

Avaliação do Potencial Expansivo de Sedimentos da Bacia do Jatobá Localizados no Município de Floresta/PE

John Glennedy Bezerra Gurgel
IFRN / DNIT, Mossoró, Brasil, glennedybg@yahoo.com.br

Olavo Francisco dos Santos Júnior
UFRN, Natal, Brasil, olavo@ct.ufrn.br

RESUMO: O presente trabalho tem por objetivo avaliar, por meio de métodos qualitativos e quantitativos, o potencial expansivo dos sedimentos da Bacia do Jatobá, no município de Floresta/PE. Na avaliação qualitativa foram utilizados critérios constantes na literatura que se baseiam nas características físicas dos solos, tais como percentual de argila e limites de consistência. No que se refere à avaliação quantitativa, foram realizados ensaios de expansão livre, de tensão de expansão e de compressão oedométrica com inundação nas tensões de 12,5 e 100 kPa. Os dois primeiros foram aplicados em amostras compactadas extraídas de três camadas distintas com profundidades superiores a 10 m, ao passo que o terceiro foi realizado em amostras superficiais compactadas e indeformadas. De forma geral, os critérios qualitativos indicaram que na área em estudo há a ocorrência de solos com média e alta suscetibilidade à expansão, o que foi confirmado pelos ensaios oedométricos.

PALAVRAS-CHAVE: Solos Expansivos, Potencial de Expansão, Ensaio Oedométrico, Bacia do Jatobá.

1 INTRODUÇÃO

Solos potencialmente expansivos são aqueles que sofrem alteração significativa de volume em decorrência da mudança do seu teor de umidade. A variação positiva desse índice físico provoca um aumento do volume do solo, ao passo que a variação negativa provoca uma redução.

Esse tipo de solo é comumente oriundo das rochas ígneas e sedimentares (Silva, 2005). Tais rochas, ao sofrerem processos de intemperização, podem formar a montmorilonita e outros argilominerais responsáveis pelo comportamento expansivo do solo.

Solos com essa característica são encontrados em todos os continentes, tendo ocorrência mais significativa nas regiões áridas e semiáridas (Silva, 2005; Jones e Jefferson, 2012). Nessas regiões, as chuvas ocorrem após

longos períodos de estiagem, o que provoca uma grande variação do teor de umidade do solo.

Vários estudos identificaram solos potencialmente expansivos no Semiárido do estado de Pernambuco, podendo-se destacar os trabalhos de Silva e Ferreira (2011), Amorim *et al.* (2005), Santos e Marinho (1990) e Silva (2003).

Diante dessas constatações, e considerando que os prejuízos financeiros em diversos tipos de obras assentes sobre solos potencialmente expansivos decorrem da não identificação desses solos na fase de projeto, verifica-se a necessidade do desenvolvimento de estudos com esse fim.

Nesse contexto, o presente trabalho tem por objetivo identificar a ocorrência desses solos problemáticos numa área situada no município de Floresta/PE, bem como avaliar o potencial de expansão. Segundo Ferreira (1995), a

identificação desses solos pode ser feita pela aplicação de métodos diretos ou indiretos.

Os indiretos dividem-se em identificativos, qualitativos e orientativos. Já os diretos dividem-se em avaliativos e quantitativos. Neste trabalho foram utilizados os métodos orientativos, mediante análise de mapas pedológicos e geológicos; qualitativos, com a análise do percentual de argila e dos limites de consistência; e quantitativos, por meio da realização de ensaios oedométricos simples, de expansão livre e tensão de expansão.

2 LOCALIZAÇÃO, PEDOLOGIA E GEOLOGIA DA ÁREA

A área em estudo é delimitada pelas coordenadas UTM indicadas na Figura 1, estando localizada no Município de Floresta, Semiárido de Pernambuco, região Nordeste do Brasil. De acordo com Beltrão *et. al* (2005), trata-se de uma área onde predomina o clima

tropical semiárido, com períodos anuais de chuva e de estiagem de aproximadamente seis meses cada.

No que se refere à pedologia, a área estudada, conforme mostra a Figura 2a, é constituída predominantemente pelos Planossolos e Solonetz Solodizados. Amorim (2004), ao definir critérios de suscetibilidade à expansão com base na classificação taxonômica, considerou esse tipo de solo como de alto grau.

No que concerne à geologia, a Figura 2b apresenta o mapa geológico da área em estudo. Verifica-se que uma parcela significativa da área é representada por sedimentos da Bacia do Jatobá (formações Aliança, Candeias e São Sebastião). Amorim (2004) considerou esses sedimentos como potencialmente expansivos. Presa (1994) relata que nessas formações geológicas há ocorrência de solos potencialmente expansivos. Os ensaios oedométricos do presente trabalho foram realizados nesses sedimentos.

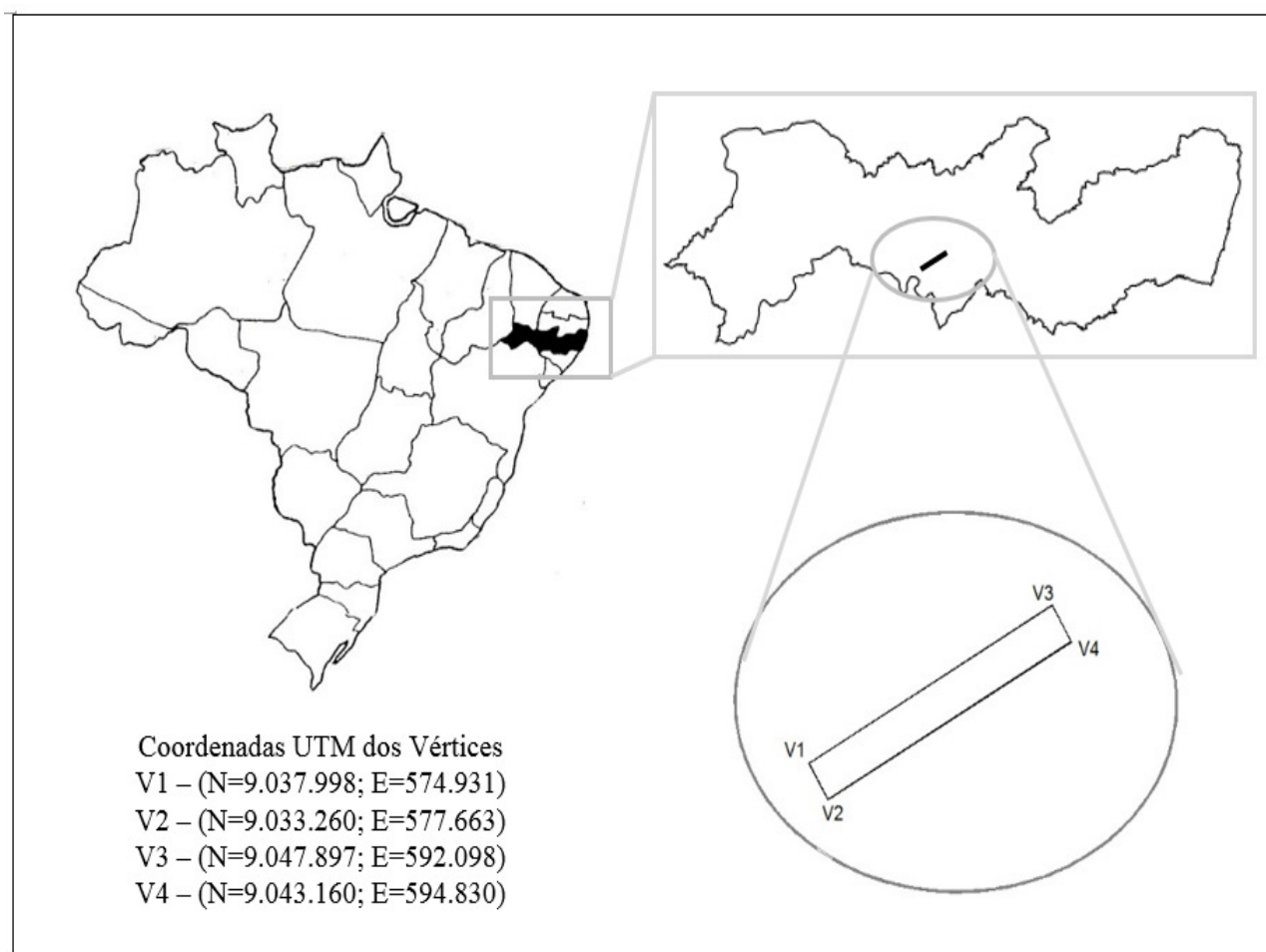


Figura 1. Localização da área em estudo.

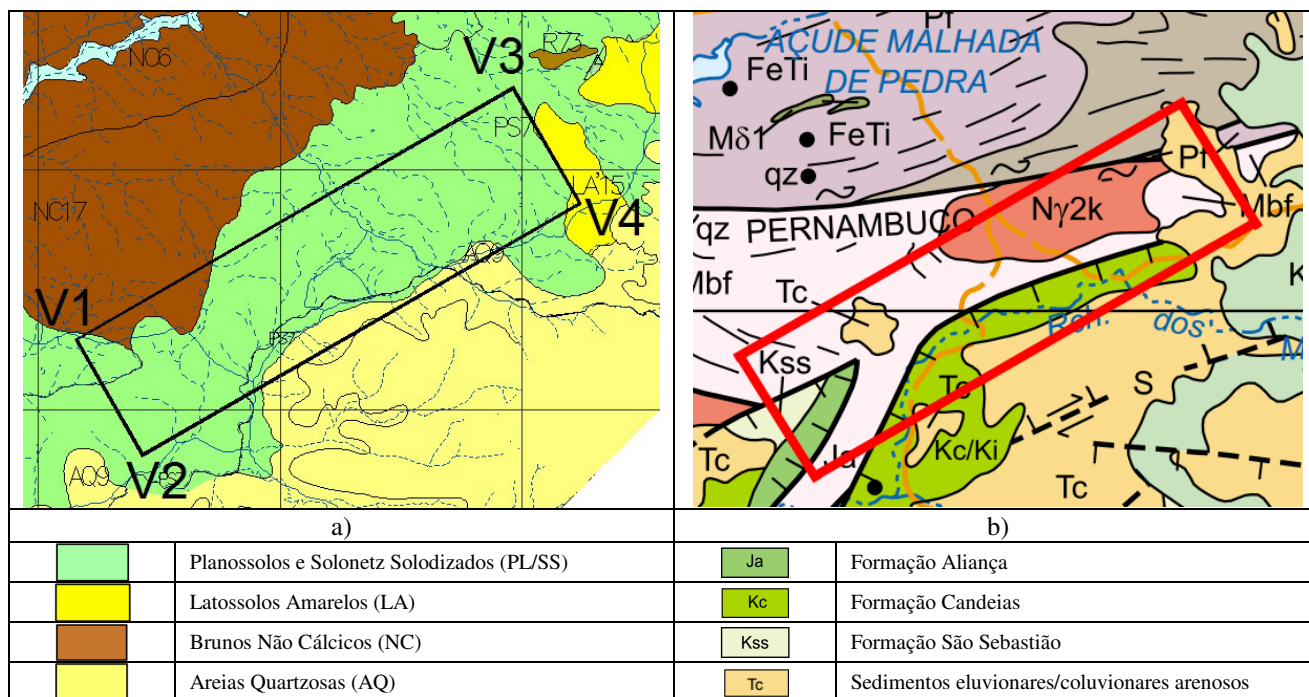


Figura 2. Mapa pedológico (Embrapa Solos, 2006) e geológico (modificado de Medeiros, 2000) da área em estudo.

3 CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DA ÁREA

Para a caracterização geotécnica, foram realizados, em 69 amostras superficiais, ensaios de granulometria, de limites de consistência, de compactação, de massa específica aparente seca e teor de umidade no estado natural. Os resultados dos ensaios de granulometria estão apresentados na Tabela 1. Constata-se uma considerável presença de finos nas amostras analisadas.

Tabela 1. Resultados dos ensaios de granulometria - amostras superficiais.

Valores	Pedre. (%)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)
Mínimo	1,2	28,8	8,5	2,5
Média	16,4	50,5	19,4	13,8
Máximo	43,6	74,2	39,5	35,0
Desvio Padrão	10,2	9,9	6,3	6,4

Os dados de índices de consistência são mostrados na Figura 3, que relaciona o Índice de Plasticidade (IP) em função do Limite de Liquidez (LL). Observa-se que praticamente todas as amostras superficiais apresentam-se acima da Linha A de Casagrande, mostrando

que o comportamento argiloso tende a prevalecer em relação ao siltoso.

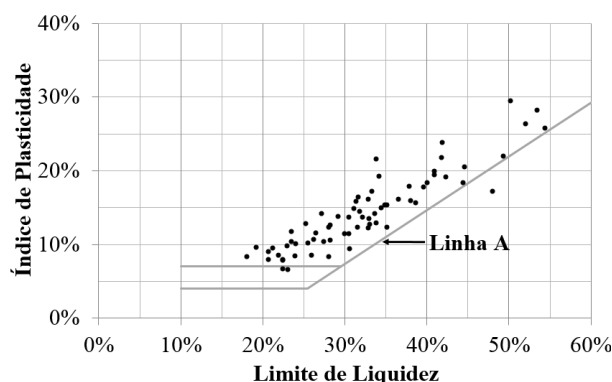


Figura 3. Gráfico de Casagrande - amostras superficiais.

Os resultados dos ensaios de compactação e do teor de umidade e da massa específica aparente seca na condição natural estão indicados na Tabela 2.

Tabela 2. Índices físicos na condição natural e resultados do ensaio de compactação - amostras superficiais.

Valores	W _{ot} (%)	pd _{max} (g/cm ³)	W _{nat} (%)	pd _{nat} (%)	CG (%)
Mínimo	8,20	1,51	1,11	1,08	63
Média	13,22	1,75	3,40	1,32	75
Máximo	19,30	2,01	7,30	1,48	91
Desvio Padrão	2,17	0,11	1,34	0,08	5

Os ensaios de compactação foram realizados na Energia Normal. O teor de umidade e a massa específica foram determinados pelo *Speedy Test* e pelo método do Frasco de Areia, respectivamente. O Grau de Compactação das amostras no estado natural de campo varia entre 63 e 91%, com valor médio de 75%.

4 AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE EXPANSÃO

4.1 Avaliação Qualitativa

A avaliação qualitativa do potencial expansivo dos solos superficiais da área em estudo foi realizada por dois critérios que levam em consideração a atividade das argilas, que corresponde à razão entre o Índice de Plasticidade e o percentual de argila do solo.

O primeiro critério é o de Skempton (1953), cuja carta de atividade está indicada na Figura 4. Nota-se que uma parcela significativa das amostras tem Índice de Atividade superior a 1,25, o que revela, de acordo com esse critério, uma possível existência de solos potencialmente expansivos.

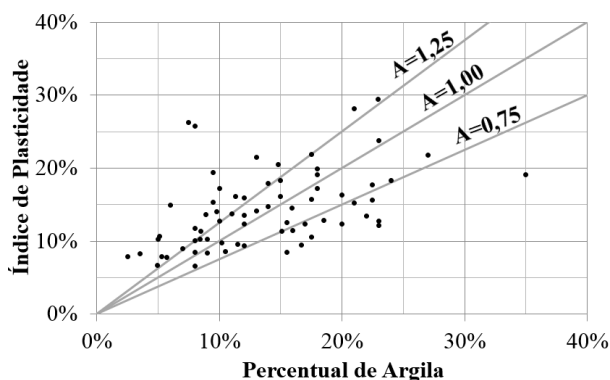


Figura 4. Carta de Atividade das argilas (Skempton, 1953) – amostras superficiais.

Pelo segundo critério, de Van Der Merwe, verifica-se que algumas amostras apresentam uma alta suscetibilidade à expansão, ao passo que uma parcela significativa apresentou suscetibilidade média, como se observa na Figura 5. A maior parte das amostras apresentou uma baixa suscetibilidade à expansão.

Assim, esses dois critérios qualitativos, juntamente com a análise da pedologia e da

geologia do local, permitem estimar que a área em estudo contém solos potencialmente expansivos.

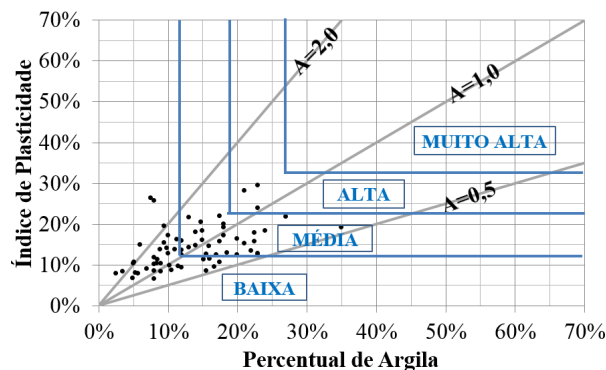


Figura 5. Carta de Van Der Merwe (Burgos e Campos, 2002) - amostras superficiais.

4.2 Avaliação Quantitativa

Para a avaliação quantitativa do potencial de expansão foram realizados ensaios oedométricos em amostras de 10 pontos relativos aos sedimentos da Bacia do Jatobá. Dois procedimentos foram utilizados: um para determinar a expansão livre e a tensão de expansão da Amostra 1, em três diferentes profundidades; outro para determinar o potencial expansivo nas tensões de 12,5 e 100 kPa, em duas amostras indeformadas e sete compactadas, todas coletadas na superfície do terreno natural. As amostras foram compactadas no teor de umidade ótimo e na massa específica aparente seca máxima obtidos no ensaio normal.

Para a determinação da expansão livre, submeteu-se cada corpo de prova a uma tensão de 5 kPa, para fins de acomodação. Após isso, realizou-se a inundação com água, acompanhando-se, até a estabilização, a evolução da variação volumétrica, a qual representa a expansão livre.

Em seguida, cada corpo de prova foi submetido a sucessivos estágios de carregamento, com variação de 5 kPa. Cada estágio foi mantido até a estabilização da variação volumétrica. A tensão de expansão é tida como a tensão na qual o corpo de prova retorna a altura inicial, antes da inundação.

A respeito dessa metodologia para obtenção da tensão de expansão, Silva e Ferreira (2011)

destacam que essa não é a melhor forma, visto que geralmente não reflete as reais condições observadas em campo. Segundo os autores, esse critério subestima os valores de tensão de expansão obtidos por métodos mais indicados.

Entretanto, ele tem a vantagem de aproveitar o mesmo corpo de prova utilizado para obtenção da expansão livre, que é o principal objetivo do caso em análise. Assim, por questões operacionais, optou-se pela realização desse critério, mesmo não sendo o mais indicado.

A Tabela 3 apresenta os resultados dos ensaios de expansão livre e tensão de expansão de corpos de prova compactados relativos a três camadas distintas da Amostra 1: 1.1 – Matriz terrosa, 1.2 – Camada de argila e 1.3 – Material vermelho. O primeiro material refere-se à matriz terrosa (material passante na peneira 2,0 mm) de um conglomerado. Essas amostras foram extraídas em profundidades superiores a 10 m.

Tabela 3. Resultados de expansão livre e tensão de expansão da Amostra 1, em três camadas distintas, com profundidades superiores a 10 m.

Amostra	Expansão Livre (%)	Tensão de Expansão (kPa)
1.1 – Matriz terrosa	4,75	90,40
1.2 – Camada de argila	9,88	70,17
1.3 – Material vermelho	4,62	75,19

Os resultados demonstram que a camada de argila apresenta uma expansão livre superior à das outras amostras, que são praticamente iguais. No que tange à tensão de expansão, evidencia-se que a matriz terrosa apresenta um maior valor, na ordem de 90 kPa, ao passo que a camada de argila e o material vermelho têm tensão de expansão da ordem de 70 e 75 kPa, respectivamente.

Os ensaios oedométricos simples foram executados nos estágios de carregamento de 5; 12,5; 25; 50 e 100 kPa, tendo o primeiro estágio a função de acomodar o corpo de prova. Todos os estágios foram mantidos até a estabilização da variação volumétrica, inclusive o atinente à inundação com água (12,5 ou 100 kPa). O potencial expansivo foi determinado pela diferença da variação volumétrica medida

depois e imediatamente antes da inundação.

A Tabela 4 apresenta o potencial expansivo das amostras compactadas, com inundação nas tensões de 12,5 e 100 kPa. Constata-se que esse potencial diminui com o aumento da tensão de inundação, comportamento já esperado.

Tabela 4. Resultados dos ensaios oedométricos das amostras superficiais compactadas.

Amostra	Potencial de Expansão (%)	
	12,5 kPa	100 kPa
2	11,3	6,6
4	3,8	0,0
5	4,5	3,8
6	1,4	0,0
7	2,3	0,5
8	4,5	0,4
9	5,3	2,7

O solo que tem maior expansibilidade é o da Amostra 2, com potencial de 11,3 e 6,6%, nas tensões de inundação de 12,5 e 100 kPa, respectivamente. O solo da Amostra 6 é o que apresenta menor expansibilidade, com um potencial de 1,4 e 0,0% nas tensões de inundação de 12,5 e 100 kPa, respectivamente.

Os resultados dos ensaios oedométricos realizados nas amostras indeformadas estão apresentados na Tabela 5. A amostra 10 mostrou-se muito expansiva, com expansibilidade de 17,3 e 10,6% nas tensões de inundação de 12,5 e 100 kPa, respectivamente.

Já a amostra 3 apresentou um comportamento expansivo menor, porém ainda muito significativo. A expansibilidade dessa amostra quando inundada na tensão de 100 kPa foi de 5,4%, não tendo sido feito o ensaio na tensão de inundação de 12,5 kPa.

Tabela 5. Resultados dos ensaios oedométricos das amostras superficiais indeformadas.

Amostra	Potencial de Expansão (%)	
	12,5 kPa	100 kPa
3	-	5,4
10	17,3	10,6

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o potencial expansivo de sedimentos que

constituem a Bacia do Jatobá e que se localizam no município de Floresta/PE. Para isso, foram utilizados critérios qualitativos e quantitativos de identificação desse tipo de comportamento.

Os critérios qualitativos utilizados baseiam-se no percentual de argila e nos limites de consistência dos solos. Esses critérios indicaram que uma parcela significativa das 69 amostras extraídas da área em estudo tem média ou alta suscetibilidade à expansão.

Com efeito, esse indicativo foi confirmado mediante realização de ensaios oedométricos, critério quantitativo utilizado neste trabalho. Os resultados desses ensaios, feitos em 10 amostras, demonstraram que a área em estudo contém solos com significativo potencial expansivo, seja em baixas tensões de inundação (5 e 12,5 kPa) ou em tensões de inundação mais elevadas (100 kPa).

Na tensão de inundação de 5 e 12,5 kPa, o maior potencial de expansão das amostras compactadas foi da ordem de 11,3% e o menor valor de 1,4%. No que diz respeito às amostras indeformada, o único corpo de prova ensaiado sofreu uma expansão de 17,3%.

Na tensão de inundação de 100 kPa, o maior potencial de expansão das amostras compactadas foi de 6,6%, enquanto o menor valor foi de 0,0%. Com relação aos corpos de prova indeformados, as duas amostras ensaiadas apresentaram expansão de 5,4 e 10,6%.

REFERÊNCIAS

- Amorim, S. F. (2004). *Contribuição à cartografia geotécnica: sistema de informações geográficas dos solos expansivos e colapsíveis do Estado de Pernambuco (SIGSEC-PE)*. Dissertação (mestrado), UFPE, Recife.
- Amorim, S. F.; Ferreira, S. R. M.; Varejão Silva, M. A.; Alheiros, M. M. (2005). Contribuição à Cartografia Geotécnica: Sistema de Informação Geográfica dos Solos Expansivos e Colapsíveis do Estado de Pernambuco. In: *11º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental*, Florianópolis.
- Beltrão, B. A.; Mascarenhas, J. C.; Miranda, J. L. F.; Souza Júnior, L. C.; Galvão, M. J. T. G.; Pereira, S. N. (2005). *Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea - Estado de Pernambuco: Diagnóstico do município de Floresta*. CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Recife.
- Burgos, P. C.; Campos, L. E. P. (2002). Estudo do potencial expansivo de um solo saprolítico de granulito. *12º Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica*. Vol. 2. pp. 639-648, Embrapa Solos (2006). *Mapa exploratório-reconhecimento de solos do município de Floresta, PE*. UEP, Recife.
- Ferreira, S. R. M. (1995). *Colapso e Expansão de Solos Naturais Não Saturados Devido à Inundação*, Tese de Doutorado, Doutorado em Ciência em Engenharia, UFRJ, Rio de Janeiro.
- Jones, L. D.; Jefferson, I. (2012). Expansive Soils. In: Burland, J. *ICE Manual of Geotechnical Engineering. Volume 1, Geotechnical Engineering Principles, Problematic Soils and Site Investigation*. London, ICE Publishing, 413-441.
- Medeiros, V. C. (2000). *Mapa geológico – Escala 1:500.000*. In: Medeiros, V. C. *Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil: Aracajú NE – Folha SC.24-X – Estados da Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia – Escala 1:500.000*. CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Brasília.
- Presa, E. P. (1994). Relato geral sobre comportamento dos solos tropicais (saprolíticos e lateríticos) e especiais (expansivos e colapsíveis). In: *10º Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações*, Foz do Iguaçu.
- Santos, N. B.; Marinho, F. A. M. (1990). Características Geotécnicas de Solos Expansivos Compactados. In: *9º Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações*, Salvador.
- Skempton, A.W (1953). The Colloidal Activity of Clays. In: Skempton, A. W (1984). *Selected Papers on Soil Mechanics*, Thomas Telford Limited, London.
- Silva, J. M. J. (2005). Solos Expansivos. In: Gusmão, A. D.; Gusmão Filho, J.; Oliveira, J. T. R.; Maia, G. B. (2005). *Geotecnia do Nordeste*, Editora Universitária da UFPE, Recife, Brasil.
- Silva, M. J. R. (2003). *Comportamento Geomecânico de Solos Colapsíveis e Expansivos em Petrolina-PE: Cartas de Suscetibilidade*, Dissertação de Mestrado, Mestrado em Engenharia Civil, UFPE, Recife.
- Silva, M. J. R.; Ferreira, S. R. M. (2011). Avaliação da Tensão de Expansão e Expansão Livre de Solos dos Municípios de Cabrobó e Pesqueira no Estado de Pernambuco. In: *13º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental*, São Paulo.