

ESTUDO DE ASPECTOS GEOTÉCNICOS DO SOLO DE UMA ÁREA DE EXPANSÃO IMOBILIÁRIA EM SÃO LUÍS/MA

Rômulo da Conceição do Rosário (Engenheiro Civil pela UFMA) E-mail: romulorosario955@gmail.com

Rodrigo da Cruz de Araujo (Professor do Curso de Eng. Civil da UFMA) E-mail: araujo.rodrigo@ufma.br

RESUMO

Quando o crescimento de uma cidade se prolonga a ponto de “absorver” regiões vizinhas, sejam elas rurais ou até mesmo outras cidades, ocorre o processo denominado conurbação. Esse aumento na densidade demográfica, caracterizado pelo crescimento populacional de determinada região, considerando que a área da localidade permaneça constante, necessita de maior quantidade de edificações, sejam elas das mais variadas finalidades possíveis, para atenderem as necessidades da população, como escolas, hospitais, entre outros. Tais edificações, mesmo que possuam um caráter impecável no que diz respeito à estrutura que se encontra acima do solo (a superestrutura), podem ter seu desempenho e qualidade comprometidas caso sejam construídas sobre um solo de comportamento desconhecido, ou seja, do qual não se conheçam as relações entre o tipo de material e suas características de acordo com seu uso. Além disso, existe a possibilidade de deterioração do solo por meio de agentes externos: a erosão. Levando isso em conta, este trabalho apresenta um estudo do solo do bairro de São Luís do Maranhão, chamado Vila Airton Senna (o qual mostrou as características mais desfavoráveis nos quesitos crescimento populacional e densidade demográfica, entre os anos de 2000 e 2010). Busca-se correlacionar as características do solo de tal bairro, obtidas por meio de ensaios de laboratório em amostras coletadas do material inconsolidado em questão, com alguns de seus usos na engenharia civil, na tentativa de prever se o comportamento do maciço terroso é favorável ou não para determinados usos e sua oposição a processos erosivos.

Palavras chaves: crescimento populacional, adensamento urbano, bairro Vila Airton Senna, comportamento do solo.

ABSTRACT

When the growth of a city extends to the point of "absorbing" neighboring regions, be they rural or even other cities, the process called conurbation takes place. This increase in population density, characterized by the population growth of a given region, considering that the area of the locality remains constant, needs a greater amount of buildings, whether of the most varied possible purposes, to meet the needs of the population, such as schools, hospitals, among others. Such buildings, even if they have an impeccable character with respect to the structure that is above the ground (the superstructure), can have their performance and quality compromised if they are built on a soil of unknown behavior, that is, of which know the relations between the type of material and its characteristics according to its use. In addition, there is the possibility of soil deterioration through external agents: erosion. Taking this into account, this study presents a soil study of the São Luís do Maranhão neighborhood, called Vila Airton Senna (which showed the most unfavorable characteristics in population growth and demographic density between 2000 and 2010). It is sought to correlate the soil characteristics of such a neighborhood, obtained through laboratory tests on samples collected from the unconsolidated material in question, with some of its uses in civil engineering, in an attempt to predict whether the behavior of the earthy mass is favorable or not for certain uses and its opposition to erosive processes.

Key words: population growth, urban densification, Vila Airton Senna neighborhood, soil behavior study.

1. Introdução

Ao ocorrer crescimento populacional em uma região a tendência é que primeiro ocorra saturação da região de forma horizontal até que os limites de sua área sejam alcançados.

Quando não houver mais a possibilidade de crescimento horizontal ocorrerá o crescimento vertical: edifícios com vários pavimentos para sustentar as exigências da população.

Nesse contexto, a qualidade de uma obra de engenharia civil tem como um fator determinante o conhecimento das propriedades dos solos sobre os quais são feitas. Porém, caracterizar completamente um solo é muito custoso e demorado. Dessa forma, muitas vezes tenta-se relacionar as propriedades cujas determinações seriam mais complexas com aquelas que se consegue determinar por métodos mais simples.

Assim, o objetivo desse trabalho é abordar a importância das análises das características geotécnicas com a finalidade de prever o comportamento do solo em diversas situações de engenharia. Para tal, o trabalho exemplifica tal importância por meio do estudo de caso do bairro Vila Airton Senna, o qual foi selecionado por ter apresentado o segundo maior crescimento populacional e a maior densidade demográfica de São Luís do Maranhão no período de 2000 a 2010. A partir da caracterização geotécnica do solo, são delineados os comportamentos esperados sob variados enfoques, com base em estudos anteriores encontrados na literatura.

2. Referencial Teórico

De acordo com o objetivo descrito, faz-se então necessário uma abordagem sobre os comportamentos esperados do solo de acordo com suas características geotécnicas. Assim, são apresentadas a seguir algumas conceituações que permitirão delimitar melhor o entendimento do termo “solos” no presente trabalho, bem como correlações entre o tipo de solo e suas características de comportamento descritas na literatura para diversas situações.

2.1 Origem e definição de solo

“Os solos são materiais que resultam do intemperismo ou meteorização das rochas, por desintegração mecânica ou decomposição química” (CAPUTO,1988). Percebe-se que tal definição se baseia nos processos que o originam, em que intemperismo ou meteorização é “(...) o processo que resulta em inúmeras modificações na composição química dos seus minerais e aspectos físicos” (CAPUTO,1988). Fernandes (1994) define que “solo é toda ocorrência natural de depósitos brandos ou moles, cobrindo um substrato rochoso e que é produzida por desintegração e decomposição física e química das rochas, podendo ou não conter matéria orgânica”. BERTONI (1968) diz que o solo é a base de tudo aquilo que há no planeta Terra e que sem ele a existência dos seres vivos seria impossível. Outra definição, a qual leva em conta os materiais que compõem o solo, é dada por Pinto (2006), ao explicar que “os solos são constituídos por um conjunto de partículas com água (ou outro líquido) e ar nos espaços intermediários. As partículas, de maneira geral, encontram-se livres para deslocar-se entre si”. Esta definição é importante uma vez que ressalta que o solo é um material polifásico, constituído por partículas sólidas, água (ou outros líquidos) e ar, característica que se mostra fundamental para a compreensão de seu comportamento mecânico, especificamente no que se refere à sua resistência, deformação e permeabilidade.

2.2 Adequação dos solos para terraplenagem

Para a utilização de solos em aterros têm-se três características de grande relevância: a permeabilidade, resistência e a facilidade de compactação (Headquarters, 2001). “Solos com pouco ou nenhum percentual de finos (GW, GP, SW e SP) são estáveis, permeáveis e capazes de obter boa compactação com o uso de tratores de esteira e rolos de borracha” (Headquarters, 2001).

No caso da estabilidade dos solos, no que diz respeito às partículas finas, essas podem ocupar facilmente os vazios do solo. Se isso ocorrer de maneira repentina, a estabilidade do mesmo estará comprometida. A permeabilidade, tendo em mente o que foi dito acima sobre os vazios do solo e a dimensão das partículas, tende a aumentar à medida que o volume não ocupado por partículas sólidas aumente, de forma que não haja obstruções para a passagem do fluido.

Já em relação aos solos que possuem certa quantidade de partículas finas (GM, GC, SM e SC) deve-se tomar cuidado com sua utilização uma vez que esses grãos de dimensões menores podem modificar o comportamento do solo, conforme já foi dito anteriormente. No entanto, uma grande vantagem é que seus pequenos diâmetros permitem que as partículas sólidas consigam ocupar os vazios de maneira mais eficiente, fazendo com que a massa de solo se torne mais densa e, conseqüentemente, mais impermeável.

2.3 Características de compactação

A compactação, resumidamente, consiste na redução de parte dos vazios (ar) através de procedimentos mecânicos visando melhorar sua qualidade, uma vez que a diminuição de ar contido na massa de solo gera um aumento em sua resistência mecânica já que a dispersão das partículas sólidas é diminuída.

“Os solos com pouco ou nenhuma quantidade de partículas finas geralmente apresentam certa facilidade para serem compactados onde os mais graduados (GW e SW) geralmente fornecem melhores resultados que os solos mal graduados (GP e SP)”, (Headquarters, 2001). Percebe-se então que a capacidade do solo de ser compactado está diretamente ligada à granulometria e aos vazios existentes no mesmo.

À medida que a dimensão dos grãos diminui o processo de compactação se torna mais difícil de ser realizado devido à boa conformação entre os grãos maiores e menores, em que esses últimos tendem a ocupar os espaços vazios gerados pelos grãos de diâmetros maiores. Outro aspecto que influencia na compactação, o qual está relacionado com o tamanho dos grãos, é a porosidade. Além da conformação das partículas sólidas, o tamanho dessas também pode influenciar no quesito porosidade.

2.4 Adequação para fundações

A adequação dos solos para fundações e taludes depende essencialmente das características de resistência e consolidação. “As características de resistência e assentamento dos solos dependem de variáveis como estrutura, densidade em campo, umidade e ciclos de carregamento em sua história geológica” (Headquarters, 2001). Esse número de variáveis faz com que se torne mais difícil prever como cada tipo de solo vai se comportar quando utilizado em fundações e taludes. Como já foi dito neste trabalho, quando a quantidade de partículas fina é elevada tem-se uma maior imprevisibilidade do comportamento dos solos, inclusive no que se refere a taludes e fundações. Por essa razão, o que será explanado nesta seção são apenas características gerais.

Segundo Headquarters (2001), “em geral os solos grosseiros possuem capacidade de carga variável que depende de suas densidades, em especial para os solos classificados como SP e SM”. A diferença de diâmetro das partículas sólidas da areia siltosa e da areia mal graduada permite que esses sejam consolidados mais facilmente possibilitando que os vazios sejam diminuídos, tornando o solo mais denso e, conseqüentemente, mais resistente a esforços mecânicos.

Dos solos de granulometria fina, o grupo CL é provavelmente o melhor para se utilizar em fundações (Headquarters, 2001). Isso ocorre por se tratar de um solo com baixa compressibilidade, característica essa que impede ocorrências de acomodações entre os grãos do solo que podem gerar recalque no mesmo.

2.5 Permeabilidade e controle de infiltração

Como a permeabilidade e o controle de infiltração dependem da mesma propriedade do solo, esses geralmente são estudados de maneira conjunta. Headquarters (2001) afirma que a infiltração em relação a aterros e fundações pode ser dividida, de maneira grosseira, em três categorias:

- Infiltração através de taludes;
- Infiltração através de fundações;
- Controle de pressões de elevação.

Essas categorias serão mais detalhadas e melhor correlacionadas com os grupos de solos nos parágrafos seguintes.

2.5.1 Infiltração através de aterros

Primeiramente faz-se necessário apresentar algumas definições a respeito da permeabilidade, tais como “permeabilidade absoluta”, “permeabilidade efetiva” e “permeabilidade relativa”. A permeabilidade absoluta se refere à capacidade de fluidos transpassarem por um meio poroso (Carvalho et al., 2006). Ou seja, é uma característica intrínseca do mesmo.

Já a permeabilidade efetiva diz respeito à capacidade de transmissão de um determinado fluido na ocorrência de outros fluidos (Carvalho et al., 2006), deixando de ser somente dependente da característica do meio poroso e passando a depender da interação do meio com a interação dos fluidos entre si.

No caso da permeabilidade relativa essa é decorrente de uma normalização por um determinado valor de permeabilidade. Geralmente é o valor da permeabilidade efetiva dividido pelo valor de permeabilidade absoluta (Carvalho et al., 2006).

No controle de infiltração de taludes é a permeabilidade relativa dos materiais adjacentes (e não a permeabilidade real dos solos) que regula sua utilização em determinada localização (Headquarters, 2001). Isso ocorre porque a infiltração de fluidos em taludes não depende unicamente das características intrínsecas desse último, mas sim de sua interação com o(s) fluído(s). Os solos mais impermeáveis (GM, GC, SM, SC, CL, MH e CH) podem ser utilizados em aterros homogêneos com a finalidade de retardar o fluxo de água. Nesse caso deve-se evitar que a infiltração ocorra no declive do talude (Headquarters, 2001) devido ao fato de que a velocidade que o fluido possui quando este se encontra em um declive aumenta a ocorrência da perda de seção (abrasão) da encosta do talude, em razão do atrito entra essa última e a água.

2.5.2 Infiltração através de fundações

Assim como nos taludes, a quantidade de infiltração aceitável dependerá da estrutura envolvida. No entanto, se o solo de determinada obra de engenharia possuir infiltração que seja capaz de comprometer a mesma, será então necessário que se tome medidas que diminuam a quantidade de água que ultrapasse o solo. Tais medidas geralmente são executadas na ocorrência de solos grosseiros, por possuírem uma maior capacidade de infiltração devido à sua granulometria. Já para solos relativamente impermeáveis (GC, SC, CL, OL, MH, CH e OH) não há necessidade de se tomar tais medidas uma vez que

a infiltração nesses é ínfima.

2.5.3 Controle de pressão de elevação

O problema do controle das pressões de elevação está diretamente associado aos solos de fundação permeáveis. As pressões de elevação podem ser reduzidas pelo alongamento do percurso de infiltração (por meio de um cutoff ou cobertor upstream) ou por medidas para alívio de pressão na forma de poços, trincheiras de drenagem, cobertores de drenagem ou conchas permeáveis à jusante.

Os cascalhos de drenagem livre (GW e GP) podem ser tratados por qualquer dos procedimentos acima mencionados; contudo, para obter o alívio de pressão desejado, pode ser preferível a utilização de um corte positivo, uma vez que as instalações de cobertores, poços ou de valas provavelmente terão de ser demasiado extensas para a realização dos resultados desejados.

As areias de drenagem livre (SW e SP) são geralmente menos permeáveis que os cascalhos e, conseqüentemente, o volume de água que deve ser controlado para o alívio de pressão é geralmente menor. Conseqüentemente, um corte positivo pode não ser necessário e um cobertor a montante, poços ou uma trincheira de ponta podem ser totalmente eficazes. Em alguns casos, pode ser desejável uma combinação de manta e trincheira ou poços.

2.6 Erosão

O processo erosivo depende tanto de fatores externos, como o potencial de erosividade das chuvas, as condições de infiltração e escoamento superficial e a declividade e comprimento do talude ou da encosta, quanto de fatores internos ao solo como sua desagregabilidade e erodibilidade, (CARVALHO et al., 2006).

Vários autores, como (Silva et al., 2003; Almeida Filho & Ridente Junior, 2001; Infanti & Fornasari Filho, 1998; Iwasa & Fendrich, 1998), afirmam que a capacidade da erosão atuar em determinada localidade depende das características climáticas, geológicas, geomorfológicas, pedológicas e da cobertura vegetal dessas áreas.

No que diz respeito à erodibilidade dos solos, Gray & Leiser (1989) estimam, por meio de desigualdades, o potencial de erodibilidade do solo de acordo com sua classificação:

$$ML > SM > SC > MH > OL > CL > CH > GM > SW > GP > GW \quad (1)$$

Essa desigualdade indica que o solo classificado com ML é mais vulnerável à erosão que o solo SM, que por sua vez é mais vulnerável que o SC e assim sucessivamente.

3. Materiais e Métodos

Nesse tópico, serão apresentados as características da área estudada e os ensaios realizados para caracterizar o solo do local a fim de indicar os comportamentos que o mesmo deverá apresentar sob vários aspectos, analisando sua adequabilidade para diversos fins, conforme objetivo do trabalho.

3.1 Descrição da Área de Estudo:

O município de São Luís do Maranhão é exemplo de um local que passou por um significativo crescimento populacional no intervalo de tempo entre os anos de 2000 e 2010. Esse aumento do número de habitantes obrigou a capital ludovicense a se expandir, trazendo consigo a relevância de estudos a respeito da viabilidade e

adequabilidade técnica de tal expansão.

Diante do processo contínuo de urbanização foi necessário saber qual bairro da cidade de São Luís do Maranhão apresentou, no intervalo de dez anos, entre 2000 e 2010, a situação mais crítica nesse aspecto, que levou em conta seus respectivos crescimentos e adensamentos populacionais. Para isso foi realizada uma comparação de informações entre todos os bairros da capital ludovicense por meio de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o IBGE, e do Instituto da Cidade, Pesquisa e Planejamento Urbano e Rural, INCID, referente aos anos de 2000 e 2010.

A partir de verificações referentes ao crescimento populacional dos bairros do município de São Luís do Maranhão, selecionou-se para esse trabalho o estudo do solo do bairro “Vila Airton Senna”, em razão do seu percentual de crescimento populacional entre os anos de 2000 e 2010, bem como do grau de adensamento atingido pelo mesmo. Tal bairro foi selecionado porque apresentou o segundo maior percentual de crescimento populacional, com variação do número de habitantes de 311% naquele período, associado ao maior nível de adensamento no município, com cerca de 21.599 hab/km².

Com a alta taxa de crescimento do número de pessoas que habitam o bairro Vila Airton Senna, deve-se ter cautela no que diz respeito a edificar, uma vez que qualquer obra de engenharia civil deve analisar o solo do local onde se quer erguer a estrutura para garantir a segurança e o conforto daqueles que utilizarão o produto final obra. Essa análise tem como finalidade extrair informações necessárias para caracterizar o solo de forma que seja possível conhecer o seu comportamento, influenciando assim as escolhas que o engenheiro civil fará como, por exemplo, na escolha do tipo de fundação que deverá ser utilizada ou na adequabilidade para certo tipo de ocupação.

3.2 Trabalhos de Laboratório

Definido o local a ser estudado, procedeu-se a realização de ensaios de laboratório, utilizando-se amostra do solo retirada do bairro em questão. Os ensaios, de granulometria, umidade, limite de liquidez e limite de plasticidade, feitos a partir de amostras do solo do bairro Vila Airton Senna, foram realizados no laboratório da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA).

Os ensaios foram realizados de acordo com as normas da ABNT onde foram utilizadas as Normas Brasileiras NBR 6457/86, NBR 6459/84, NBR 7180/84, NBR 7181/84 e NBR 7217/87 para a preparação da amostra de solo, determinação da composição granulométrica, limite de liquidez e limite de plasticidade, respectivamente.

A realização de ensaios específicos para caracterizar o comportamento geotécnico do solo em uma construção civil pode ser onerosa e demorada, uma vez que podem ser necessários procedimentos variados e complexos. Dessa forma, alternativa para uma avaliação preliminar do comportamento esperado para o solo, sem que houvesse a necessidade de execução de muitos ensaios, seria por meio da correlação com parâmetros e classificações básicas do material (SANTOS, 2001).

4. Apresentação dos Resultados

Nesse tópico, serão apresentados os resultados obtidos por meio dos ensaios de determinação granulométrica, determinação do LL e LP.

4.1 Determinação granulométrica

A análise granulométrica serve para definir a composição granulométrica do solo

(RODRIGUES & SANTANA, 2005), determinando a partir do peneiramento (figura 1) a distribuição o tamanho de seus grãos (em percentual) de acordo com a massa total das partículas sólidas da amostra de solo, que neste caso foi de 201,42 gramas

Figura 1 - Peneiras utilizadas na etapa de peneiramento da amostra do solo



Fonte: Autoria própria

No peneiramento grosso, toda amostra passou por todas as peneiras. No entanto, o mesmo não ocorreu no peneiramento fino (tabela 1).

Tabela 1 – Resultados do peneiramento fino

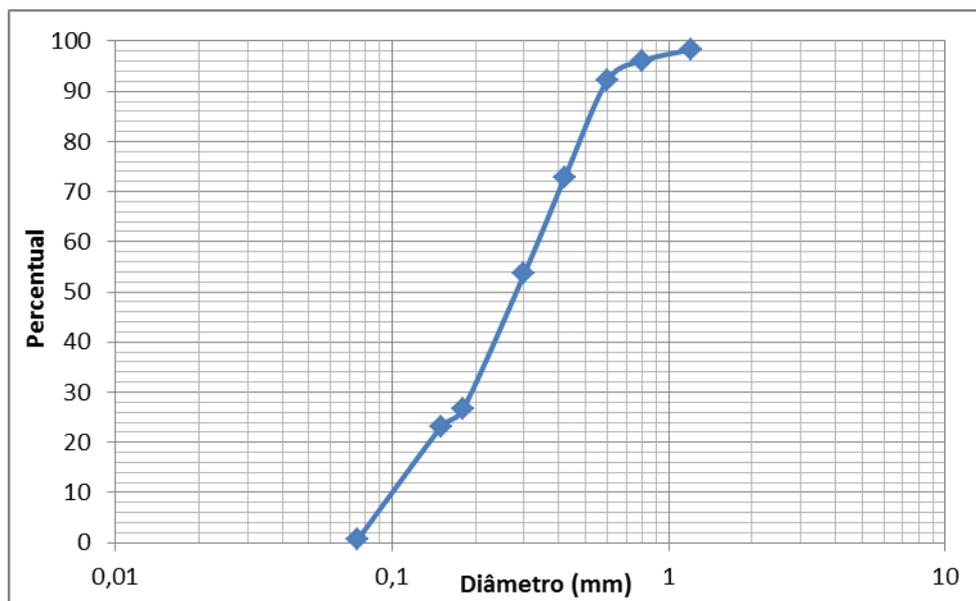
| Peneira | Peso da Amostra Seca (g) | | % retido em cada peneira | % que passa da amostra total |
|-----------|--------------------------|-----------|--------------------------|------------------------------|
| | Retido | Acumulado | | |
| 16/1,2 | 3,37 | 3,37 | 1,67 | 98,33 |
| 20/0,8 | 4,47 | 7,84 | 2,22 | 96,11 |
| 30/0,6 | 7,85 | 15,69 | 3,90 | 92,21 |
| 40/0,42 | 39,03 | 54,72 | 19,38 | 72,83 |
| 50/0,3 | 38,70 | 93,42 | 19,21 | 53,62 |
| 80/0,18 | 54,45 | 147,87 | 27,03 | 26,59 |
| 100/0,15 | 7,14 | 155,01 | 3,54 | 23,04 |
| 200/0,075 | 45,11 | 200,12 | 22,40 | 0,65 |

Fonte: Autoria própria

De acordo com os dados obtidos por meio do peneiramento do solo é possível que se analise a distribuição das partículas sólidas. Os resultados dessa análise são

representados graficamente por meio da curva granulométrica (figura 2).

Figura 2 - Curva granulométrica da amostra de solo do bairro Vila Airton Senna



Fonte: Autoria própria

A partir da curva granulométrica, podemos extrair as seguintes informações:

$$D_{10} = 0,10$$

$$D_{30} = 0,19$$

$$D_{60} = 0,35$$

$$C_u = D_{60}/D_{10} = 3,5$$

$$C_c = (D_{30})^2/(D_{60} \cdot D_{10}) = 1,03$$

De posse das informações anteriores, pode-se então enquadrar a amostra de solo no Sistema de Classificação Unificada (USC/ASTM), obtendo-se então que tal solo se classifica como “SP”, ou seja, uma areia mal graduada.

Os dados referentes às dimensões das partículas sólidas são importantes para a análise dos resultados. A tabela 2 resume os percentuais encontrados por meio do peneiramento.

Tabela 2 - Resumo da granulometria do solo do bairro Vila Airton Senna

| Percentual das frações do solo (%) | |
|------------------------------------|-------|
| Pedregulho acima de 2,00 mm | 0 |
| Areia grossa 0,60 mm a 2,00 mm | 7,79 |
| Areia média 0,18 mm a 0,60 mm | 65,62 |
| Areia fina 0,075 mm a 0,18 mm | 25,94 |
| Menores que 0,075 | 0,65 |

Fonte: autoria própria

A partir desses resultados pode-se perceber que o percentual que passa na peneira #200 é muito reduzido e por isso não houve a necessidade de se fazer a etapa de sedimentação para determinação da granulometria uma vez que, com um percentual tão pequeno de finos, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas, ele é considerado um solo limpo.

4.2 Determinação do Limite de Liquidez

Para determinação desse parâmetro, uma determinada quantidade de solo é colocada sobre a concha do aparelho de Casagrande (figura 4) e é feita uma espécie de fenda com o cinzel. Em seguida a concha é erguida, através de uma manivela, e realiza colisões com a superfície rígida do aparelho.

Figura 4 - Aparelho de Casagrande para realização do ensaio referente ao LL

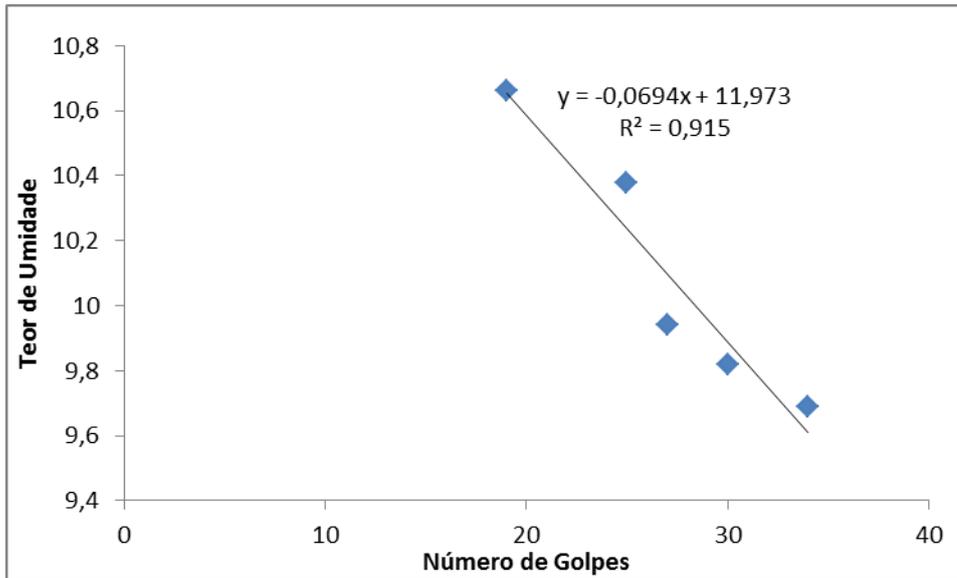


Fonte: Autoria própria

A determinação do limite de liquidez corresponde à umidade para a qual a ranhura padrão fecharia com 25 golpes do aparelho de Casagrande.

Os resultados de teor de umidade de cada cápsula com os respectivos números de golpes foram plotados em um gráfico, que permitiu determinar o valor desejado. Foi realizada a regressão linear para verificar a confiabilidade entre tais características (figura 5).

Figura 5 - Regressão linear do número de golpes x teor de umidade da amostra



Fonte: Autoria própria

O valor de R^2 , superior a 91%, mostra que a relação entre o teor de umidade e o número de golpes para a determinação do LL a partir das cinco tentativas é confiável.

4.3 Determinação do Limite de Plasticidade

A determinação do limite de plasticidade é dada através da possibilidade de se moldar um cilindro de solo, através de rolagem até que se se fissure, que possui 3 mm de diâmetro e 10 cm de comprimento, sobre uma placa de vidro (figura 6). Após a coleta de alguns fragmentos fissurados são determinados seus valores de umidade. Feito este procedimento quatro vezes, o valor do limite de plasticidade será a média das umidades encontradas.

Figura 6 - Ensaio do limite de plasticidade da amostra do bairro Vila Airton Senna



Fonte: Autoria própria

Para a determinação da plasticidade da amostra em questão, não foi possível moldar o cilindro (tabela 3). Mesmo que se adicionasse mais água o solo sempre esfarelava. Isso significa que a amostra trata-se de um solo não plástico.

Tabela 3 - Resultados obtidos para o LP e IP

| | | |
|------------------------|----|-------|
| Limite de Liquidez | de | 10,23 |
| Limite de plasticidade | de | NP |
| Índice de plasticidade | de | NP |

Fonte: Autoria própria

4.4 Classificação unificada

Com base nos resultados obtidos até aqui é possível classificar o solo de acordo com o sistema unificado já citado anteriormente. Deve-se utilizar suas características granulométricas para classificá-lo.

5. Análises dos resultados

Neste capítulo serão apresentados os resultados referentes à classificação do solo de acordo com o SUCS e também serão relacionadas as características do solo do bairro aqui estudado com as informações encontradas na bibliografia para que o comportamento de tal solo seja descrito em relação a tudo aquilo apresentado anteriormente.

5.1 Classificação do solo do bairro Vila Airton Senna de acordo com o SUCS

De acordo com tal classificação, percebe-se que o solo do bairro Vila Airton Senna é um areia já que mais de 50% da amostra passou na peneira #4 (peneira de malha de 4,8 mm, utilizada no peneiramento grosso). A amostra de solo teve também um percentual passante na peneira #200 menor que 5% (tabela 1). A partir da determinação dos coeficientes de uniformidade (Cu) e de curvatura (Cc) pôde-se determinar que se trata de um solo mal graduado, para o qual a classificação atribuída é SP (areia mal graduada).

5.2 Uso do solo do bairro Vila Airton Senna para terraplenagem

A adequação do solo para terraplenagem depende diretamente da fração de finos existentes na massa de solo uma vez que as três características de grande importância, segundo a bibliografia já citada anteriormente, são a permeabilidade, resistência mecânica e facilidade de compactação. A fração de finos tem sua importância no sentido de que estas características são influenciadas por grãos de menores dimensões. Se por um lado a fração de finos pode aumentar a densidade de partículas sólidas do material inconsolidado fazendo com que este possua uma maior resistência mecânica, por outro essa fração de finos confere ao solo, à medida que se aumenta seu percentual, a característica de plasticidade, podendo o solo ser deformado com certa facilidade sem perda de volume, o que pode afetar de maneira negativa a estabilidade do material

inconsolidado.

Em termos de estabilidade solos mal graduados possuem um bom comportamento quando utilizados em aterros, pois sua graduação facilita no processo de compactação por meio de tratores. Isso porque os solos pedregosos e arenosos com pouco ou nenhum finos (solos dos grupos GW, GP, SW e SP) são estáveis e permeáveis (HEADQUARTERS, 2001).

5.3 Características de compactação do solo do bairro Vila Airton Senna

No que diz respeito à facilidade de compactação, foi explicado anteriormente que solos com pouco ou nenhum percentual de finos são relativamente fáceis de serem compactados, com os solos bem graduados apresentando melhores resultados. Logo, de acordo com a bibliografia, o solo do bairro Vila Airton Senna é de fácil compactação, mesmo que se trate de uma areia mal graduada.

5.4 Adequação do solo do bairro Vila Airton Senna para fundações

No que diz respeito às fundações, estruturas que dependem também da capacidade de carga que o solo pode resistir sem sofrer ruptura ou deformações que não estejam previstas em projeto, a massa inconsolidada deve possuir a menor quantidade de volume de vazios possíveis. Isso significa que um solo que possui uma maior densidade de partículas em relação a outro é mais resistente contanto que não haja ocorrência de matéria orgânica. Uma vez que em qualquer estrutura que receba um carregamento, estrutura essa que deve ser capaz de resistir ao mesmo sem comprometer sua função estrutural e desempenho, esta tende a romper em suas regiões de menor capacidade resistente, capacidade essa que é afetada pela densidade de grãos do solo. Desta forma, quanto maior for essa densidade, maior será também a capacidade de resistir a carregamentos devido à maior dificuldade de romper e deformar as frações de sólidos do solo.

Consequentemente, um solo mal graduado, como é o caso do solo do bairro Vila Airton Senna, no que diz respeito à utilização de fundações estruturais assentes nesse bairro, não possui essa grande vantagem citada no parágrafo anterior. Por isso, como o uso das areais classificadas como SP podem ser mais difíceis de se adequar a esse tipo de necessidade, uma examinação cuidadosa é necessária para garantir que não haverá problemas.

5.5 Permeabilidade e controle de infiltração do solo do bairro Vila Airton Senna

No caso da infiltração, seja através de aterros ou de fundações, não se deve levar em consideração somente a graduação do solo, mas também o percentual de finos que este possui. As frações de finos são as partículas sólidas que mais dificultam a passagem de água pelo solo, transformando-o quase em uma espécie de barreira intransponível. Esses grãos de diâmetros reduzidos conseguem adentrar nos espaços referentes ao volume de vazios do solo com uma maior facilidade. Na ocorrência de fluxo de água em um solo que possua tais características, as partículas finas, que tentarão ocupar a totalidade dos vazios que o solo possui, oferecerão resistência à passagem da água.

Tendo isso em vista, como o solo do bairro estudado não possui um percentual de finos significativo, conclui-se então que este não oferece grande resistência à transposição da água pelo mesmo.

5.6 Erosão no solo do bairro Vila Airton Senna

GRANT (1970) afirma que ainda não há um índice de erodibilidade que seja simples e

universalmente aceito no meio científico. Tendo isso em vista, ele propôs sua própria classificação quanto à erodibilidade dos solos de acordo com sua respectiva classificação unificada, indo dos mais erodíveis ao menos erodíveis, que é a mesma utilizada por Gray & Leiser (1989) que já foi apresentada anteriormente:

ML > SM > SC > MH > OL > CL > CH > GM > GP > GW

É possível inferir que há limitação nessa classificação uma vez que o solo SP não aparece em tal classificação. Mesmo que isso tenha acontecido, GRANT (1970) diz que solos mal graduados são mais propensos à erosão.

6. Conclusões

O solo sempre foi e sempre será um elemento essencial existência dos seres vivos, seja pelo fato de que é dele que são retirados vários alimentos que são de suma importância para a sobrevivência do homem, de forma direta, tratando-se de um mantimento para o mesmo, ou de forma indireta, alimentando os animais que, por sua vez, suprirão a necessidade de fomento do ser humano, ou pelo fato de servir como base para as construções civis.

Cada solo possui suas propriedades que são podem variar devido vários fatores, sejam eles pertencentes ao primórdio da existência deste material inconsolidado, com a natureza da rocha matriz, ou não, como processos erosivos. Além desses fatores supracitados há também fatores intrínsecos ao solo que podem influenciar em seu comportamento como seus constituintes. Diferentes proporções entre o volume de vazios e o volume de partículas sólidas darão ao solo diferentes características e propriedades. Isso possibilita uma variação muito grande no comportamento da massa de solo.

Muitas das ocupações de determinadas regiões ocorrem de maneira negligente, onde pessoas edificam em qualquer local desabitado sem nem ao menos executar as sondagens do solo, desconhecendo o comportamento que aquele solo possui. Ainda há os casos em que, quando há o estudo do solo, o número de furos da sondagem do solo que será a base de determinada obra de engenharia civil é menor que aquela prevista em norma. Isso geralmente é feito para tornar a obra menos custosa. No entanto a imprevisibilidade do comportamento desse material, não levada em conta nesses casos citados acima, faz com que a obra se torne bem mais onerosa uma vez que a displicência dessa fase do projeto acarretará futuros custos adicionais, sejam eles desde o desconforto ocasionados por recalques diferenciais até a ruína da estrutura que irá gerar então um prejuízo total e colocará em risco a vida de moradores e pessoas que se encontram nas proximidades.

Quando essa ocupação ocorre de maneira desordenada e desproporcional, onde uma grande quantidade de pessoas se deslocam para bairros que possuem uma área relativamente pequena como o caso do bairro Vila Airton Senna, acarreta em uma situação desfavorável visto que tal ação terá como consequência um maior carregamento a ser resistido pelo solo, leva em conta também que a ocupação de determinada área promove o desmatamento, cooperando assim para o processo erosivo uma vez que a cobertura vegetal age como uma proteção do solo.

Ao se comparar as características do solo do bairro Vila Airton Senna com as relações entre essas e seu comportamento encontrados na bibliografia obteve-se, de maneira geral, características desejáveis a um solo do ponto de vista da engenharia civil.

Referente ao uso do solo para terraplenagem e sua adequabilidade para fundações,

utilizações essas do solo que baseiam-se no fato de ele ser ou não bem graduado, apresentando assim, respectivamente, propriedades desejáveis ou não, conclui-se que o solo estudado, com base no que foi apresentado ao longo do trabalho, apresenta características desejáveis.

Já em relação às características de compactação e à permeabilidade e controle de infiltração, as quais levam como parâmetro o percentual de finos do solo, tem-se que para o caso da compactação os valores encontrados para o solo em questão indicam característica favorável quanto ao primeiro aspecto, porém desfavorável quanto aos demais, uma vez que pode acarretar problemas à edificação como aqueles relacionados à capilaridade.

Em relação à erosão, o solo da localidade aqui estudado, segundo a comparação de sua classificação com a bibliografia estudada, apresentou um bom comportamento no sentido de que é um dos solos menos suscetíveis ao processo erosivo. Essa característica provavelmente está relacionada com os fatores graduação e percentual de finos que dão ao solo boa conformação das partículas sólidas, sendo então uma qualidade, e imprevisibilidade em seu comportamento, sendo então indesejável, respectivamente. No entanto, Oliveira e Araujo (2018) em seu estudo apresentaram propostas de vários autores no que se refere à erodibilidade de acordo com as classificações dos solos estudados por ele, areia mal graduada, SP, e areia siltosa, SM, mostrou que há divergência entre algumas propostas e limitações de algumas delas, como naquela de Gray & Leiser (1989), já que tal comparação não leva em consideração a classificação SP.

Mesmo que haja divergências entre as propostas sabe-se que o uso do solo e a cobertura vegetal são preocupações que devem ser levadas em conta na conservação do solo que, por sua vez, é imprescindível para o ser humano.

Referências

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Amostras de solo – preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. NBR 6457, agosto. 1986.

_____. Determinação do limite de liquidez. NBR 6459, outubro. 1984.

_____. Determinação do limite de plasticidade. NBR 7180, outubro. 1984.

_____. Solo – análise granulométrica. NBR 7181, dezembro. 1984.

_____. Agregados – Determinação da composição granulométrica. NBR 7217, agosto. 1987.

ALMEIDA FILHO, G. S.; RIDENTE JÚNIOR, J. L. (2001). Erosão: Diagnóstico, prognóstico e formas de Controle. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO,7, 2001, Goiânia. Minicurso. Goiânia: ABGE.

BERTONI, J. O planejador e a utilização dos recursos naturais. *Boletim da Federação dos Engenheiros-Agrônomos do Brasil (FEAB)*, Campinas, 1968

CAPUTO, Homero Pinto. Mecânica dos Solos e suas aplicações. 6.ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 1988.

CARVALHO, J. C. et al. Processos erosivos. Separata de: Processos erosivos no Centro-Oeste brasileiro, Brasília, p. 39-88, 2006.

FERNANDES, Manuel de Matos. Mecânica dos solos. 1. ed. Porto: FEUP, 1994.

GRANT, K (1970). The puce programme for terrain evaluation for engineering purpose. Australia CSIRO: Division of applied geomechanics. Paper 15.

GRAY, D.H.; LEISER, A.T. Biotechnical Slope Protection and Erosion Control. Krieger Publishing Company, Malabar, Florida. 1989.

HEADQUARTERS, Department of the Army. Materials testing. United States Army Health Services Command. Washington, DC, FM 5-472. 1 jul 2001.

IAWASA, O. Y.; FENDRICH, R. (1998). In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. (Org.). Geologia de Engenharia. São Paulo: ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. p. 271-281.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=211130>>. Acesso em 14/04/2016.

INCID - Instituto da Cidade, Pesquisa e Planejamento Urbano e Rural. Dados Socioeconômicos de São Luís. São Luís, 2000.

INFANTI JUNIOR, N.; FORNASARI FILHO, N. (1998). Processos de Dinâmica Superficial. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. de (Org.). Geologia de Engenharia. São Paulo: ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. p.131-152.

OLIVEIRA, F. F. e Araujo, R. C. Uso de parâmetros geotécnicos como indicadores da erodibilidade de solos. Geotecnia n° 142, março 2018, pp. 63-75.

PINTO, Carlos de Souza. Curso básico de Mecânica dos Solos. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

Rodrigues, P. F.; Santana, T. Ensaio de caracterização laboratorial de solos com vista à sua utilização em arquitectura de terra crua. Faculdade de Ciências e tecnologia – Universidade Nova Lisboa, Lisboa, 2005.

SANTOS, L.M. Caracterização Geotécnica de um Solo Não Saturado sob Processo Erosivo. Dissertação de Mestrado, UFPE, Recife – PE, 2001.

SILVA, A. M. et al. Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas, São Carlos: Rima, 2003.