ANÁLISE DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DE ROCHA SEDIMENTAR PROVENIENTE DA PLANÍCIE COSTEIRA DA CIDADE DE MACEIÓ/AL

BÁRBARA CRISTIANE ALCIDES DA COSTA[1], MONAIRA CRISTIANE ALCIDES DA COSTA[2], JULIANE ANDRÉIA FIGUEIREDO MARQUES[3] e RICARDO FIGUEIREDO MARQUES[4]

[1]Graduanda em Engenharia Civil, UNIT, Maceió-AL, barbara.bcc@hotmail.com;
[2]Graduanda em Engenharia Civil, UNIT, Maceió-AL, monairacristiane@hotmail.com;
[3]Dra. em Geotecnia, Prof.ª Adj. UFAL/ Responsável técnico da AGM Geotécnica, Maceió-AL, julianemarques@hotmail.com;
[4]Me. em Geotecnia/ Responsável técnico da AGM Geotécnica, Maceió-AL, ricardofmarques@yahoo.com.br

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
Palmas/TO – Brasil
17 a 19 de setembro de 2019

RESUMO: As rochas são corpos sólidos resultados de processos geológicos determinados, formadas por um ou mais minerais. A classificação petrográfica é obtida com base na sua mineralogia, arranjo textural e granulometria, assim, o conjunto desses parâmetros define o comportamento mecânico das rochas. O presente trabalho tem por objetivo determinar o comportamento mecânico de arenitos - Rochas sedimentares de Maceió/AL - justificando o mesmo com base na composição mineralógica e em sua microestrutura. A região selecionada para o estudo está localizada no bairro de Cruz das Almas, pertencente à planície costeira do município de Maceió. A análise dos resultados obtidos através de ensaios em laboratório permite a constatação do quartzo como principal elemento mineralógico, sendo este reafirmado pela presença majoritária e significativa de Silício (Si) e teores de Cálcio (Ca). Dessa forma, aliado às conclusões dos ensaios de resistência mecânica e verificações granulométricas, é possível a classificação do material em estudo como arenito brando.
PALAVRAS-CHAVE: Mecânica das rochas; Rocha Sedimentar; Arenito.

ANALYSIS OF THE MECHANICAL BEHAVIOR OF SEDIMENTARY ROCK FROM THE COASTAL PLAIN OF THE CITY OF MACEIÓ / AL

ABSTRACT: Rocks are solid bodies results of determined geological processes, formed by one or more minerals. The petrographic classification is obtained based on its mineralogy, textural arrangement and granulometry, thus, the set of these parameters defines the mechanical behavior of the rocks. The present work aims to determine the mechanical behavior of sandstones - Maceió / AL sedimentary rocks - justifying the same based on the mineralogical composition and its microstructure. The region selected for the study is located in the neighborhood of Cruz das Almas, belonging to the coastal plain of the municipality of Maceió. The analysis of the results obtained through laboratory tests allows the quartz to be verified as the main mineralogical element, which was reaffirmed by the presence of major and significant silicon (Si) and calcium (Ca) contents. Thus, in addition to the conclusions of the mechanical strength tests and granulometric checks, it is possible to classify the study material as soft sandstone.
KEY WORDS: Rock mechanics; Sedimentary Rock; Sandstone.

INTRODUÇÃO

Segundo Gusmão Filho (2002), as rochas sedimentares resultam da quebra de outras rochas, quando os produtos da desintegração e decomposição são transportados, depositados e parcial ou totalmente cimentados em um novo tipo de rocha. Esse ciclo de formação das rochas sedimentares começa pelo intemperismo, que decompõe quimicamente ou desintegra mecanicamente rochas mais

antigas, transformando-as em sedimentos e solos. A Figura 1 apresenta o processo de formação dessas rochas.

Figura 1. Processo de formação das rochas sedimentares (Autor, 2019).

Toda rocha sujeita a uma determinada solicitação, deforma-se para suportá-la. Dá-se o nome de compressibilidade à propriedade que caracteriza as deformações volumétricas sofridas pelo solo e/ou rocha, quando carregado. Segundo Oliveira (1998), um dos aspectos mais importantes em projetos e obras associados à Engenharia Geotécnica é a determinação das deformações (recalques) devido a carregamentos verticais aplicados na superfície do terreno ou em camadas próximas à superfície. Para prever tais deformações, é necessária a realização de ensaios de campo e de laboratório para determinação dos parâmetros correspondentes.

Com o objetivo de se estudar o comportamento mecânico de uma rocha sedimentar proveniente da planície costeira da cidade de Maceió/Al, foram realizados ensaios com base na composição mineralógica da rocha e sua microestrutura. Além dos ensaios mecânicos (compressão axial simples e adensamento) com amostras indeformadas.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho consiste na execução das seguintes etapas: levantamento da bibliografia relacionada ao tema, principalmente no que se refere ao comportamento de rochas sedimentares; caracterização física da rocha em estudo; realização dos ensaios para determinação da mineralogia e características estruturais da rocha; execução dos ensaios mecânicos (compressão axial simples e adensamento) com amostra indeformada; interpretação e análise dos resultados.

A amostra de rocha (Figura 2) foi coletada a partir da execução das fundações em estacas de um edifício residencial, situação no bairro de Cruz das Almas, localizado na planície costeira de Maceió/AL. A amostra foi retirada com o auxílio de um trado mecanizado, a aproximadamente 10,0 m de profundidade, após as sondagens com SPT apresentarem solo impenetrável à percussão aos 9,53 m (Figura 3).

Após a coleta da rocha sedimentar e levantamento bibliográfico relacionado ao tema, as características físicas foram determinadas mediante a execução de ensaios básicos como granulometria, peso específico dos grãos e limites de liquidez e plasticidade, seguindo as recomendações das normas NBR 7181/84, NBR 6508/1984, NBR 6459/8 e, NBR 7180/84, respectivamente.

Determinou-se a mineralogia através da execução de ensaios de Difração por Raios-X (DRX) nas amostras da rocha. Já a caracterização estrutural foi realizada a partir de ensaios de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) em amostras indeformadas. Essa técnica permite uma observação das amostras ampliadas em muitas vezes com boa resolução de imagens, proporcionando a caracterização morfológica dos constituintes da amostra. Além disso, em contraste com a microscopia óptica, a imagem do microscópio eletrônico é obtida de uma amostra tridimensional, permitindo avaliar melhor a estrutura da rocha. Essa técnica vinculada ao analisador de energia dispersiva (EDS) contribui consideravelmente na identificação da constituição química do mineral, pois permite a análise detalhada do mesmo e de suas alterações.

Os ensaios de adensamento e compressão axial simples foram executados de acordo com as orientações da MB – 3336/90 e NBR 12770/94, respectivamente e foram realizados no laboratório de Mecânica dos solos da UNIT/AL.

Figura 2. Amostra da rocha sedimentar utilizada nos ensaios (Autor, 2019)

Figura 3. Perfil do subsolo do terreno onde foram retiradas as amostras (AGM, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ensaios de caracterização física foram realizados nas amostras de rocha, com o objetivo de determinar a distribuição dos grãos constituintes da rocha nos diversos intervalos de diâmetros, que são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados dos ensaios de caracterização da rocha (Autor, 2019).

Granulometria – ABNT (%)					Limites de Atterberg (%)		ɣnat (g/cm³)	ɣd (g/cm³)	W (%)	ɣs (g/cm³)	n
Pedregulho	Areia Grossa	Areia Média	Areia fina	Silte e argila	LL	LP					
1	53	40	3	3	--	--	1,757	1,755	0,11	2,598	0,322

A grande quantidade de areia (96%, Tabela 1) presente na rocha em estudo define-a como arenito, que segundo Gusmão Filho (2002), arenitos são rochas sedimentares constituídas principalmente de grãos de quartzo, de areias a pedregulhos consolidados e cimentados. Devido ao baixo teor de argila, a amostra não apresentou limites de consistência.

Foram realizados ensaios de compressão axial simples a partir de amostras indeformadas, moldadas de forma cilíndrica com dimensões de 5 cm x 10 cm. Nesse ensaio os corpos de prova são submetidos a uma força axial, distribuída de modo uniforme em toda a seção transversal do corpo de prova e permite quantificar a carga máxima suportada quando a amostra é submetida a esses esforços. Os resultados obtidos estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados do ensaio de resistência à compressão axial simples (Autor, 2019).

Amostra	Área da seção (m²)	Carga (tf)	δ (MPa)
01	0,002	0,46	2,334
02	0,002	0,29	1,478
03	0,002	0,27	1,376

Rocha (1977), comparando os resultados obtidos em numerosos ensaios realizados numa grande variedade de solos e rochas, concluiu que a resistência à compressão uniaxial e a coesão são as características mais apropriadas para estabelecer fronteira entre solos e rochas e ainda, classificá-las. De acordo com a classificação da ISRM (Sociedade Internacional de Mecânica das Rochas) disposta na Figura 4, a rocha em estudo é classificada como rocha branda.

Figura 4. Classificação das rochas de acordo com a ISRM (ISRM, 1978)

Pinho (2003) sugere que as rochas brandas constituem um grupo de materiais geológicos, para os quais a resistência à compressão uniaxial, se situa aproximadamente no intervalo entre 0,5 e 25 MPa, dependendo do sistema de classificação adotado. Esse autor refere ainda que o limite inferior considerado está relacionado com o fato de serem raras as referências bibliográficas sobre solos com uma resistência à compressão uniaxial superior a 0,5 MPa, enquanto que, considerando comportamento das rochas brandas, assim como os vários sistemas de classificação proposto na bibliografia, o valor de 25 MPa para o limite superior, parece ser o mais adequado.

A análise de difração de raios-X foi realizada nas frações finas da amostra, correspondentes ao material que passa na peneira #200 (silte e argila). As faixas de varredura utilizadas no ensaio foram de 5.0 – 65°2ɵ. As intensidades elevadas dos picos referentes ao quartzo, relativamente aos outros picos, indicam que o mineral ocorre com frequência nas amostras. A caulinita, argilomineral formado pela precipitação a partir da dissolução dos grãos de feldspatos, também aparece na amostra, mas com pouca intensidade.

Com uma pequena amostra da rocha foi realizado o EDS com o objetivo de determinar a composição química da rocha apresentado na Figura 5. Este tipo de equipamento é especialmente indicado para a análise química de microestruturas, podendo identificar a composição química de partículas a partir de 5 mícrons de tamanho. Na Figura 6 encontram-se os elementos identificados.

Figura 5. Elementos presentes na amostra através do ensaio de EDS (Autor, 2019).

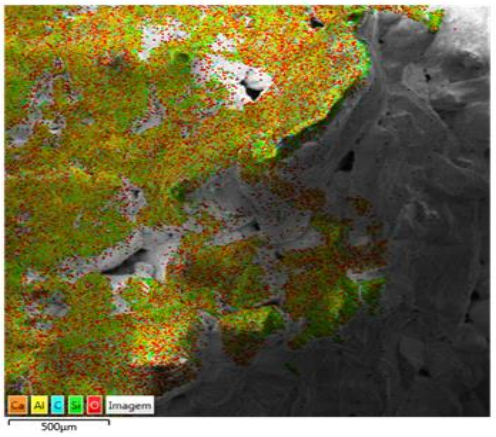
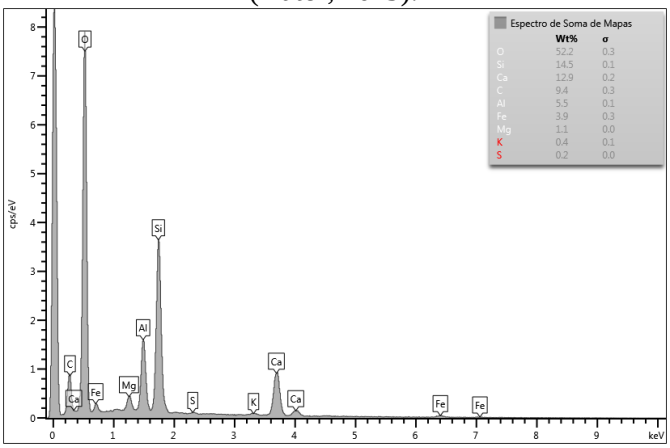


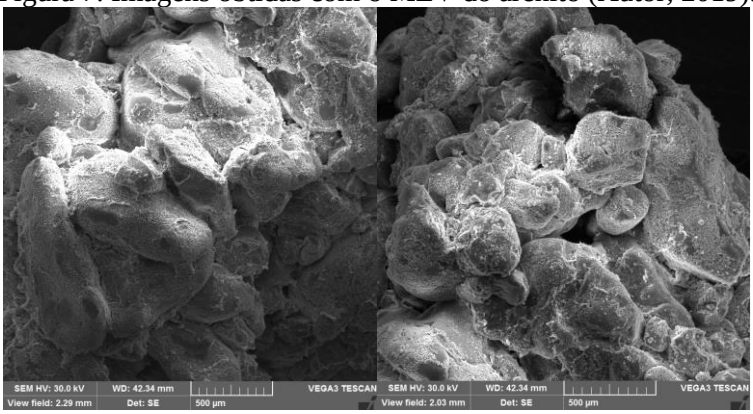
Figura 6. Espectro dos elementos identificados no EDS (Autor, 2019).



Segundo Nóbrega et al (2016), o teor majoritário de silício (Si) é esperado em arenitos, pois a rocha é uma composta principalmente de quartzo que tem em sua composição química o silício (SiO2) e os teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al) e potássio (K) são advindas da rocha que precedeu esse arenito, que poderiam ter na sua composição mineralógica feldspatos que são aluminosilicatos de potássio (K) de sódio (Na) ou de cálcio (Ca).

A Figura 7 apresenta imagens obtidas no MEV do arenito de pontos de interesse. Devido à maneira como as imagens são criadas, imagens de MEV tem uma aparência tridimensional característica e são úteis para avaliar a estrutura e topografia superficial da amostra.

Figura 7. Imagens obtidas com o MEV do arenito (Autor, 2019).



Ainda para a análise das propriedades mecânicas foi realizado ensaio de adensamento unidimensional a partir de amostra indeformada da rocha. No início do ensaio os corpos de prova receberam uma tensão de pré-adensamento de 5 kPa durante 5 minutos e após esse tempo, os mesmos foram inundados ao mesmo momento que receberam o carregamento de 10 kPa. Os acréscimos de tensão durante a etapa de carregamento e descarregamento foram executados de acordo com a norma.

A estrutura da amostra é um fator importante na definição da sua compressibilidade. Os componentes granulares transmitem os esforços diretamente entre partículas. Por esta razão, a compressibilidade de amostras arenosas é inferior a das argilosas.

CONCLUSÃO

As propriedades das rochas brandas incluem as características geológicas, assim como as características químicas, físicas e mecânicas, que podem ser facilmente identificadas com ensaios de laboratório. A resistência à compressão uniaxial é o critério mais utilizado que diferencie solos de rochas.

Por se tratar de uma rocha arenosa com pouco percentual de finos o resultado do adensamento não apresentou recalques significativos. No ensaio realizado as deformações do corpo de prova, observados através da leitura do extensômetro ocorreram de forma rápida e se estabilizaram pouco tempo depois do aumento da tensão.

Desta forma, é de extrema importância a correta caracterização das rochas determinando-se principalmente sua mineralogia, o tipo e modo do material presente na cimentação, a porosidade e as estruturas presentes que podem fornecer recursos para o entendimento de suas características mecânicas, pois são dados relevantes e que podem ser levados em conta em projetos de engenharia civil.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 7181: Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1984.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 6459: Solo - Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 1984.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 7180: Solo - Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 1984.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 6508: Solo - Determinação da densidade real dos grãos. Rio de Janeiro, 1984.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 12007: Solo - Ensaio de adensamento unidimensional. Rio de Janeiro, 1990.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 12770: Solo - Determinação da resistência à compressão não confinada. Rio de Janeiro, 1992.

Gusmão Filho, J. de A. Solos da Formação Geológica ao Uso na Engenharia. 2 ed. Recife: Editora Universitária UFPE, 2002.

ISRM. Suggested methods for the quantitative description of descontinuities in rock masses. Int. J. Rock Mechanics Min. Sci. Geomech. Vol. 15, p. 319-368, 1978.

Nóbrega, L. F.. et al. Caracterização da Aplicação do Arenito Açu na Massa Cerâmica. 22 CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências dos Materiais. Natal - RN, 2016.

Oliveira, A. M. dos S. et al. Geologia de engenharia. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998.

Pinho, A. B. Caracterização geotécnica de maciços rochosos de baixa resistência: o flysch do baixo alentejo. Dissertação (Doutorado em Geologia) - Évora: Universidade de Évora, 2003.

Popp, J. H. Geologia Geral I. 6 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

Rocha, M. Alguns problemas relativos à Mecânica das Rochas dos materiais de baixa resistência. Memória nº 491, 25 p., LNEC: Lisboa, 1977.