

Estudo Geológico – Geotécnico dos Solos Expansivos da Região do Recôncavo Baiano

Simões de Oliveira, A.G.; Jesus, A.C

Departamento de Geotecnia, Universidade de São Paulo-USP, São Carlos/SP

Miranda, S.B

Departamento de Ciência e Tecnologia do Material, Universidade Federal da Bahia-UFBA, Salvador/BA

RESUMO: Problemas com solos expansivos são uma constante na região do recôncavo baiano, provocando problemas ligados a pequenas edificações até barragens de médio porte, atingindo substancialmente uma parte da população. Este artigo trata da caracterização geológica geotécnica desses solos expansivos e comenta vários problemas envolvendo tais solos. Verificou-se que a utilização de métodos baseados nos limites de Atterberg como a atividade de Skempton, não são capazes de identificar o caráter expansivo desse solo.

PALAVRAS-CHAVE: Solos Expansivo, Caracterização Geológico-geotécnica, Fundações, Estabilidade.

1 INTRODUÇÃO

Devido ao crescimento populacional enfrentado no último século, a necessidade de expansão territorial do ser humano, seja para moradia ou para realização de suas atividades, ficou cada vez maior, o que vem em muitos casos, provocar a ocupação de regiões problemáticas, sobretudo no ponto de vista da geotecnia.

Dentre essas regiões tidas como problemáticas geotecnicamente, as regiões de solo expansivo têm se constituído de grande desafio para o engenheiro geotécnico.

Presas (1980) define que solo expansivo seja ele no estado natural, ou compactado, é aquele em que a variação volumétrica é muito elevada, de forma a produzir efeitos prejudiciais nas obras construídas sobre os mesmos ou nas proximidades.

No final da década de setenta nos Estados Unidos eram gastos cerca de dois bilhões de dólares anuais para solução de problemas ligados à expansibilidade de solos (Costa Nunes e Craizer, 1978).

No Brasil esse problema é de grande importância, principalmente por que atinge regiões economicamente ativas, como na Bahia (Bacia do Recôncavo), Oeste do Mato Grosso do Sul, Paraná e Rio Grande do Sul.

A expansividade reflete-se pela pressão de expansão e variação volumétrica. Estruturas apoiadas sobre solos expansivos podem estar sujeitas a uma série de ações indesejáveis resultantes das pressões de expansão durante o umedecimento, bem como das variações de volumes associados, que podem provocar o levantamento ou deslocamento das estruturas.

Ao mesmo tempo em que os solos expandem por umedecimento, eles também contraem quando ressecados. A ciclagem da umidade confere uma fadiga ao solo tornando-o erodível, provocando o fenômeno do empastilhamento.

Segundo Campos & Burgos (2004) os solos expansivos podem causar sérios danos às obras de engenharia principalmente quando esses materiais não são tratados de forma adequada nas etapas de projeto e execução da construção.

Portanto, a compreensão dos fatores que levam a expansividade destes solos é de grande importância a fim de se tomar medidas que minimize a ação ou anule os efeitos negativos.

Para esse trabalho foram retiradas algumas amostras a fim de caracterizar geotecnicamente a área, e foram utilizadas informações de ensaios realizados anteriormente pelo laboratório de Geotecnia da Universidade Federal da Bahia e de outros pesquisadores.

2 EXPANSIVIDADE DO SOLO

O fenômeno de expansão dos solos é muito complexo, envolvendo um conjunto de fatores que influenciam e interagem entre si, tais como a composição das argilas (argilomineral) e fatores ambientais (clima da região, natureza do fluido, grau de saturação do solo).

As argilas são constituídas de partículas de dimensões inferiores a 2μ denominadas argilomineral, além do quartzo, feldspato e mica. Os argilominerais são silicatos hidratados do grupo dos filossilicatos formados através de processos hidrotermais, ígneos e metamórficos.

A formação dos argilominerais decorre basicamente da decomposição do Feldspato, Olivina, Piroxênio e Anfibólios, minerais presentes em certas rochas. Eles apresentam uma estrutura tetraédrica ou de um octaedro, disposto em camadas alternadas, tendo arranjos do tipo 1:1, 2:1:1 e 2:1.

Esse arranjo estrutural é geralmente formado a partir de íons O^{2-} e OH^- , juntamente com Cátions de Alumínio (AL) (Estrutura Octaédrica) ou Sílica (Si) (Estrutura Tetraédrica).

Segundo Vargas (1977) a presença dos argilominerais no solo, contribui de forma geral, na plasticidade, coesão bem como no comportamento expansivo de certos solos argilosos.

Grim (1953) comenta que isso ocorre devido a adsorção do cátion, ou seja, os argilominerais apresentam capacidade de sorção de ânions e cátions em posições de troca. Tais íons podem ser substituídos por outros íons, devido a quebra das ligações de borda dos minerais, gerando desequilíbrio de cargas, o que possibilita a adsorção de um cátion. Outra forma é a substituição isomórfica da folha tetraédrica, onde o alumínio substitui ao silício ou magnésio, o que vem possibilitar um desbalanceamento da carga, tendo por consequência a adsorção de cátions a fim de prover o equilíbrio elétrico.

Laespiga (2001) comenta que a expansão das argilas é resultado da estrutura de cátions adsorvidos. Segundo o autor duas fases de expansão podem ser observadas nas argilas secas. Na primeira a água hidrata os cátions

trocáveis produzindo um acréscimo do espaçamento basal do argilomineral, sendo essa expansão conhecida como intracristalina. Na segunda fase ocorre a expansão osmótica, resultada da diferença entre as concentrações de cátion e a superfície das camadas de argilas e das águas dos poros, provocando a repulsão elétrica que acontece entre duas camadas elétricas.

Por apresentar substituição isomórfica e arranjos das folhas octaédricas e tetraédricas totalmente distintas, o grupo de argilomineral 2:1 (grupo das Esmectitas), apresenta expansividade maior do que os outros grupos, haja vista que devido a estas imperfeições, há um desbalanceamento das cargas.

O que deve ter bem claro é que o potencial de expansão do solo está atrelado principalmente ao arranjo estrutural de seus argilominerais, ao CTC (Capacidade de Troca Catiônica) e a sucção do solo.

Com relação aos fatores ambientais o que se pode comentar é que a expansão é função principalmente da variação positiva da umidade em campo, ou seja, ao aumento do grau de saturação do solo.

Logo as causas externas que podem levar a expansão de um solo são: variação da umidade devido a variações climáticas sazonais (chuvas), modificação do nível freático ou das condições hidrogeológicas e redução da tensão total do solo, proveniente de escavações ou corte de taludes, sendo que nesse caso as variações são mais lentas.

3. ÁREA DE ESTUDO

A Bacia do Recôncavo, está situada no Nordeste brasileiro entre os paralelos $11^{\circ}30'S$ e $13^{\circ}S$, ocupando uma área de aproximadamente 11.000 km^2 (Figura 1).

Essa região tem grande importância econômica para o estado da Bahia devido à extração e produção de Petróleo na refinaria Landufo Alves e também por ser uma região agrícola, tendo como cultivo principal a cana de açúcar.

Simões & Costa Filho (1981) comentam que as primeiras contribuições a respeito ao estudo

de massapês estiveram associadas com as dificuldades na implantação da BR-324 entre Salvador e Feira de Santana. Destacam-se os trabalhos desenvolvidos por: Sobral (1956); Arimatheia (1958), Sobral e Menezes (1962) e Presa (1980).

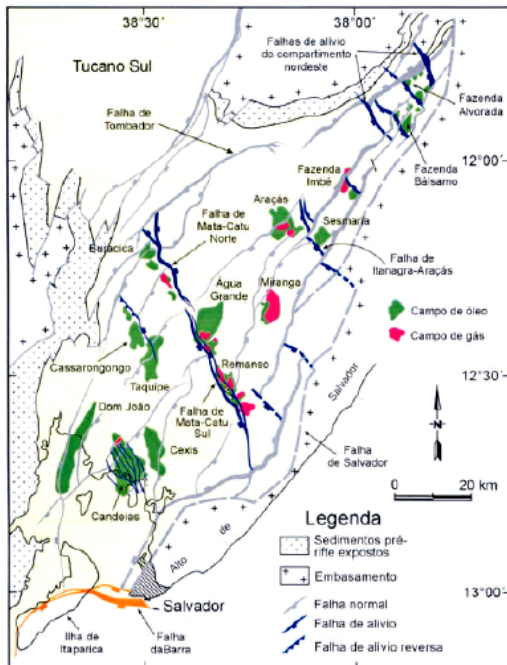


Figura 1. Região da Bacia do Recôncavo Baiano.

3.1 Aspectos Geológicos e Pedológicos

A Bacia do Recôncavo originou-se a partir do processo de rifteamento que afetou o paleocontinente Gondwana durante o Eocretáceo, e a conseqüente separação América do Sul-África.

Segundo Barnes apud Sobral (1956) a bacia sedimentar do recôncavo apresenta uma estrutura assimétrica, cortada por grandes falhas em escada de direção Nordeste, destacando entre elas a de Maragogipe, Candeias, Pojuca e Itaparica.

Antunes(2003) avalia que a bacia do recôncavo foi formada em duas fases. Os sedimentos da fase pré-rifte foram depositados em um período de relativa calma tectônica, e constituem arenitos continentais e folhelhos lacustrinos. A segunda fase, a fase sin-rifte, foi iniciada durante o Neocomiano, com a predominância de falhamento normal e a

deposição de grandes espessuras de conglomerados grosseiros próximo às falhas de borda (Formação Salvador).

No centro da bacia, formaram-se lagos profundos, que foram preenchido por folhelhos e arenitos turbidíticos e deltaicos com intercalações cíclicas de arenitos, folhelhos e calcáreos (Formação Pojuca) e arenitos fluviais (Formação São Sebastião) preenchem a calha do rifte. (Santos et al., 1990).

As formações terciárias (Formação São Sebastião, Grupos ilhas e Santo Amaro) do recôncavo, foram erodidas deixando o Cretáceo descoberto, possibilitando que as intempéries agissem diretamente sobre os folhelhos, argilitos e siltitos (Sobral ,1956).

Por conseqüência deste intemperismo sobre essas rochas sedimentares, formou-se um solo residual de textura fina conhecido como o Massapê.

Esse solo apresenta-se na maior parte do ano, na condição não saturada, ocupando cerca de vinte por cento da área da bacia do Recôncavo(Simões & Costa Filho ,1981).

A característica principal do Massapê é apresentar expansão e retração quando varia a sua umidade e grau de saturação. Com relação ao argilomineral, o predominante é a Montimorilonita, seguindo-se da Ilita e Caulinita, afirma (Menendez, 1973).

Esse solo é denominado de Vertissolo, segundo a classificação pedológica, tendo o perfil constituído de um Horizonte C com textura argilosa e Horizonte A com textura predominantemente arenosa. Esta formação se encontra, na maioria dos casos, em regiões planas.

3.2 Caracterização Geotécnica

Para a caracterização geotécnica do Massapê encontrado foram retiradas amostras inderformadas de solo, na região das cidades de São Francisco do Conde, Candeias, Santo Amaro da Purificação e Simões Filho. A Figura 2 apresenta a localização das amostras.

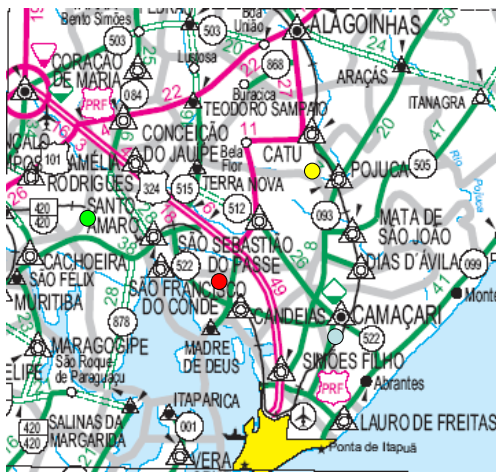


Figura 2 – Localização das Amostras retiradas

3.2.1 Análise Granulométrica

A caracterização do solo foi feita em cada amostra conforme as normas da ABNT. A Tabela 01 apresenta os resultados.

Tabela 1 – Resumo dos resultados de caracterização dos solos e classificação USCS.

Parâmetro	S. Francisco do Conde	Santo Amaro	Simões Filho	Candeias
Pedreg.(%)	0	0	0	3
Areia(%)	9	8	3	37
Silte(%)	20	29	27	37
Argila(%)	71	63	70	23
#200(%)	91	92	97	60
w _L (%)	85	75	98	55
w _p (%)	32	29	41	35
I _p (%)	53	46	57	20
γ _s (Kn/m ³)	26,7	27,4	23,4	27,8
e	1,11	0,97	-	0,97
S _r (%)	84,46	77,39	-	71,78
n (%)	53,00	49,20	-	49,20
AC	0,57	0,58	0,81	0,33
USCS	CH	MH	MH	MH

Observa-se pelos dados da Tabela 1 que o material se manifesta predominantemente fino com uma fração pequena de areia. Os valores encontrados para índice de vazios, porosidade e peso específico são típicos de solos residuais de Massapê encontrados na literatura.

Segundo a classificação unificada (USCS), as amostras se situam no grupo MH (silte de alta plasticidade)

Também foram utilizados os dados referentes a caracterização realizados em vinte

amostras coletadas por Sobral (1956), vinte e nove amostras de Simões & Costa Filho (1981) e duas amostras de Campos e Burgos (2004), esses dados foram utilizados para confirmação do caráter expansivo do solo

3.3 Identificação dos Solos Expansivos

Na literatura geotécnica existem diversas classificações e metodologias para a avaliação do grau de expansividade do solo, muitas delas baseada em ensaios rotineiros como granulometria (percentagem da fração argila) e Índice de Plasticidade (Skempton, 1953; Seed 1962; Van der Merwe, 1964; Holtz & Gibbs, 1956) e outros baseados em ensaios de indicadores relacionados as propriedades físico-químicas (Adsorção de Azul de Metileno), ou o uso de técnicas mais elaboradas como o uso da Difração de Raio X (DRX), Análise Térmico Diferencial (ATD), Espectrometria Infravermelha (EI).

Por outro lado existem os ensaios de determinação direta do grau de expansividade do material (pressão de expansão) e expansão livre.

Foram plotados as cartas de Van Der Merwe modificada por Williams & Donaldson, Skempton, Seed e Fabbri, apresentadas nas Figuras 2, 3, 4 e 5 respectivamente.

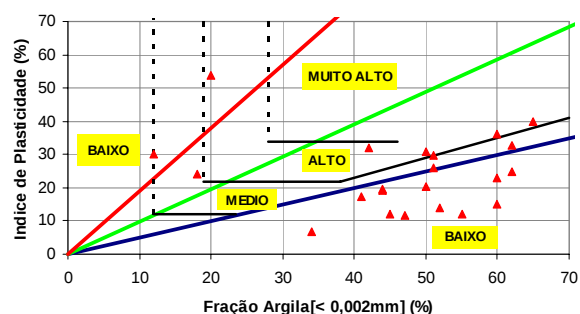


Figura 2 – Carta de Van Der Merwe Modificada Por Williams & Donaldson (1980)

Como observado na Figura 2, os solos são classificados em sua maior quantidade com comportamento de baixa expansividade o que não condiz com o comportamento observado em campo.

Analisando a carta de Skempton (Figura 3) os solos apresentam comportamento inativo em relação a expansividade.

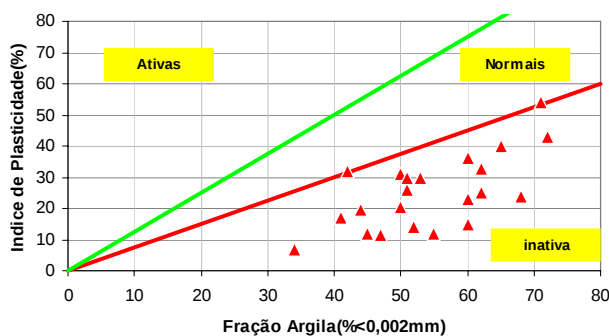


Figura 3 – Carta de Skempton

Segundo Fabbri(1994) isso decorre justamente por que a atividade de Skempton se baseia nos resultados de limite de Atterberg, cujo material ensaiado é a fração que passa na peneira # 0,42 mm, que possui frequentemente material inerte, fazendo com que os resultados muitas vezes não reflita a atividade do material fino presente no solo.

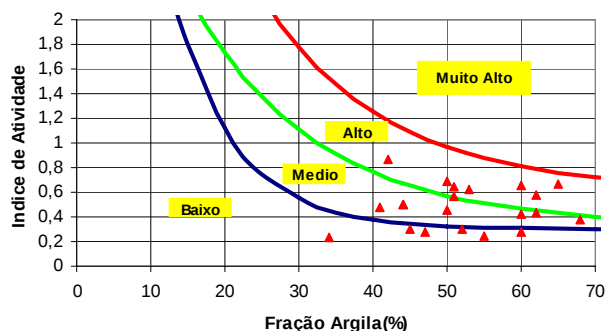


Figura 4 – Carta de Seed

Logo as Cartas De Van Der Merwe modificada por Williams & Donaldson (1980) e Seed (1962), cuja metodologia se baseia no uso do limite de Atterberg para sua classificação da expansividade do solo se tornam incapazes de avaliar o grau de expansividade desse material haja vista os resultados nada condizentes com o material utilizado.

Fabbri (1994) propôs avaliar a atividade do argilomineral através do ensaio de adsorção de azul de metileno. Para tanto se utiliza o índice VA (valor de azul de metileno) associado a fração de argila. Isso se deve ao fato dos grupos de argilominerais apresentar valores característicos de VA.

Portanto a fim de buscar uma melhor confirmação a respeito do comportamento expansivo do material estudado, foram realizados ensaios de adsorção de azul de metileno nas amostras da Tabela 1 e utilizado a

correlação apresentada por Burgos(1997) entre a Atividade de Fabbri e a Atividade de Skempton para solos da cidade de Salvador.

Os resultados são apresentados na carta de atividade proposta por Fabbri (1994) e apresentada na Figura 5.

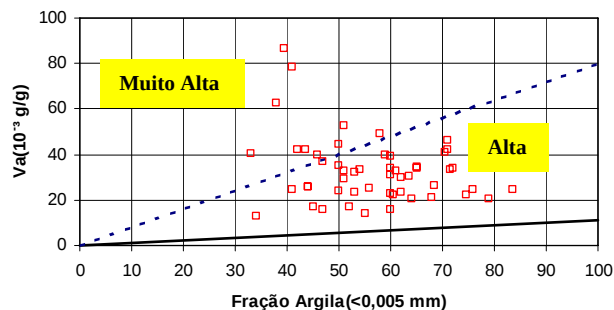


Figura 5 – Carta de Fabbri

Pode-se avaliar que pela proposta apresentada por Fabbri (1994) todas as amostras se apresentaram acima da zona de argilomineral pouco ativo, sendo que maioria das amostras (85 %) se apresenta com argilomineral de alta atividade e o restante com atividade muito alta.

4 PROBLEMAS

4.1 Expansividade

Segundo os trabalhos apresentados por (Sobral 1956; Simões & Costa Filho ,1981) a expansão livre do Massapê esta na faixa de 12,3% a 40,3 % a depender da percentagem de montmorilonita na fração argila, enquanto que a pressão de expansão varia de 1,39 a 2,36 kg/cm^2

Esses valores são extremamente altos e por consequência desse fato, os problemas de trinca das estruturas assentadas sobre este solo são tão rotineiros.

4.2 Estabilidade de Taludes

Em ensaios triaxiais não drenados em amostras de Massapês, apresentou-se como parâmetros mecânicos valores de coesão na ordem de 50 kPa na condição natural e decaindo para 12 kPa na condição saturada, enquanto que seu ângulo de atrito efetivo esta em torno 13° e não variando muito na condição saturada

Esse decréscimo da coesão devido à perda de

sucção quando o Massapê satura, aliada a expansividade do material provocada pela variação do teor de umidade, agrava o problema de estabilidade de taludes na região da bacia, apesar da morfologia da região ser pouco acidentada.

4.3 Compactação

Os ensaios de compactação (Proctor Normal) apresentaram, valores de umidade ótima elevada, em torno de 25 % e peso específico máximo de 14,20 kN/m³. A curva de compactação apresenta-se aberta, característica comum por se tratar de um material com altos teores de fração argilosa.

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho investigou aspectos relacionados as características geológicas e geotécnicas dos solos expansivos da Bacia do Recôncavo Baiano.

Como conclusão deste trabalho avalia-se pelo presente estudo que os solos conhecidos como Massapê da bacia do Recôncavo Baiano apresentam uma notável expansão e que origina grandes problemas com a estrutura assente sobre esse solo.

As classificações clássicas baseadas nos ensaios de limite Aterberg não apresentaram eficiência no que se refere ao caráter expansivo do Massapê enquanto que a classificação baseada na adsorção de azul de metileno apresentou resultados mais condizentes.

REFERÊNCIAS

Almeida, P.T.S.(2003). Modelagem Numérica Tridimensional Visando o Estudo das Tensões na Bacia do Recôncavo Bahiano Via Métodos de Elementos Finitos. Tese de Doutorado em Engenharia Civil. COPPE-UFRJ-Rio de Janeiro. 20-26p

Burgos, P.C.(1997) Aplicação da Classificação MCT e da Técnica de Azul de Metileno a solos da Cidade de Salvador. Dissertação de mestrado em Geotecnia. EESC/USP, São Carlos-SP 102.P

Campos, L.E.P & Burgos, P.C.(2004). Influência da Sucção na Expansão de Massapês In: REGEO, Porto Alegre - RS. Cd-Rom.

Costa Nunes A.J e Craizer W.(1978) Micro-ancoragens e Fundações em solos Expansivos. 1º Seminário de

mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações. Salvador. pp 16 – 192p

Fabbri, G.T.P.(1994). Caracterização da Fração Fina dos Solos Tropicais através do Ensaio de Azul de Metileno. Tese de Doutorado em Geotecnia. EESC/USP, São Carlos-SP. 685 p.

Grim, R.E.(1953). Clay Mineralogy. McGraw-Hill Book Company, INC, USA.

Laespiga, M.A.M.(2001). Estudo do Fenômeno de Expansão da Formação Libertad (Quartenário): Metodologia de Avaliação e Mapeamento na Região de Montevideo – Uruguai. Tese de Mestrado em Geotecnia. EESC/USP, São Carlos-SP. 11-15p.

Menendez J.G.(1973). Estudo de Laboratório do Massapê e se sua Estabilização com Cal Hidratada. V Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos. Salvador Bahia-17-32p

Presa, E.P.(1980). Parametros Convenientes para projetos de rodovias em Solo Expansivo. II Seminário Regional de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações – NRBA/ABMS-Salvador-Ba. 83-106.

Santos, C.F., Cupertino, J.A., Braga, J.A.E., 1990. Síntese sobre a geologia das bacias do Recôncavo, Tucano e Jatobá. In: Raja Gabaglia, G.P. & Milani, E.J.(Coords.). Origem e evolução de bacias sedimentares. PETROBRAS, 235-266.P

Simões P.R.M & Costa Filho, L.M.(1981). Características Mineralógicas, Químicas e Geotécnica de solos expansivos do Recôncavo Bahiano, Simpósio Brasileiro de Solos Tropicais para Engenharia, PUC-RJ. 569-588p

Sobral H.S.(1956) Contribuição ao estudo de Massapê como solo para construção. Tese para Cátedra de matérias de Construção. Universidade Federal da Bahia. Escola de Belas Artes. Salvador-Bahia

Skempton, A. W. (1953) The Colloidal Activity of Clays, Proceedings, III ICSMFE, Zurich, Suíça, V. 1, p 57-61.

Vargas M.(1977). Introdução a Mecânica dos Solos. McGraw-Hill do Brasil: Universidade de São Paulo, São Paulo. pp 25 – 33.