analisou o comportamento de solos da falésia sob o aspecto da cimentação, submetendo-os a ensaios triaxiais do tipo drenado. Taquez (2017) estudou a resistência não saturada através da determinação da curva de retenção e da realização de ensaios triaxiais na condição saturada e não saturada. Ambos observaram um aumento no ângulo de atrito e coesão considerável para a

condição não saturada. Barboza (2017) realizou ensaios de resistência a tração na condição de umidade higroscópica, encontrado diferentes valores para cada camada da falésia.

Nos últimos anos, estudos tratando das características geotécnicas dos sedimentos da Formação Barreiras vêm sendo realizados ao longo do litoral leste do Rio Grande do Norte. No entanto, alguns locais ainda não foram estudados, dentre eles a praia de Barra de Tabatinga, no município de Nísia Floresta. Por ser um local turístico, é bastante visado pelo setor turístico-imobiliário. A implementação dessas atividades é muito importante para o desenvolvimento regional e local, contudo deve ser precedida de estudos técnicos que proporcionem segurança em relação aos movimentos de massa.

O objetivo do presente trabalho é estudar as propriedades da geotécnicas dos sedimentos da Formação Barreiras que formam falésias presentes em Tabatinga-RN.

2 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área estudada localiza-se na Praia de Barra de Tabatinga, no litoral do estado do Rio Grande do Norte (Figura 1) no município de Nísia Floresta, que fica a 45 km da capital Natal. A região apresenta falésias da Formação Barreiras com altura em alguns pontos alcançando até 40 metros.

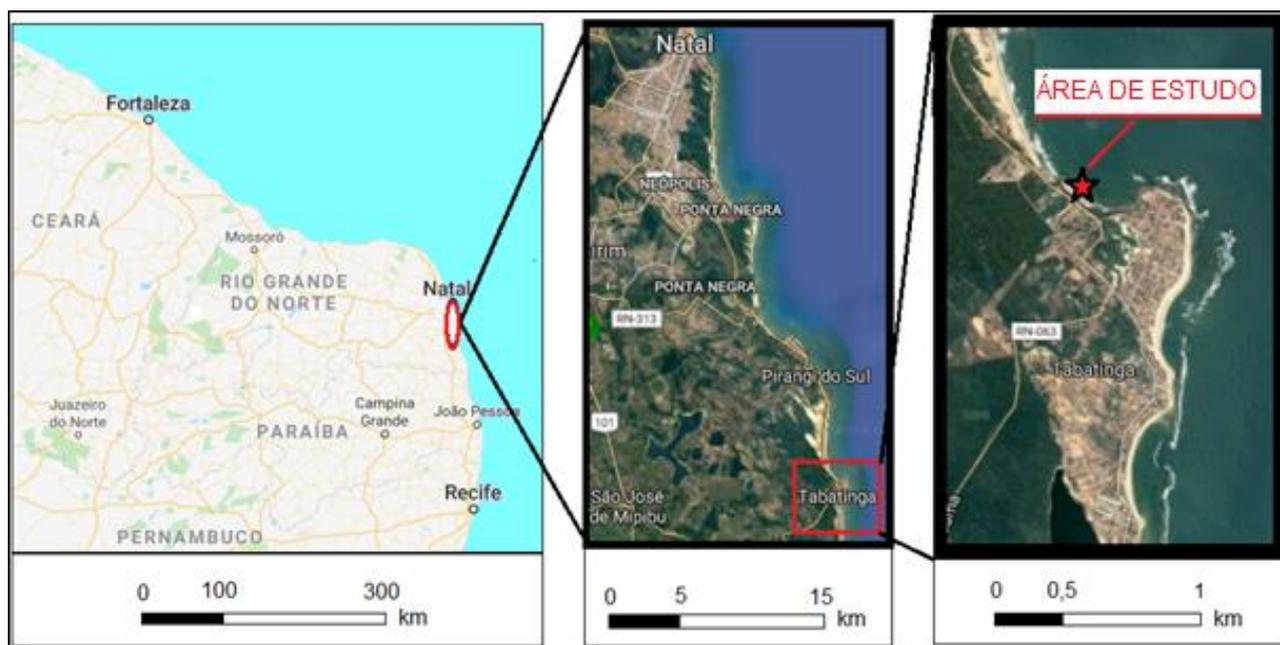


Figura 1: Localização da área de estudo

Um dos principais movimentos para a escolha da área estudada foi a identificação de ocorrência de movimentos de massa na falésia, sendo essa área ocupada por empreendimentos relacionados ao turismo.

Silva (2019) realizou o reconhecimento da área através de imagens capturadas por um Drone, com o objetivo de identificar melhor a ocupação do solo e áreas vegetadas. Além disso, informações como altura média das falésias, perfis típicos e críticos, morfologia, estratigrafia da formação e reconhecimento dos processos erosivos foram adquiridas por meio de imagens frontais das falésias. A Figura 2 apresenta a falésia estudada, observa-se através da coloração, a presença

de três camadas distintas: material da base, do meio e do topo. As três camadas foram estudadas nesse presente trabalho.



Figura 2: Falésias da praia de Barra de Tabatinga/RN (Silva, 2019)

3 METODOLOGIA EMPREGADA

Foram coletadas amostras indeformadas em cada uma das camadas identificadas no perfil da falésia (Figura 3): A primeira (AM-01) foi extraída da camada de base; a segunda (AM-02) é representativa da camada do meio da falésia; e a terceira (AM-03) foi extraída da camada de topo. A coleta de amostras indeformadas foi necessária, principalmente, para o estudo das propriedades de resistência dos solos na condição natural. A amostra AM-01 (Figura 3.a) é bastante heterogênea de cor predominantemente amarela, possuindo alguns pontos com coloração branca e roxa. A amostra AM-02 (Figura 3.b) se apresentou com coloração branca-acinzentada com pontos amarelados e veios avermelhados. Já a amostra AM-03 (Figura 3.c) se mostrou mais homogênea com uma coloração avermelhada e de fácil desagregação.



(a)

(b)

(c)

Figura 3: Coleta das amostras indeformadas.

O desenvolvimento experimental aplicado a esta pesquisa englobou cinco etapas. A primeira compreendeu a caracterização geotécnica, química e mineralógica das amostras. A segunda consistiu na determinação da curva de retenção para baixas e altas sucções. A terceira consistiu na realização dos ensaios de compressão triaxial, para a determinação da resistência ao cisalhamento dos solos na condição saturada (ensaios adensados e não drenados CU – *Consolidated Undrained* e ensaios drenado CD – *Consolidated Drained*) e na condição não saturada com umidade higroscópica (CW). A quarta etapa compreendeu a determinação da resistência a tração através do ensaio de compressão diametral em diferentes teores de umidade. A quinta e última etapa se deu com a determinação do coeficiente de permeabilidade vertical na condição saturada (k_v).

A caracterização geotécnica compreendeu os ensaios de granulometria conjunta, massa específica dos sólidos e limites de consistência. A caracterização química e mineralógica foi feita através dos ensaios de fluorescência de raios X (FRX) e Difração de raios X (DFRX), respectivamente.

Foi utilizado a técnica de mesa de tensão, para aplicar sucções de 0, 1, 10 e 30 kPa e o papel filtro em contato com o solo para medir valores mais elevados de sucção matricial. Para ambas as técnicas (mesa de tensão e papel filtro) foram utilizados corpos de provas moldados das amostras indeformadas com ajuda de anéis de PVC com diâmetro em torno de 5cm e altura variando entre 2cm e 3cm. Inicialmente os CP's foram saturados por capilaridade, para depois serem ensaiados, sendo então determinada a curva de retenção referente a trajetória de secagem. O ensaio de papel filtro foi executado considerando a metodologia proposta por Marinho (1994) e a norma americana ASTM D 5298-03 (2010) e o papel utilizado foi o do tipo Whatman n° 42.

O equipamento utilizado nos ensaios de compressão triaxial consiste em uma prensa elétrica, um medidor de variação de volume manual, um sistema para aplicação e controle de pressões hidrostáticas, LVDT, célula de carga acoplada a uma câmara triaxial e um computador com software que realiza a aquisição dos dados (pressões hidrostáticas, força e deslocamento). foram utilizados CP's cilíndricos com diâmetro e altura em torno de 3,5cm e 7cm, respectivamente. Os CP's foram extraídos das amostras indeformadas tomando cuidado para manter a estrutura original do solo. O formato cilíndrico foi obtido através de um torno de moldagem.

Os ensaios CD e CU foram realizados seguindo recomendações das normas americanas ASTM D7181-11 (2015) e ASTM D4767-11 (2011), respectivamente. Esses ensaios foram realizados em três etapas: saturação, adensamento e cisalhamento. Os CP's foram saturados por estágios de contrapressão, cujo parâmetro B de Skempton foi medido no final de cada estágio. Quando se alcançava um parâmetro B superior a 95%, a etapa de saturação era finalizada e dava-se início ao adensamento. foram adensados e cisalhados com tensões confinantes líquidas de 50, 100, 200kPa e 300 kPa. Com os dados de variação de volume com o tempo registrados na etapa de adensamento, a velocidade do cisalhamento máxima foi calculada. Após os cálculos, adotou-se uma velocidade de 0,4mm/minuto para os ensaios CD e de 0,11mm/minuto para os ensaios CU.

Nos ensaios não saturados (CW), foram utilizados CP's seco ao ar até constância de massa. Os corpos de prova foram consolidados e cisalhados de forma análogo aos ensaios CD, de forma que a drenagem do ar era permitida durante o cisalhamento. No entanto, a variação de volume dos CP's não foi quantificada nas etapas de adensamento e cisalhamento, devido a limitações do próprio equipamento.

Para determinar a resistência à tração do solo, foi realizado o ensaio de compressão diametral, permitindo a obtenção da resistência de forma indireta. Os ensaios foram executados seguindo as recomendações da norma americana ASTM D 3967-95^a (2001). Corpos de prova indeformados em forma de disco foram moldados com diâmetro em torno de 5cm e altura variando entre 2cm e 3cm. Foi aplicada uma carga vertical com velocidade constante de 0,5mm/minuto, mobilizando tensões de tração até a ruptura, caracterizada por o desenvolvimento de uma fissura vertical. A força vertical e o deslocamento foram medidos através de uma célula de carga e um LVDT.

O ensaio de permeabilidade foi executado utilizando a câmara do ensaio de compressão triaxial como um permeâmetro de parede flexível e seguindo as recomendações da norma americana ASTM D-5084/90 (1990). Foram moldados CP's indeformados cilíndricos com 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura de forma análoga aos CP's utilizados nos ensaios triaxiais. Quando se alcançava um parâmetro B superior a 95%, a etapa de saturação era finalizada e dava-se início ao ensaio de permeabilidade, no qual foi aplicado gradientes hidráulicos e medida a vazão através de uma bureta.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterização geotécnica, química e mineralógica

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos na caracterização geotécnica, química e mineralógica. Todos os corpos de prova moldados nessa pesquisa tiveram os seus Índices Físicos determinados. A Tabela 1 mostra os dados referente a massa específica do solo e índice de vazios das três amostras. A Figura 4 apresenta as curvas granulométricas dos materiais analisados.

Observa-se na Tabela 1 que a amostra da base (AM-01) apresenta o menor índice de vazios médio (0,41) e a amostra do topo (AM-03) possui o maior índice de vazios médio (0,60). A amostra da camada de base (AM-02) apresenta índice do vazio médio intermediário (0,50). Os valores de massa específica dos sólidos para as três amostras mostrados na Tabela 1 são muito próximos.

A Tabela 1 apresenta dados obtidos através da interpretação das curvas granulométricas (Figura 4). Observa-se que as amostras são predominantemente granulares, compostas em sua maior parte por areia média, mas apresentam quantidades de finos (<0,06mm – silte + argila) distintas. A amostra do topo (AM-03) é a que apresenta a menor quantidade de finos (11,60%), possuindo 9,58% de argila. A amostra da base (AM-01) apresenta a maior quantidade de finos (34,28%), possuindo 32,01% de argila. A amostra da camada do meio (AM-02) apresenta quantidade de finos intermediária (24,82%), sendo 21,26% de argila. Por ser bastante granular, foi possível calcular para a amostra AM-03 o coeficiente de não uniformidade (CNU) e coeficiente de curvatura (CC) da sua curva granulométrica, sendo encontrados valores de CNU= 32,70 e CC = 10,10.

Tabela 1: Resultados da caracterização geotécnica, química e mineralógica.

Caracterização		AM-01	AM-02	AM-03
Geotécnica	ρ_s	2,66 g/cm ³	2,63 g/cm ³	2,64 g/cm ³
	$e_{\text{médio}}$	0,41	0,50	0,60

	Areia grossa	7.1%	12.8%	5.8%
	Areia média	35.4%	41.7%	67.2%
	Areia fina	23.2%	20.6%	15.5%
	Silte	2.3%	3.6%	2.0%
	Argila	32.0%	21.3%	9.6%
	LL	25%	18%	NP
	LP	19%	15%	NP
	IP	6%	3%	-
	IA	0,19	0,14	-
	SUCS	SM-SC	SM	SP
Química	SiO ₂	38,81%	40,91%	45,40%
	Al ₂ O ₃	34,47%	36,42%	27,03%
	Fe ₂ O ₃	18,20%	11,97%	12,31%
	ZrO ₂	3,99%	5,56%	12,02%
	TiO	3,93%	3,97%	2,04%
	SrO	0,19%	-	0,15%
	Cr ₂ O ₃	0,18%	0,20%	-
	NbO	0,15%	0,23%	-
	MnO	0,07%	0,06%	0,04%
	MgO	-	0,68%	-
	K ₂ O	-	-	0,64%
	Mineralógica	Quartzo	X	X
Caulinita		X	X	X

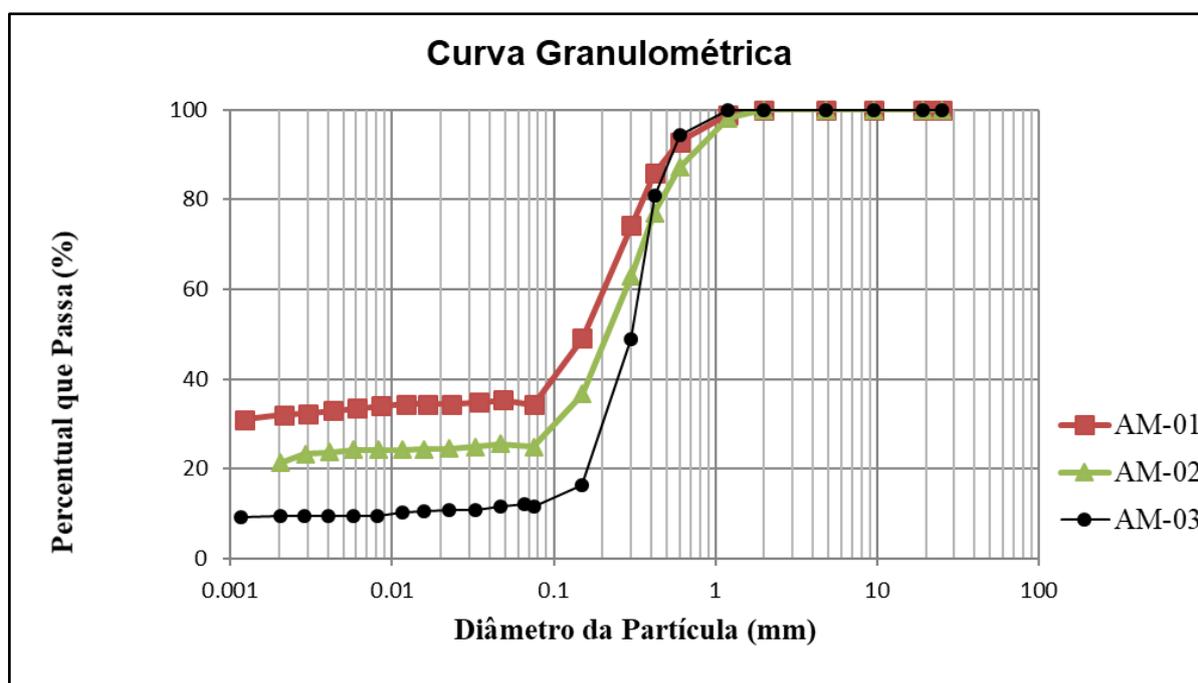


Figura 4: Curva de distribuição granulométrica

A amostra AM-03 não apresentou plasticidade. As amostras AM-01 e AM-02 apresentaram valores baixos de IP e baixos valores de índice de atividade da argila (IA), sendo a fração argila classificada como inativa. A amostra AM-01 apresentou os maiores valores de LL, LP, IP e IA. De acordo com o Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS), as amostras AM-01, AM-02 e

AM-03 são classificadas como de comportamento similar à de uma areia silto-argilosa (SM-SC), areia siltosa (SM) e areia mal graduada (SP), respectivamente.

A Tabela 1 sintetiza os resultados dos ensaios de Fluorescência de Raios X (FRX) realizados na fração fina (<0,075mm) das amostras estudadas. Os maiores percentuais de óxidos identificados foram os de silício (SiO_2), alumínio (Al_2O_3) e ferro (Fe_2O_3). Também foram identificados percentuais de menor expressão dos óxidos de zircônio e de titânio. No geral, as amostras apresentaram composição química relativamente semelhante. A partir desses resultados, foi calculada a relação sílica/sesquióxido (K_r) para a fração ensaiada, que resultou em K_r de 1,38; 1,13 e 0,86 para as amostras AM-01, AM-02 e AM-03, respectivamente. De acordo com Winterkorn e Fang (1991), materiais com K_r inferior a 2 indica a ocorrência de laterização. Assim, os materiais analisados podem ser classificados como materiais lateríticos. Esses resultados estão em concordância com os estudos da Formação Barreiras no litoral do RN realizados por Chaves (1979) e Freire (2019).

Através das Difrações de Raios-X, cujos resultados são apresentados resumidamente na Tabela 1. foram identificadas, nas 3 amostras, duas fases cristalinas: SiO_2 , correspondente ao quartzo, e $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, que corresponde a argilominerais do grupo da caulinita. Os argilominerais com essa composição possuem microestruturas do tipo 1:1, o que é consistente com a baixa atividade identificada para as frações argilosas nos ensaios de limites de consistência. O resultado obtido é similar aos encontrados por Freire (2019), na qual encontrou fases de quartzo e caulinita em solos do Pós Barreira do litoral do RN. No entanto, diferentemente de Chaves (1979), não foram identificadas a goetita e a hematita com clareza nas análises de DRX, apesar da análise química (FRX) identificar altos teores de óxido de ferro nas três amostras.

4.2 Curva de Retenção

Os pontos experimentais das sucções matriciais referente a trajetória de secagem e os ajustes desses pontos estão apresentados na Figura 5. As amostras AM-01 e AM-02 apresentaram dois valores de entrada de ar, ou seja, apresentaram curvas de retenção bimodais. A amostra AM-03, ao contrário das outras duas, apresentou apenas um valor de entrada de ar, conforme mostra a Figura 5. Os ajustes de todas as amostras foram realizados através do software SWRC Fit v.3.1, produzido por Seki (2007). A curva de retenção da amostra AM-03 foi ajustada utilizando o método de Van Genuchten (1980). Como esse método não contempla o ajuste de curvas bimodais, as curvas de retenção das Amostra AM-01 e AM-02 foram ajustadas através do método desenvolvido por Durner (1994), no qual uma curva multimodal é construída através de uma superposição linear de subcurvas do modelo de Van Genuchten. O formato bimodal geralmente é encontrado em solos que possuem uma distribuição heterogênea dos tamanhos dos poros, em que há poros maiores (macroporos) e poros menores (microporos) na estrutura (Seki, 2007).

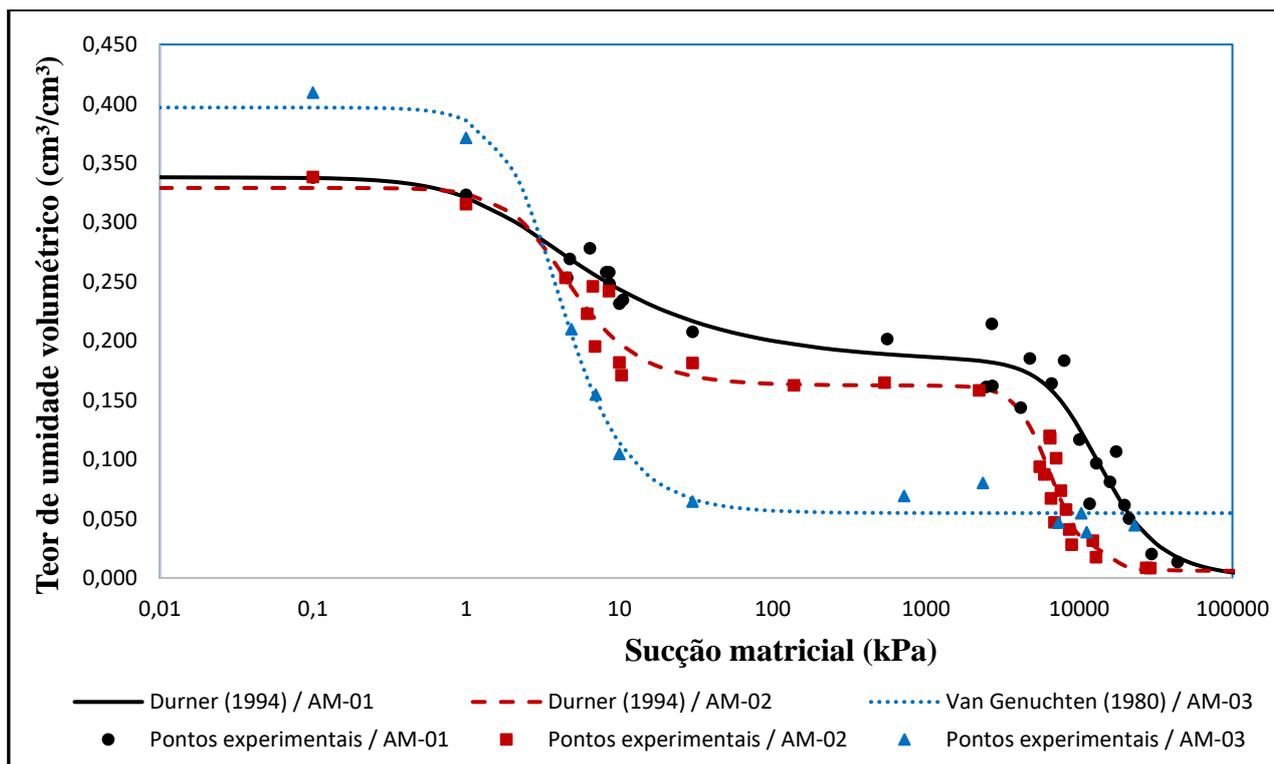


Figura 5: Curvas de retenção de água

Os parâmetros obtidos através dos ajustes estão expressos na Tabela 2. Os resultados obtidos através dos ajustes são considerados satisfatórios visto que para as amostras AM-01, AM-02 e AM-03 obteve-se coeficiente de determinação (R²) de 0,955; 0,963 e 0,990; respectivamente.

Tabela 2: Parâmetros de ajuste das curvas de retenção de água.

Amostra	Equação	Parâmetros	R ²
AM-01	$\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) \left(\frac{w_1 \left[\frac{1}{1 + (\alpha_1 \times h)^{n_1}} \right]^{m_1} + (1 - w_1) \left[\frac{1}{1 + (\alpha_2 \times h)^{n_2}} \right]^{m_2}}{1} \right)$	$\theta_s = 0.338$	0,955
		$\theta_r = 3.569e-06$	
		$w_1 = 0.464$	
		$\alpha_1 = 0.546$	
		$n_1 = 1.53$	
		$\alpha_2 = 9.267e-05$	
Durner (1994)	$n_2 = 2.69$		
AM-02	$\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) \left(\frac{w_1 \left[\frac{1}{1 + (\alpha_1 \times h)^{n_1}} \right]^{m_1} + (1 - w_1) \left[\frac{1}{1 + (\alpha_2 \times h)^{n_2}} \right]^{m_2}}{1} \right)$	$\theta_s = 0.329$	0,963
		$\theta_r = 0.00601$	
		$w_1 = 0.516$	
		$\alpha_1 = 0.291$	
		$n_1 = 2.409$	
		$\alpha_2 = 1.668e-04$	
Durner (1994)	$n_2 = 4.042$		
AM-03	$\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) \left[\frac{1}{1 + (\alpha \times h)^n} \right]^m$	$\theta_s = 0.39681$	0,990
		$\theta_r = 0.054703$	
		$\alpha = 0.31670$	
Van Genuchten (1980)	$n = 2.4913$		

No que diz respeito aos valores de entrada de ar das amostras AM-01 e AM-02, pode-se observar que a primeira entrada de ar, referente a drenagem dos macroporos, é aproximadamente 3 kPa. Esta primeira entrada de ar está relacionada á fração areia do solo, que compõe mais de 65% da massa do solo em ambas as amostras. Já a segunda entrada de ar, referente a drenagem dos microporos, é aproximadamente 7000 kPa e está relacionada a fração fina do solo, que é composta predominantemente por argila (maior do que 20% em massa) em ambos os solos (AM-01 e AM-02). Por fim, O valor de entrada de ar da amostra AM-03 é em torno de 2 kPa.

4.3 Resistência ao cisalhamento

Os resultados dos ensaios de compressão triaxial do tipo CD, estão apresentados nas Figuras 6 e 7. A Figura 6 mostra o comportamento tensão desviatória versus deformação axial, enquanto a Figura 7 apresenta a deformação volumétrica *versus* deformação axial.

A Figura 6 mostra que as amostras AM-01 e AM-02 apresentaram um comportamento frágil com pico de resistência bem definido após o qual há uma redução na tensão desvio em direção a resistência residual. Observa-se que os picos de resistência ocorreram com deformações menores do que 2%. A amostra AM-03 apresenta um comportamento de transição entre frágil e dúctil. A curva tensão desvio *versus* deformação apresenta um valor máximo de resistência para deformações entre 8 e 12%, crescente com a tensão confinante. Após atingir a ruptura, a tensão desvio apresentou uma leve queda nas tensões confinantes de 50 e 100 kPa e uma diminuição mais acentuada no ensaio com tensão confinante de 200 kPa. A análise da Figura 7 permite concluir que todas as amostras apresentaram comportamento similar a uma areia compacta, no qual apresenta inicialmente uma pequena compressão seguida de expansão até o final do ensaio. Observa-se que quanto maior o confinamento, maior é a compressão e menor a tendência de expansão.

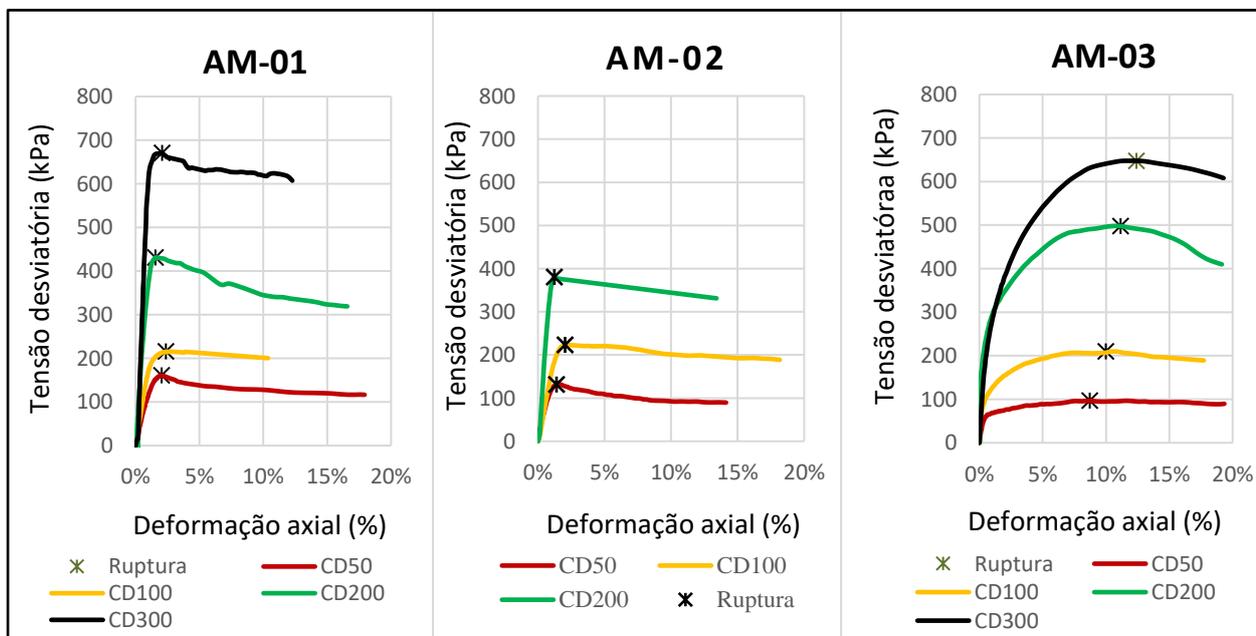


Figura 6: Tensão Desviatória versus Deformação Axial referente aos ensaios CD.

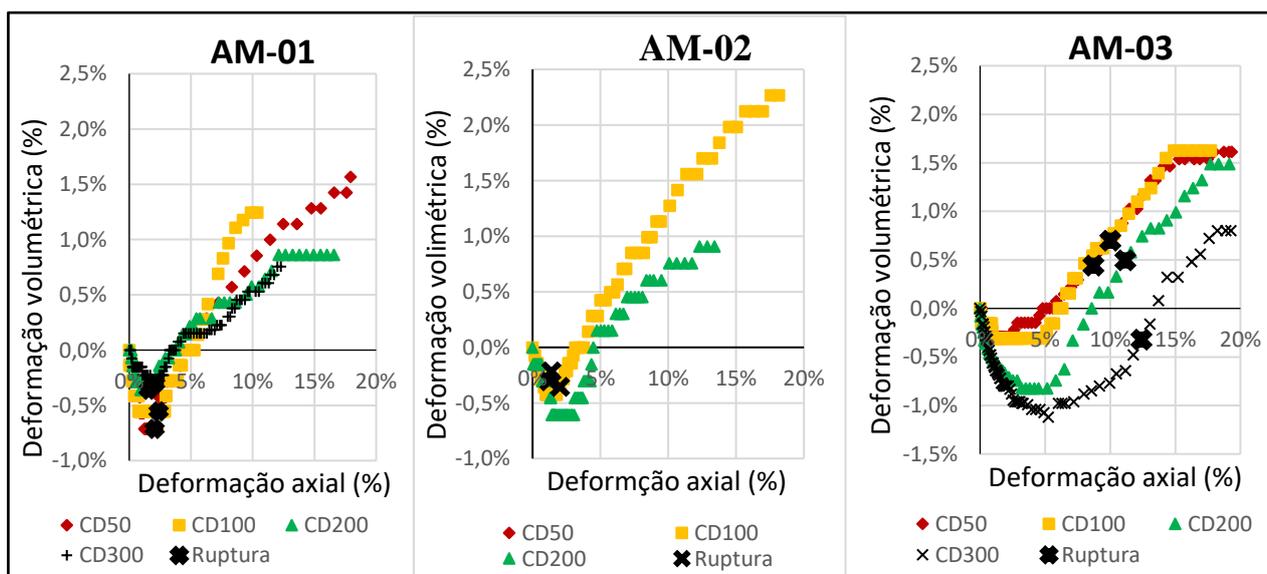


Figura 7: Deformação Volumétrica versus Deformação Axial referente aos ensaios CD

Os resultados dos ensaios de compressão triaxial do tipo CU estão apresentados nas Figuras 8 e 9, em termos de tensão desviatória *versus* deformação axial e de poropressão *versus* deformação axial, respectivamente.

Quanto a série de ensaios de compressão triaxial consolidados não drenados (CU), observa-se que a tensão desviatória apresenta uma tendência de crescimento mesmo após a ruptura (Figura 8), não apresentando um pico de resistência bem definido. Devido a isso, para os ensaios CU, foi utilizado, como critério de ruptura, a máxima relação σ_1' / σ_3' , na qual apresenta um pico de resistência bem definido. O aumento da tensão desviatória após a ruptura é atribuída ao acréscimo de resistência causada pelo surgimento de poropressão negativa, que apresenta uma tendência de crescimento após a ruptura, independentemente do nível de confinamento. Igualmente ao observado nos ensaios CD, todas as amostras apresentaram comportamento de uma areia compacta, em que se observa-se na Figura 9, o desenvolvimento inicial de poropressão positiva (tendência de compressão) seguida por um crescente de poro pressão negativa (tendência de expansão).

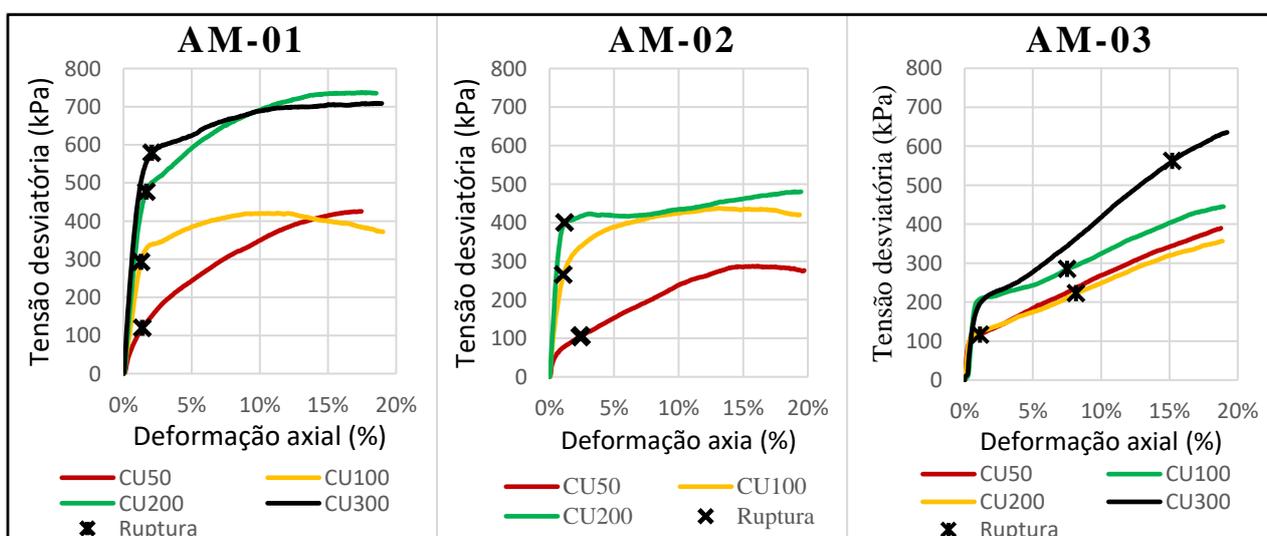


Figura 8: Tensão Desviatória versus Deformação Axial referente aos ensaios CU.

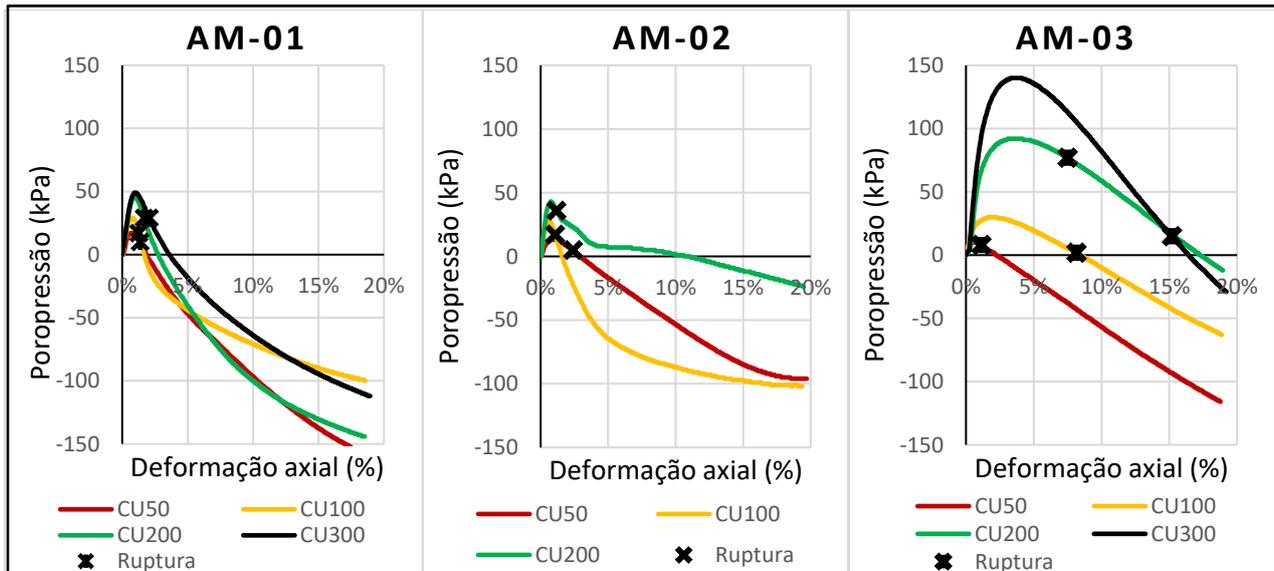


Figura 9: Poropressão versus Deformação axial referente aos ensaios CU.

A Figura 10 mostra as trajetórias de tensão efetiva no espaço $s' = (\frac{\sigma'_1 + \sigma'_3}{2})$ versus $t' = (\frac{\sigma'_1 - \sigma'_3}{2})$ dos ensaios CD e CU. A linha kf foi ajustada por uma função linear para cada amostra, utilizando os critérios de ruptura adotados para cada tipo de ensaio: Máximo valor de $(\sigma'_1 - \sigma'_3)$ para os ensaios CD e máxima relação (σ'_1/σ'_3) para os ensaios CU.

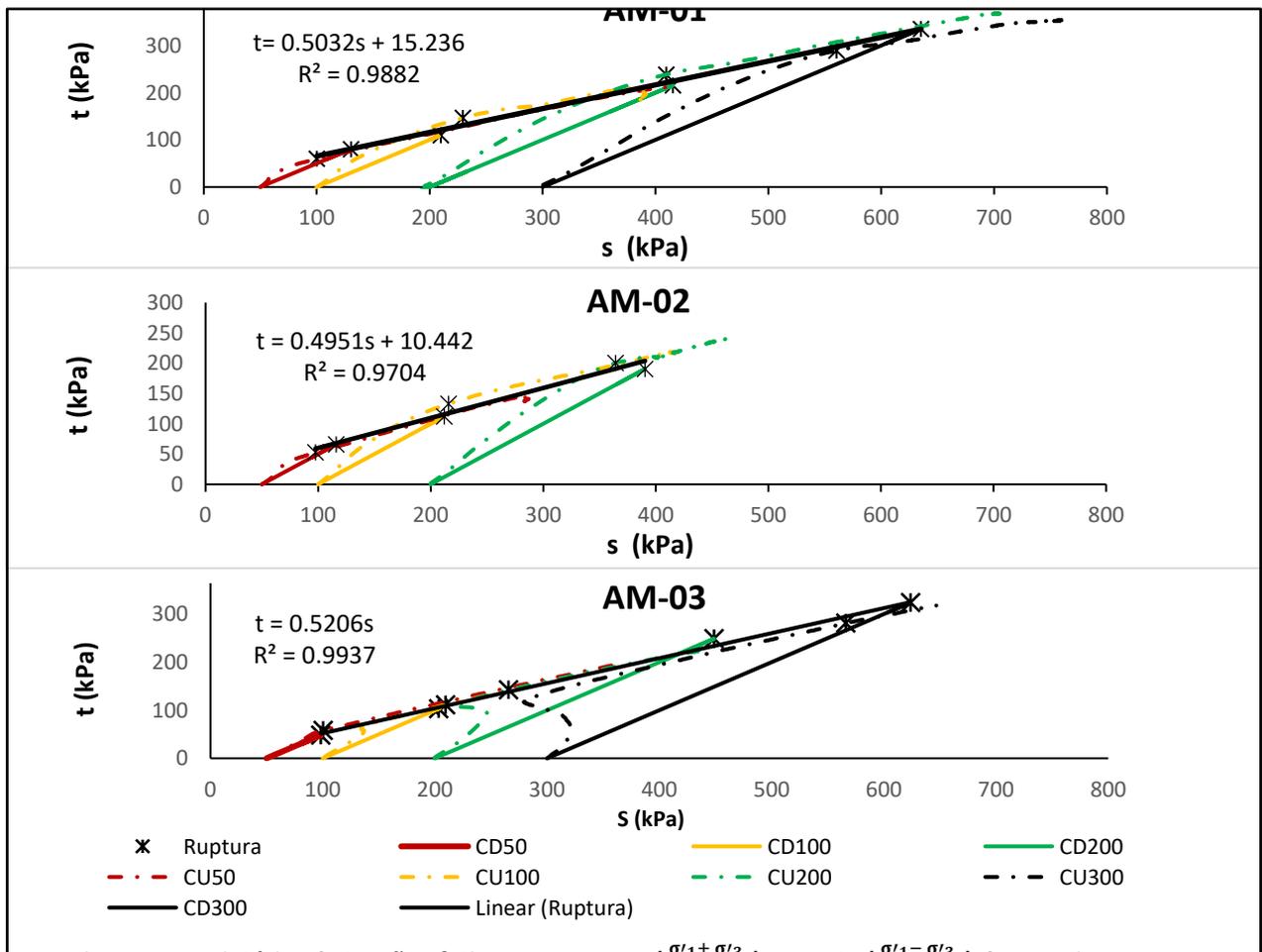


Figura 10: Trajetórias de tensão efetiva no espaço $s = (\frac{\sigma'_1 + \sigma'_3}{2})$ versus $t = (\frac{\sigma'_1 - \sigma'_3}{2})$ dos ensaios CD e CU

As curvas tensão *versus* deformação dos ensaios triaxiais não saturados com corpos de prova seco ao ar das amostras AM-01, AM-02 e AM-03 estão apresentadas na Figura 11.

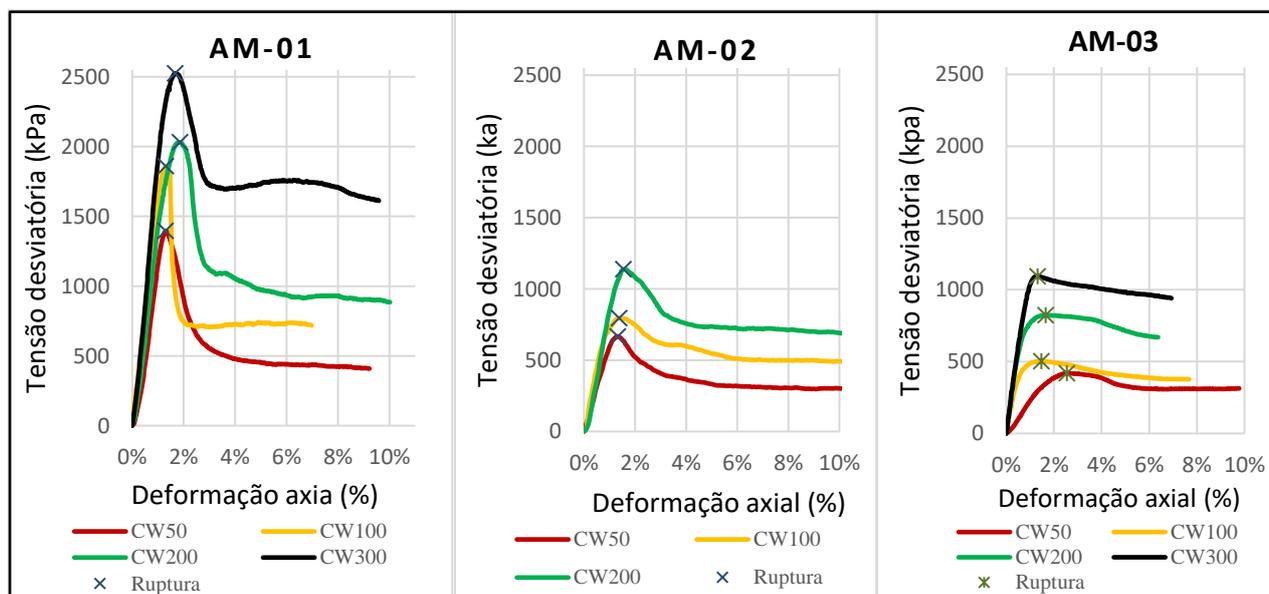


Figura 11: Tensão Desviatória versus Deformação Axial referente aos ensaios CW.

Os picos de resistência para as tensões confinantes de 50, 100, 200 e 300 kPa ocorreram entre 1 e 3% de deformação. Todas as amostras apresentaram picos bem determinados, independentemente do nível de confinamento. Ao contrário do que foi observado nos ensaios CD, a resistência residual se mostrou bastante diferente da resistência de pico. Os ensaios da amostra AM-03 são os que apresentaram picos menos pronunciados.

Os valores de resistência encontrados para as tensões confinantes de 50, 100, 200 e 300 kPa foram substancialmente superiores se comparados com os resultados obtidos nos ensaios saturados (CD e CU). Isso se deve ao acréscimo de resistência devido a existência de sucção. Nessa série de ensaios, o incremento de tensão confinante se mostrou menos significativo no aumento da resistência (tensão desviatória) do que nas séries de ensaios CD e CU. Nota-se então que a resistência de um solo residual parece ser mais influenciada pela sucção presente e menos pelo nível de confinamento aplicado. Não se pode descartar a interferência de outros mecanismos, como o desenvolvimento de cimentação no processo de secagem (Freitas Neto, 2008). O fato das amostras estudadas possuírem características lateríticas alimenta a hipótese de desenvolvimento de cimentação durante a secagem

A Figura 12 compara as linhas k_f dos ensaios CW com as linhas k_f obtidas através dos ensaios saturados (CD e CU). Os parâmetros da envoltória de resistência foram calculados a partir dos parâmetros da linha k_f . A Tabela 3 apresenta, para todas as amostras, os parâmetros da linha k_f e da envoltória de resistência obtidos através dos ensaios saturados (CD e CU) e não saturados (CW).

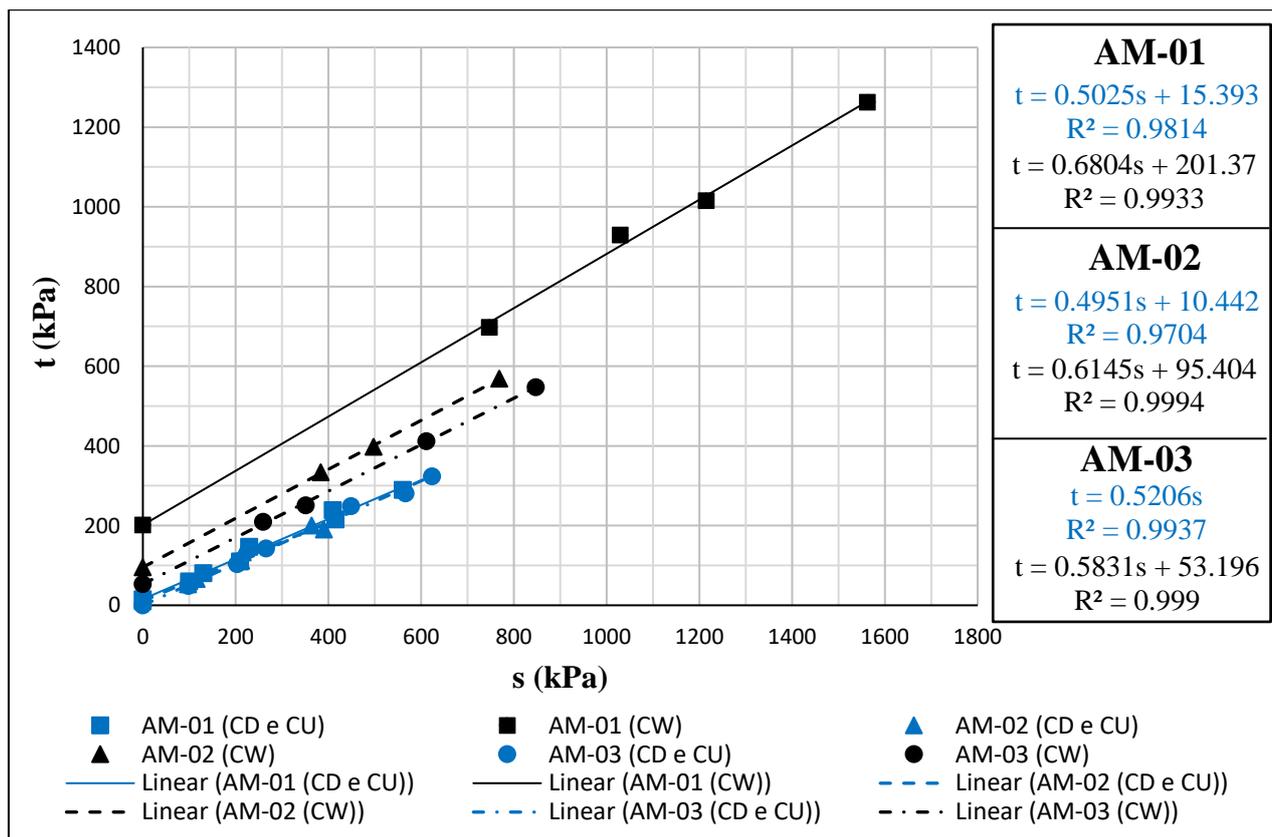


Figura 12: Envolvórias de resistência nas condições saturada e não saturada.

Tabela 3: Parâmetros de resistência para as condições saturada e não saturada.

Amostra	CONDIÇÃO SATURADA				CONDIÇÃO NÃO SATURADA			
	linha Kf		Envolvória de Resistência		linha Kf		Envolvória de Resistência	
	m' (kPa)	α' (°)	C' (kPa)	Φ' (°)	m' (kPa)	α' (°)	C' último (kPa)	Φ' último (°)
AM-01	15,40	26,68	17,80	30,16	201,37	34,16	276,38	42,74
AM-02	10,44	26,36	12,01	29,67	95,40	31,57	120,93	37,92
AM-03	4,00	27,05	4,65	30,71	53,20	30,24	65,48	35,67

A amostra AM-01 apresentou a maior coesão (276,38 kPa), provavelmente devido a sua maior quantidade finos e a amostra AM-03 apresentou a menor coesão (65,48) kPa, que por sua vez apresenta a menor quantidade de finos. Esse elevado aumento no intercepto de coesão quando comparado a condição saturada é atribuído ao surgimento de coesão aparente causado pela sucção. Observa-se que o ângulo de atrito também aumenta significativamente, atingindo valores 41%, 28% e 16% maiores para as amostras AM-01, AM-02 e AM-03, respectivamente. Comportamento semelhante foi observado por Souza (2018). Na condição saturada todas as amostras apresentaram ângulo de atrito em torno de 30° e coesão próxima de zero.

4.4 Resistência a tração

A Tabela 4 apresenta os índices físicos dos corpos de prova ensaiados e suas respectivas resistências a tração. Como esperado, a amostra AM-01 apresentou o maior valor de resistência a tração, em torno de 100 kPa, na condição de teor de umidade seco ao ar. Nessa mesma condição, A amostra AM-03 foi a que registrou a menor resistência a tração, aproximadamente 37 kPa. Esses

resultados são coerentes com os valores de resistência ao cisalhamento encontrados nos ensaios CW, em que a amostra AM-01 também se apresentou como a mais resistente.

Tabela 4: Resultados dos ensaios de compressão diametral.

AMOSTRA	γ_d (g/cm ³)	e	w (%)	θ (cm ³ /cm ³)	S (%)	Resistência a tração (kPa)	Tipo de Ruptura
AM-01	1.87	0.41	1.32%	0.02	9%	90.32	Frágil
	1.89	0.39	1.89%	0.04	13%	105.02	Frágil
	1.88	0.40	2.01%	0.04	13%	101.12	Frágil
	1.86	0.41	10.17%	0.19	65%	11.68	Frágil
	1.84	0.43	12.72%	0.23	79%	3.08	Dúctil
	1.87	0.41	13.15%	0.25	86%	4.04	Dúctil
AM -02	1.77	0.49	0.40%	0.01	2%	80.20	Frágil
	1.82	0.45	5.44%	0.10	32%	36.79	Frágil
	1.78	0.48	6.14%	0.11	33%	51.35	Frágil
	1.79	0.47	10.33%	0.18	58%	0.77	Dúctil
	1.68	0.57	11.83%	0.20	55%	1.41	Dúctil
AM-03	1.65	0.59	0.35%	0.01	2%	37.72	Frágil
	1.64	0.61	0.32%	0.01	1%	37.26	Frágil
	1.54	0.70	1.83%	0.03	7%	29.15	Frágil
	1.58	0.66	8.49%	0.13	34%	0.27	Dúctil
	1.55	0.70	12.10%	0.19	45%	0.14	Dúctil

Observa-se, para todas as amostras, uma diminuição significativa de resistência com o aumento do grau de saturação, atingindo valores desprezíveis de resistência para elevados teores de umidade. Isso evidencia que a resistência a tração das amostras é devida a sucção desenvolvida nos solos não saturados. A Tabela 4 mostra que a amostra AM-03 apresenta resistência a tração próxima de zero para um grau de saturação de 34%, enquanto as amostras AM-01 apresentou resistência de 11,86 kPa para um grau de saturação de 65% e a amostra AM-02 registrou resistência de 36.79 kPa para um grau de saturação de 32%. Conclui-se então que a queda de resistência da amostra AM-03 é mais acentuada, que pode ser justificado pelo baixo valor de entrada de ar (aproximadamente 2 kPa) da sua curva de retenção, valor bem inferior quando comparado com o segundo valor de entrada de ar das curvas bimodais das amostras AM-01 e AM-02 (aproximadamente 7000 kPa).

4.5 Permeabilidade

A Tabela 5 apresenta os dados dos CP's ensaiados e os respectivos coeficientes de permeabilidade obtidos. Os valores apresentados se referem a permeabilidade corrigida para a temperatura de 20° (k20°). A amostra do topo (AM-03) é a mais permeável dos solos estudados, apresentando coeficiente de permeabilidade compatível com uma areia pura. As amostras AM-01 e AM-02 apresentam permeabilidade compatível com areias siltosa, sendo a amostra AM-01 menos permeável, provavelmente devido ao seu maior percentual de finos e menor índice de vazios.

Tabela 5: Resultados dos ensaios de permeabilidade.

Amostra	Dados do CP				k _{20°} (m/s)
	γ_d (g/cm ³)	e	w final	S _{final} (%)	
AM-01	2.01	0.32	12.83%	100%	1.65 x 10 ⁻⁷
AM-02	1.87	0.41	13.60%	88%	1.16 x 10 ⁻⁶
AM-03	1.67	0.58	19.68%	90%	1.62 x 10 ⁻⁵

5 CONCLUSÕES

Este trabalho trata-se de uma pesquisa pioneira na região da Praia de Barra de Tabatinga/RN com relação a caracterização dos solos da falésia. Os sedimentos estudados apresentam características químicas mineralógicas e geotécnicas semelhantes. Com relação a essas características, as diferenças encontradas entre as três amostras estudadas estão associadas a distribuição granulométrica, na qual a amostra da base e a do topo apresentam a maior e a menor quantidade de finos, respectivamente, e ao índice de vazios, em que a amostra da base se apresentou menos porosa e a amostra do topo a mais porosa. Todas as amostras apresentaram baixa plasticidade e baixo índice de atividade da fração argila. As análises químicas identificaram silício, alumínio e ferro como os principais óxidos. As análises mineralógicas identificaram Quartzo e Caulinita.

De acordo com o Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS), as amostras AM-01, AM-02 e AM-03 foram classificadas como de comportamento similar à de uma areia siltoargilosa (SM-SC), areia siltosa (SM) e areia mal graduada (SP), respectivamente. A partir da análise química, foi calculada a relação sílica/sesquióxido (Kr) para a fração ensaiada, que resultou em Kr de 1,38; 1,13 e 0,86 para as amostras AM-01, AM-02 e AM-03, respectivamente, dando indícios de solos com características lateríticas (Kr <2).

As curvas de retenção de água das amostras da base e do meio apresentaram certa semelhança, sendo as duas possuidoras de dois valores de entrada de ar (Curvas bimodais). A amostra do topo apresentou um único valor de entrada de ar, devido ao pequeno percentual de finos que ela possui. Constatou-se nessa pesquisa uma boa relação entre a sucção e o teor de umidade volumétrico do solo, apresentando coeficientes de determinação (R²) superiores a 95% para as funções de ajustes adotadas, Durner (1994) para as curvas bimodais e Van Genuchten (1980) para a curva unimodal.

Nos ensaios triaxiais CD e CU, as três amostras apresentaram comportamento típicos de areias compactadas, para todos os níveis de confinamento ensaiados. Sendo necessário a utilização do critério de máxima relação q'/p' para a definição da ruptura nos ensaios CU.

Na condição saturada, as amostras apresentam valores de ângulo de atrito semelhantes (em torno de 30°) e baixos valores de coesão (próximos de zero). No entanto, quando não saturadas (ensaios CW), os parâmetros de resistência aumentam consideravelmente, principalmente a coesão. A amostra da base apresentou os maiores valores de coesão e ângulo de atrito ($c'_{\text{última}} = 276,38$ kPa e $\phi'_{\text{último}} = 42,74^\circ$) na condição não saturada, e a amostra do topo apresentou os menores valores ($c'_{\text{última}} = 65,48$ kPa e $\phi'_{\text{último}} = 35,67^\circ$).

As amostras da base e do topo apresentaram a maior e menor resistência a tração, respectivamente. A amostra do meio apresentou valor intermediário. Com o aumento do grau de saturação a resistência diminui atingindo valores desprezíveis. A amostra do topo é a que apresenta a maior influência da água na redução da resistência

A amostra do topo é a mais permeável dos materiais estudados, apresentando coeficiente de permeabilidade compatível com uma areia pura. As amostras AM-01 e AM-02 apresentam permeabilidade compatível com areias siltosas, sendo a amostra AM-01 menos permeável, provavelmente devido ao seu maior percentual de finos e menor índice de vazios.

6 REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM D3967-95a. (2001) Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Intact Rock Core Specimens. Estados Unidos, Pensilvânia.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. D4767 (2011). Standard Test Method for Consolidated Undrained Triaxial Compression Test for Cohesive Soils. Estados Unidos, Pensilvânia.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. D5084 (1990). Standard Test Method for Measurement of hydraulic conductivity of saturated porous materials using a flexible wall permeameter. Estados Unidos, Pensilvânia. 8p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM D5298-03 (2007). Standard Test Method for Measurement of Soil Potential (Suction) Using Filter Paper. Annual Book of ASTM Standards, Soil and Rock (I), v. 4, n. 8, ASTM International, West Conshohocken, PA.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. D7181 – 11 (2015). Standard Test Method for Consolidated Drained Triaxial Compression Test for Soils. Estados Unidos, Pensilvânia.

BARBOSA, N. M. (2017). Estabilidade das Falésias da Barreira do Inferno – RN. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

CARVALHO JR, H. G.; MOURA, D. S. S; SEVERO, R. N. S.; SANTOS JR, O. F.; MACEDO NETO, O. C.; LOPES, R. L. (2009). Efeito do umedecimento e da velocidade de deformação sobre a resistência de solos cimentados artificialmente. *Holos*, 25(2), 39-51.

CHAVES, L. F. M. (1979). Propriedades Químicas e Mineralógicas de Três Solos Vermelhos Tropicais do Estado do Rio Grande do Norte. 144 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1979.

CUNHA, J. E. V. (1979). Solos Lateríticos Estabilizados com Cimento Através da Metodologia da ABCP. 138 f. CC

- DURNER, W. (1994). Hydraulic conductivity estimation for soils with heterogeneous pore structure, Water Resour.
- FREIRE, L. V. (2019). Comportamento mecânico de misturas de areia e finos de um sedimentos Pós-Barreiras da cidade de Natal-RN. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- LUCENA, T. S. (2015). Efeito da variação do teor de umidade e da energia de compactação sobre as propriedades mecânicas de um solo laterítico. 2015. 13 f. TCC (Graduação) - Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- MARINHO, F. A. M. (1994). Medição de sucção com o método do papel filtro. In X CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES. Anais X Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações. Foz do Iguaçu, PR, 1994, v.2, p. 515-522
- PACHECO, G. H. S.; FREITAS NETO, O.; SEVERO, R.N.F. (2006). Análise da estabilidade das falésias de Tibau do Sul por métodos de equilíbrio-limite. *Holos*, 22, 78-100.
- PEREIRA, I.C.B.B.A. (2004). Contribuição ao Conhecimento do Meio Físico da Região do Complexo Estuarino-Lagunar Nísia Floresta-Papeba-Guarairas. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN.
- PEREIRA, K.L.A. (2012). Estabilização de um solo com cimento e cinza de lodo para uso em pavimentos. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN.
- ROSSETTI, D. F.; BEZERRA, F. H. R.; DOMINGUEZ, J. M. L. (2013). Late oligocene-miocene transgressions along the equatorial and eastern margins of brazil. *Earth-Science Reviews*, v. 123, p. 87–112.
- SANTOS JÚNIOR, O. F.; COUTINHO, R. Q.; SEVERO, R. N. F. (2015). Propriedades Geotécnicas dos Sedimentos da Formação Barreiras no Litoral do Rio Grande do Norte - Brasil. *Geotecnia*, v. 134, p. 87–108, 2015.
- SANTOS NETA, B.G., FREITAS NETO, O., CAVALCANTE, E.H. (2020). Geotechnical characterization and risk analysis of urban slope instability in the city of Aracaju-Brazil. *Holos*, 36(4), 1-17.
- SEKI, K. SWRC fit - a nonlinear fitting program with a water retention curve for soils having unimodal and bimodal pore structure. *Hydrol Earth Syst.*
- SEVERO, R. N. F. (2005). Análise da Estabilidade das Falésias entre Tibau do Sul e Pipa - RN. 2005. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- SEVERO, R. N. F. (2011). Caracterização Geotécnica da Falésia da Ponta do Pirambu em Tibau do Sul - RN considerando a Influência do Comportamento dos Solos nos Estados Indeformado e

Cimentado Artificialmente. 2011. Tese (Doutorado Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

SILVA, B. M. F. (2019). Análise probabilística de estabilidade de falésias no litoral do RN. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

SILVA, B. M. F. (2020). Erosão em falésias costeiras e movimentos de massa do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. São Paulo, UNESP, Geociências, v.39, n.2, p. 447 – 461.

SILVA, W. S. (2003). Estudo da Dinâmica Superficial e Geotécnico das Falésias do Município de Tibau do Sul - Litoral Oriental do RN. 2003. 157 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

SOUSA, R. A. (2018). Resistência e compressibilidade de solos da Formação Barreiras da Região de Natal/RN. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

SOUZA JR., C. (2013) Análise da estabilidade de falésias na zona costeira de Baía Formosa/RN. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

SOUZA, T. A. C. (2016). Efeito da variação da energia de compactação sobre as propriedades mecânicas de um solo laterítico. 2016. 18 f. TCC (Graduação) - Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

TAQUEZ, D. E. D. (2017). Susceptibilidade à ocorrência de movimentos de massa e avaliação da estabilidade de falésias sob condição não saturada: Estudo de caso no Centro de Lançamentos da Barreira do Inferno – Brasil. Dissertação (Mestrado Em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

VAN GENUCHTEN, M. T. (1980). A Closed form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soil, Soil Science. Am. Journal, v. 44, n. 5, pp.892- 898.

WINTERKORN, Hans F.; FANG, Hsai-yang. (1991). Soil Technology and Engineering properties of soils. In: FANG, Hsai-yang. Foundation Engineering Handbook. 2. ed. Nova York: Chapman & Hall. Cap. 3. p. 88-143.

COMO CITAR ESTE ARTIGO:

MORAIS, A. D., SANTOS JR, O. F., FREITAS NETO, O. (2020). Propriedades geotécnicas de sedimentos da formação barreiras nas falésias de Barra de Tabatinga litoral oriental do Rio Grande do Norte/Brasil. *Holos*. 36(7), 1-20.

SOBRE OS AUTORES

A. D. MORAIS

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Mestre em engenharia civil com ênfase em engenharia geotécnica pelo Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil (PEC/UFRN). Concluiu o curso Técnico Integrado em Edificações (2012), no Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN). Atuou como Técnico em edificações no Laboratório de Mecânica dos Solos da

Universidade Federal do Rio Grande do Norte entre 2015 e 2019. Atualmente é técnico em edificações no Laboratório de Construção Civil do IFRN (Campus Mossoró). E-mail: anderson_dantas94@hotmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2363-022X>

O. F. SANTOS JR

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (1983), mestrado em Geotecnia pela Universidade de São Paulo (1989) e doutorado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1996). Realizou Estágio de Pós-Doutorado na University of British Columbia (2007), na Universidade Federal de Pernambuco (2014) e na Glasgow Caledonian University - Escócia (2015). Atualmente é Professor Titular da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), onde atua no Curso de Graduação em Engenharia Civil e no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Atua ainda como docente no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Tem experiência na área de Geotecnia, atuando principalmente nos seguintes temas: mecânica dos solos experimental e estabilidade de encostas. E-mail: olavo.santos@ufrn.edu.br

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7552-6646>

O. FREITAS NETO

Engenheiro Civil formado pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN (2006), Mestre em Geotecnia pela Universidade de São Paulo - EESC (2008) e Doutor em Engenharia Civil pela Universidade de Brasília - UnB (2013). Atualmente é Professor Efetivo do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal Rio Grande do Norte, onde atua nos cursos de Graduação e Pós-Graduação e em Engenharia Civil (PEC-UFRN). Tem como principais interesses em pesquisa: Fundações, Estabilidade de Encostas, Ensaios de Laboratório e de Campo em Solos Saturados e Não Saturados, Estruturas de Contenção, Melhoramento de Solos e Simulações Numéricas de Problemas de Engenharia Geotécnica. Tem diversos trabalhos publicados em revistas, congressos e simpósios de nível nacional e internacional e experiência na elaboração de Projetos e prestação de Consultoria e Assessoria Técnica em Geotecnia. E-mail: osvaldocivil@ufrn.edu.br

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9488-4123>

Editor(a) Responsável: Francinaide de Lima Silva Nascimento

Pareceristas Ad Hoc: VANDERVILSON CARNEIRO E JOSÉ FERREIRA DA SILVA

