

Parâmetros Geotécnicos dos Solos do Projeto de Integração do Rio São Francisco - Banco de Dados

Alfredo Nunes da Silva Neto

Universidade Católica de Pernambuco/UNICAP, Recife-PE, Brasil, alfredonunes91@gmail.com

Joaquim Teodoro Romão de Oliveira

Universidade Católica de Pernambuco/UNICAP e UFPE, Olinda-PE, Brasil, jtrdo@uol.com.br

RESUMO: O Projeto de Integração do Rio São Francisco é um empreendimento composto por 2 grandes eixos de canais (Norte e Leste), que abrangem quatro estados do nordeste brasileiro: Pernambuco, Paraíba, Ceará e Rio Grande do Norte. Os canais atravessam localidades com ocorrência de solos colapsíveis e expansivos FUNCATE (2000), Ferreira (2008), além de solos com granulometria aberta e conglomerados. Alguns destes solos não foram ainda estudados de forma sistemática, daí vem à importância de se realizar um cadastramento dos ensaios realizados em cada localidade da integração. O estudo se fundamenta em compilar resultados de ensaios de laboratório dos solos do projeto de Integração, com o objetivo de caracterizá-los e classificá-los, nos possibilitando elaborar correlações estatísticas entre os índices físicos e parâmetros geotécnicos dos solos. Portanto, alguns dos resultados de classificação, caracterização e correlações estatísticas são apresentados neste artigo.

PALAVRAS-CHAVE: Ensaios de laboratório, Banco de dados, Parâmetros geotécnicos, Integração do Rio São Francisco.

1 INTRODUÇÃO

Para enfrentar os problemas do semiárido nordestino, relacionados com os grandes períodos de estiagem e a seca, foi idealizada a integração do Rio São Francisco que oferece infraestrutura hídrica e viabiliza a melhor convivência da população com a região. Como as áreas contempladas são afastadas dos centros urbanos e com poucas obras de grande porte, não há em quantidade relevante, dados de classificação e caracterização dos solos da região que sirva de parâmetro para comunidade geotécnica em futuras obras.

O Projeto de Integração do Rio São Francisco é um empreendimento de grande porte, composto por 2 grandes eixos de canais (Norte e Leste), que passa por várias barragens e estações elevatórias em toda sua extensão, abrangendo quatro estados do nordeste brasileiro: Pernambuco, Paraíba, Ceará e Rio Grande do Norte. O projeto atravessa

localidades com ocorrência de solos colapsíveis e expansivos FUNCATE (2000), Ferreira (2008), além de solos com granulometria aberta e conglomerados. Alguns destes solos não foram ainda estudados de forma sistemática, daí vem à importância de realizar um cadastramento dos resultados de ensaios em cada localidade da integração, para avaliação dos seus parâmetros geotécnicos.

O principal objetivo de um banco de dados, segundo Coutinho; Oliveira; Santos (2000), é permitir uma maneira mais rápida e eficiente para a investigação avançada através de análises estatísticas dos parâmetros geotécnicos dos solos, obtidos por ensaios de laboratório ou in situ, que possam contribuir como subsídio a comunidade geotécnica na concepção de projetos básicos, para novos investimentos na região.

Portanto, o estudo se fundamenta em compilar resultados de ensaios de laboratório dos solos do projeto da Integração do Rio São

Francisco, com o objetivo de caracterizá-los e classificá-los, possibilitando elaborar correlações estatísticas entre os índices físicos e parâmetros geotécnicos dos solos estudados.

2 BANCO DE DADOS

Segundo Haddad (2001) apud Silva (2005) o conceito mais simples de um banco de dados é o seguinte: um conjunto de informações organizadas e inter-relacionadas entre si para uma determinada finalidade. O autor completa ainda que um banco de dados bem projetado proporciona atingir seu objetivo, seja ele um acesso rápido as informações desejadas, exportações de dados, entre outros.

Um banco de dados possui as seguintes propriedades:

- É uma coleção lógica coerente de dados com um significado inerente; uma disposição desordenada dos dados não pode ser referenciada como um banco de dados;
- É projetado, construído e disponibilizado a população com um propósito específico, onde possui um conjunto pré-definido de usuários e aplicações;
- Representa algum aspecto do mundo real, o qual é chamado de mini-mundo; qualquer alteração efetuada no mini-mundo é automaticamente refletida no banco de dados.

Um banco de dados representa o arquivo físico, armazenado em dispositivos periféricos, onde estão armazenados os dados de diversos sistemas, para consulta e atualização a ser realizada pelo usuário.

2.1 Características do Banco de Dados

Segundo Silva (2005) como a maioria das tarefas, a construção de um banco de dados começa com um projeto. Nestes projetos, deve-se ter bem clara não apenas as rotinas do programa, de forma a obter um bom desempenho, mas também dedicar atenção ao *layout* físico e lógico do espaço de armazenamento de dados. Siler e Spottes (1999) destacam como importantes as seguintes

características para um bom projeto de banco de dados:

- Oferecer tempo mínimo de busca durante a localização de registros específicos;
- Armazenar os dados de maneira eficiente, a fim de evitar que o banco de dados cresça em demasia;
- Tornar as utilidades dos dados o mais simples possível;
- Ser flexível o bastante de forma a tornar possível a inclusão de novas características necessárias a interpretação do banco de dados.

Os autores enfatizam também a importância de se definir previamente todos os objetivos que se deseja alcançar com o banco de dados. Desta forma, pode-se eliminar dados redundantes e facilitar a implementação e localização dos dados e assim facilitar sua manutenção, quando se fizer necessária.

2.2 Estrutura de um Banco de Dados

Uma sequência de atividades é requerida para formação de um banco de dados, que a medida que é executada torna-se uma rotina de trabalho. É constituída pela coleta de dados, identificação dos tipos de solos, gerenciamento e classificação dos dados e apresentação dos resultados, conforme Ferreira (1990).

2.3 Vantagens de um Banco de Dados

São apresentadas a seguir as principais vantagens de um banco de dados: Redução ou eliminação de redundâncias entre diversos dados; Eliminação de inconsistências; Compartilhamento dos dados; Restrições de segurança; Padronização dos dados; Manutenção de integridade dos dados; Evitar necessidades conflitantes; Independência dos dados.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada para se chegar aos objetivos prevê algumas atividades a serem desenvolvidas, tais como: Coleta dos dados nos arquivos do Laboratório de Solos da

Universidade Federal de Pernambuco; Elaboração de uma planilha eletrônica no software Excel; Cadastramento e compilação dos dados na planilha; Caracterização e classificação dos solos do projeto; Desenvolvimento de correlações estatísticas entre os parâmetros geotécnicos e índices físicos; Análise estatística dos resultados; Comparação dos dados com os da literatura.

Com a finalidade de tornar mais confiável a correlação estatística dos dados analisados foram desenvolvidas duas planilhas no software Excel, uma apresentando os dados, de ensaios laboratoriais, dos solos localizados no Eixo Leste, da Integração do Rio São Francisco, e a outra com os dados do Eixo Norte da Integração. A localização dos eixos e a necessidade de separação dos dados podem ser evidenciadas na Figura 1.



Figura 1. Integração do Rio São Francisco com apresentação dos eixos Leste e Norte.

A seguir é demonstrada a organização das planilhas e como as informações foram distribuídas nelas. Vale salientar que as planilhas apresentam a mesma estrutura de cadastramento e organização dos dados, tanto para o Eixo Leste como para o Eixo Norte, caracterizando exemplos típicos de apresentação da tabela contendo todos os dados disponíveis, que apresenta 39 amostras do Eixo Leste e 9 amostras do Eixo Norte. Entretanto, estas não apresentam os mesmos dados de ensaios, uma vez que os ensaios necessários para os serviços a serem realizados em um trecho da integração não necessariamente foram realizados em outro.

Na primeira parte do banco de dados, representada nas Tabelas 1 e 2, constam informações como o código de identificação e orientação da amostra, o local da extração, o trecho do eixo o qual a amostra foi extraída e a profundidade da extração. Na segunda parte é apresentada a classificação da amostra através do Sistema Unificado de Classificação dos Solos S.U.C.S e pelo TRB (Transportation Research Board), conforme Tabelas 3 e 4. Os dados de ensaios apresentados posteriormente são referentes as mesmas amostras apresentadas nas Tabelas 1 e 2. Os dados não identificados nas Tabelas 1 e 2 foram preenchidos com a sigla N.I.

Tabela 1. Primeira parte do banco de dados (Eixo Norte).

Código da amostra	Local da amostra (extração)	Eixo	Trecho	Profundidade da amostra (m)
N1	TRE-estaca 436	Norte	I	6
N2	TRE-estaca 436	Norte	I	3
N3	TRE-estaca 240	Norte	I	N.I.

Tabela 2. Primeira parte do banco de dados (Eixo Leste).

Código da amostra	Local da amostra (extração)	Eixo	Trecho	Profundidade da amostra (m)
L1	Barragem Mandantes	Leste	V	N.I.
L2	Barragem de Salgueiro	Leste	V	1,0 - 1,5
L3	Barragem Braúnas	Leste	V	N.I.

Tabela 3. Classificação das amostras (Eixo Norte).

CLASSIFICAÇÃO	
Sistema Unificado de Classificação - U.S.C	Transportation Research Board - TRB
SM - Areia siltosa	A - 4 (Solo siltoso); IG = 1,74
CL - Argila com baixa compressibilidade	A - 6 (Solo argiloso); IG = 5,39
CL - Argila com baixa compressibilidade	A - 6 (Solo argiloso); IG = 4,88

Tabela 4. Classificação das amostras (Eixo Leste).

CLASSIFICAÇÃO	
Sistema Unificado de Classificação - U.S.C	Transportation Research Board - TRB
SC - Areia Argilosa	N.I.
SC - Areia Argilosa	N.I.
SC - Areia Argilosa	N.I.

A terceira parte do banco de dados é representada pelos resultados dos ensaios de compactação dos solos, apresentando a Umidade ótima e o Peso específico máximo, para cada amostra de solo, conforme as Tabelas 5 e 6.

Tabela 5. Resultados dos ensaios de compactação (Eixo Norte).

COMPACTAÇÃO	
Peso específico máximo	Umidade Ótima
$\gamma_{\max}(\text{kN/m}^3)$	(%)
19,1	13%
18,8	12%
17,6	17%

Tabela 6. Resultados dos ensaios de compactação (Eixo Leste).

COMPACTAÇÃO	
Peso específico máximo	Umidade Ótima
$\gamma_{\max}(\text{kN/m}^3)$	(%)
18,2	13%
20	10%
19,1	12%

A quarta parte consiste na apresentação da composição granulométrica das amostras de solo através da recomendação da NBR 6502 (ABNT,1995), como apresentado nas Tabelas 7 e 8.

Tabela 7. Apresentação da composição granulométrica com referência na NBR 6502 (ABNT,1995) (Eixo Norte).

COMPOSIÇÃO GRANULOMETRICA						
Deflocu- lante	Argila	Silte	Areia Fina	Areia Média	Areia Grossa	Pedre- gulho
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Com	13%	22%	36%	23%	3%	3%
Sem	4%	35%	31%	26%	1%	3%
Com	12%	29%	27%	14%	4%	14%
Sem	6%	24%	28%	24%	4%	14%
Com	18%	34%	19%	12%	4%	13%
Sem	9%	30%	26%	17%	4%	14%

Tabela 8. Apresentação da composição granulométrica com referência na NBR 6502 (ABNT, 1995) (Eixo Leste).

COMPOSIÇÃO GRANULOMETRICA						
Deflocu- lante	Argila	Silte	Areia Fina	Areia Média	Areia Grossa	Pedre- gulho
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Com	28%	10%	21%	29%	10%	2%
Sem	5%	15%	39%	26%	13%	2%
Com	18%	10%	22%	24%	18%	8%
Sem	1%	9%	41%	24%	17%	8%
Com	30%	14%	19%	18%	10%	9%
Sem	7%	25%	34%	16%	9%	9%

Na quinta parte do banco de dados são apresentados os resultados dos ensaios de consistência e plasticidade dos solos, apenas para o eixo Norte, conforme Tabela 9. Os ensaios de plasticidade e consistência do eixo Leste não foram realizados no laboratório de solos da UFPE (Universidade Federal de Pernambuco), portanto os seus resultados não constam neste banco de dados.

A sexta parte consiste na apresentação dos resultados dos ensaios de adensamento, para amostras coletadas no eixo Leste, como é apresentado na Tabela 10.

Tabela 9. Apresentação dos resultados de plasticidade e consistência das amostras (Eixo Norte).

PLASTICIDADE E CONSISTÊNCIA		
Limite de Liquidez	Limite de Plasticidade	Índice de Plasticidade
(LL)	(LP)	(IP)
29%	24%	5%
38%	23%	15%
35%	24%	11%

Tabela 10. Apresentação das características de tensões e deformações dos solos (Eixo Leste).

TENSÕES E DEFORMAÇÃO				
Estado do Solo	Índice de Recom pressão	Índice de Vazios Inicial	Índice de Com pressão	Tensão de Pré-Adensamento
	(Cs)	(e0)	(Cc)	(σ_{vm}) (kPa)
N.I	0,03	0,726	0,14	20,0
N.I	0,07	0,577	0,25	90,0
N.I	0,04	0,627	0,19	90,0

A sétima parte do Banco de Dados apresenta os resultados referentes aos ensaios de cisalhamento direto e os ensaios de compressão triaxial, apresentando características de coesão e ângulo de atrito das amostras de solo do eixo Leste, conforme Tabela 11.

Tabela 11. Apresentação das características de resistência ao cisalhamento dos solos (Eixo Leste).

RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO				
Estado do solo	Ângulo de Coesão de Atrito		Ângulo de Coesão de Atrito	
	Ensaio de Cisalhamento Direto		Ensaio de Compressão Triaxial	
	(kPa)	(Grau)	(kPa)	(Grau)
Compactado	95,0	34	110,0	22
Indeformado	15,0	38	70,0	29
Compactado	55,0	31	61,0	28
Indeformado	103,0	28	-	-
Compactado	65,0	28	55,0	28
Indeformado	53,0	36	10,0	21

A oitava parte do Banco de Dados apresenta as características de expansibilidade, com dados de pressão de expansão e expansão livre dos solos, para amostras do eixo Leste, conforme Tabela 12.

Tabela 12. Apresentação das características de expansibilidade das amostras (Eixo Leste).

EXPANSÕES		
Estado do Solo	Pressão de Expansão	Expansão Livre
	(kPa)	(%)
N.I	270,0	9,3%
N.I	2,0	0,5%
N.I	10,0	3,2%

Na nona parte do banco de dados, apresentada na Tabela 13, constam informações relativas ao potencial de colapso de algumas amostras do eixo Leste, coletadas a uma profundidade de 0,5m, todas contidas no lote 9 das obras.

Tabela 13. Apresentação das características de potencialidade de colapso das amostras (Eixo Leste).

COLAPSOS			
Código da amostra	Local da Amostra (Extração)	Pressão de Potencial de Colapso	
		(kPa)	(%)
L17	Floresta Est. 2050	100,00	0,69%
L18	Floresta Est. 2112	100,00	2,92%
L19	Floresta Est. 2140	100,00	1,80%

4 RESULTADOS

4.1 Análise do Gráfico de Plasticidade

Como resultado pode-se apresentar a carta de plasticidade representada na Figura 2, dos dados cadastrados do Eixo Norte, Trecho 1, da Transposição do Rio São Francisco, que realiza uma correlação entre o índice de plasticidade e o Limite de Liquidez dos solos. Analisando o gráfico pode-se perceber que a maioria dos

solos se encontra abaixo da linha A, indicando que são siltes inorgânicos de mediana compressibilidade ou siltes orgânicos. Ressalta-se ainda que a totalidade da amostra se encontra no intervalo de limite de liquidez de 30 a 50, caracterizando solos de mediana plasticidade e mediana compressibilidade.

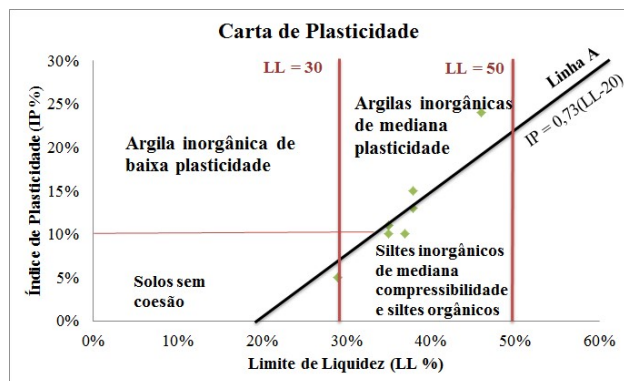


Figura 2. Gráfico de plasticidade dos solos do Eixo Norte, Trecho I, da Integração do Rio São Francisco.

4.2 Análise da Carta de Atividade

Segundo Pinto (2000) apud Sachetti, Rojas e Heineck (2014), a atividade da fração argila do solo pode ser determinada a partir do índice de atividade coloidal, proposto por Skempton (1954). Este índice avalia o potencial dos solos argilosos de conferir plasticidade e coesão ao mesmo, onde este parâmetro pode ser calculado através da razão entre o percentual do Índice de Plasticidade (IP) e o percentual de grãos menores que 0,002mm (fração argila), de um solo. Na carta de atividade apresentada na Figura 3, está descrito o gráfico sugerido por Skempton (1954) para avaliar a atividade do solo e o sugerido por Van Der Merwe (1964) para avaliar o potencial expansivo do solo, esta configuração foi adaptada da apresentada por Vargas (1985).

Os solos analisados na carta de atividade são do Eixo Norte, onde os dados utilizados para o percentual de fração argila foram separados em dois para verificar o comportamento dos solos no gráfico, quanto à utilização ou não de defloculante para o ensaio de granulometria. Constatou-se que houve um deslocamento dos pontos para a direita do gráfico, por apresentarem uma porcentagem de fração argila menor nos resultados dos ensaios de

granulometria sem defloculante, onde o solo N7 que se encontrava, para o dado do ensaio de granulometria com defloculante, com alto potencial expansivo e índice de atividade médio. Já para o dado do ensaio sem defloculante, a mesma amostra passou para um potencial expansivo médio com um índice de atividade alto. A característica de diminuir o potencial expansivo e aumentar o índice de atividade foi comum para todas as amostras analisadas.

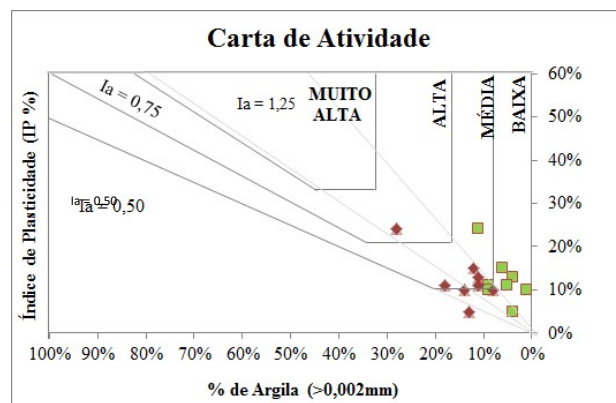


Figura 3. Carta de Atividade adaptada de Vargas (1985).

4.3 Análise do Potencial Dispersivo dos Solos

De acordo com Sherard; Decker; Ryker (1972), apud NBR13602 (ABNT, 1996), as argilas muito erodíveis são denominadas solos dispersivos, mesmo quando comparadas com solos não coesivos como areias finas e siltes, as quais, em presença de água, sofrem erosão por um processo conhecido dispersão ou defloculação. Este fenômeno ocorre quando as forças de repulsão entre as partículas individuais de argila sobrepujam as forças de atração, de modo que, em contato com a água, estas partículas são progressivamente destacadas da massa de argila e formam uma suspensão.

Realizando a análise da porcentagem de dispersão nos solos dos dois eixos, pode-se perceber que os solos do Eixo Leste apresentam-se com potencial de dispersividade menor com valores variando de 5% a 40%, apresentando valores de dispersão maiores apenas nas amostras das Barragens de Bagres, representada na Tabela 14 através do código L7 e Copiti, representada na Tabela 14 através dos

códigos L11 e L12.

Já no Eixo Norte todos os solos apresentam potência dispersivo variando entre 48% a 62%, exceto amostra N4, como apresentado na Tabela 15.

Tabela 14. Potencial de dispersão (Eixo Leste).

Código da amostra	Uso de Defloculante	Argila (>0,005mm)	Potencial Dispersivo
L1	Com Sem	29% 9%	31%
L2	Com Sem	19% 1%	5%
L3	Com Sem	30% 12%	40%
L4	Com Sem	13% 2%	15%
L5	Com Sem	11% 2%	18%
L6	Com Sem	17% 1%	6%
L7	Com Sem	22% 12%	55%
L11	Com Sem	34% 21%	62%
L12	Com Sem	38% 28%	74%
L13	Com Sem	28% 7%	25%
L14	Com Sem	15% 6%	40%

Tabela 15. Potencial de dispersão (Eixo Norte).

Código da amostra	Uso de Defloculante	Argila (>0,005mm)	Potencial Dispersivo
N1	Com Sem	13% 8%	62%
N2	Com Sem	15% 8%	53%
N3	Com Sem	25% 12%	48%
N4	Com Sem	10% 3%	30%
N5	Com Sem	15% 8%	53%
N6	Com Sem	20% 12%	60%
N7	Com Sem	35% 18%	51%
N8	Com Sem	13% 8%	62%
N9	Com Sem	15% 9%	60%

4.4 Análise Estatística dos Resultados dos Ensaio de Compactação

Analizando os resultados dos ensaios de compactação, para os dois eixos da Integração do Rio São Francisco, pôde-se perceber que mesmo os solos apresentando granulometrias variadas e classificações distintas, com solos mais finos no eixo Norte e solos mais granulares no eixo Leste, os valores de Peso específico máximo e Umidade ótima não apresentam grande variabilidade, assumindo valor de coeficiente de variação e desvio padrão conforme apresentados na Tabela 16.

A relação entre os dados, dos dois eixos, também pode ser percebida na Figura 4, que apresenta um gráfico de Peso específico máximo por Umidade ótima dos solos. Neste podemos perceber que os solos do eixo Leste apresentam densidades maiores para umidades menores, já os dados do eixo Norte apresentam seu Peso específico máximo com umidades maiores, o que é uma característica de solos argilosos.

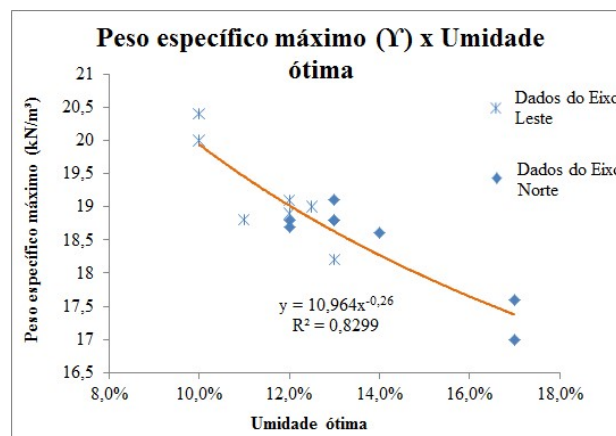


Figura 4. Gráfico de Peso específico máximo por umidade ótima dos dois eixos.

Tabela 16. Resultados estatísticos do Peso específico máximo e da Umidade ótima para os dados dos dois eixos.

Análise estatística dos resultados dos ensaios de compactação		
	(%)	γ _{máx} (kN/m³)
Média	13%	18,79
Desvio padrão	2%	0,82
Coeficiente de variação	0,16	0,04

5 CONCLUSÃO

- Considerando a Classificação Unificada dos Solos (S.U.C.S), no eixo Norte, a maior parte dos solos foi classificada como CL ou SM. Já no eixo Leste a maior parte dos solos foi classificada como SC.
- Considerando a classificação Transportation Research Board – TRB, no eixo Norte, a maior parte dos solos foi classificada como A – 4 ou A – 6.
- Através da Carta de Plasticidade pode-se perceber que a maioria dos solos, do eixo Norte, apresentam características de siltes inorgânicos ou siltes orgânicos com mediana plasticidade ou mediana compressibilidade.
- Através da Carta de Atividade podemos perceber que houve um deslocamento dos pontos, em relação as amostras com e sem defloculante, para a direita do gráfico, por apresentarem uma porcentagem de fração argila menor nos resultados dos ensaios de granulometria sem defloculante, diminuindo assim o potencial expansivo e aumentando o índice de atividade, para todas as amostras.
- Os solos do Eixo Norte apresentam um potencial dispersivo mais elevado, variando de 48% a 62%, exceto para a amostra N4 que apresenta dispersão menor. Já os solos do Eixo Leste apresentam um potencial dispersivo variando entre 5% e 40%, exceto para as amostras L7, L11 e L12, que apresentam potencial dispersivo maior.
- Através da análise estatística dos resultados dos ensaios de compactação pôde-se perceber que os valores de Peso específico máximo e Umidade ótima não apresentam grande variabilidade, assumindo valores de coeficiente de variação iguais a 0,16 para a Umidade ótima e 0,04 para o Peso específico máximo, e de desvio padrão iguais a 2% para a Umidade ótima e 0,82 (kN/m³) para o Peso específico máximo.
- A construção deste banco de dados, que continua em andamento com novas análises e correlações dos solos, da Integração do

Rio São Francisco, é de suma importância para a comunidade geotécnica, que servirá como ferramenta para facilitar o conhecimento geotécnico de uma determinada região através de simples pesquisa, obtendo parâmetros geotécnicos e contribuindo para o surgimento de futuros empreendimentos no semiárido nordestino do Brasil.

6 REFERÊNCIAS

- Coutinho, R. Q.; Oliveira, J. T. R. & Santos, L. M. (2000). *Database of In Situ Test Results from Recife Soft Clays*. Innovations and Applications in Geotechnical Site Characterization, ASCE Geotechnical Special Publication N^o 97: 142-154, Denver, Colorado, USA.
- Ferreira, S.R.M. (1990). *Banco de Dados de Solos Especiais – Colapsíveis no Estado de Pernambuco*. 6^o CBGE/ IX COBRAMSEF.
- Ferreira, S. R. M. (2008), *Solos colapsíveis e expansivos: uma visão panorâmica no Brasil*. In: VI Simpósio Brasileiro De Solos Não Saturados, Salvador. VI Simpósio Brasileiro De Solos Não Saturados. Salvador: EDUFBA, 2008. v. 2. p. 593-619;
- FUNCATE (2000). *Projeto de Transposição de Águas do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional*, R9 - Geologia e Geotecnia, Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais, São José dos Campos, 95 p;
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6502: *Rochas e Solos*. Versão de Setembro de 1995, Rio de Janeiro.
- _____. NBR 13602. *Avaliação de Dispersividade de Solos Argilosos pelo Ensaio Sedimentométrico Comparativo-Ensaio de Dispersão SCS*. Versão de Maio de 1996, Rio de Janeiro.
- Sachetti, A.S., Rojas, J.W.F e Heineck, K.S. (2004). *Caracterização dos Solos de Passo Fundo e Erechim e Geologia da Rocha de Passo Fundo*. Revista de Engenharia Civil IMED, 1(1): 11-17,2014.
- Siler, B. e Spotts, J. (1999). *Usando Visual Basic 6*, Tradução: Vanderberg Dantas de Souza, Rio de Janeiro, Edit. Campus 982p.
- Silva, A.M (2005). *Banco de Dados de Curvas de Retenção de Água de Solos Brasileiros*. Dissertação de mestrado, apresentada a Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.
- Skempton, A. W. (1954). The pore pressure coefficients A and B. *Géotechnique*, London, 4, 143-147.
- Van der Merwe DH, 1964. The prediction of Heave from the Plasticity Index and the Clay Fraction. *Civil Engineering*, South Africa vol. 6 no. 6.
- Vargas, M. (1985). *The Concept of tropical Soil*. 1st. International Conference. Geomech. Trp. Lat. And Sprol. Soils. Brasília-Brasil.