

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
GOIÁS CÂMPUS JATAÍ.**

CURSO BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

DANILLO HENRIQUE CANGUSSÚ PRADO

**COMPARAÇÃO ENTRE CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS DO SUDOESTE
GOIANO POR MEIO DE ENSAIOS LABORATORIAIS E IDENTIFICAÇÃO TÁTIL
VISUAL.**

JATAÍ

2018

DANILLO HENRIQUE CANGUSSÚ PRADO

**COMPARAÇÃO ENTRE CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS DO SUDOESTE
GOIANO POR MEIO DE ENSAIOS LABORATORIAIS E IDENTIFICAÇÃO TÁTIL
VISUAL.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a
Coordenação do curso de Bacharelado em
Engenharia Civil do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás-
Campus Jataí, como parte dos requisitos para a
obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientadora: Ma. Tallyta da Silva Curado

Coordenadora: Dra. Caroline Duarte Gentil

JATAÍ

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)

PRA/com	Prado, Danillo Henrique Cangussú. Comparação entre caracterização dos solos do sudoeste goiano por meio de ensaios laboratoriais e identificação tátil visual/ Danillo Henrique Cangussú Prado. -- Jataí: IFG, Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, 2018. 65; il. Orientadora: Prof^a. Ma. Tallyta da Silva Curado. Bibliografias. 1. Sondagem SPT. 2. Investigação de subsolo. 3. Caracterização do solo. 4. Identificação tátil visual. 5. Ensaios laboratoriais. I. Curado, Tallyta da Silva Curado. II. IFG, Câmpus Jataí. III. Título. CDD 624.1513
---------	---

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Téc.: Aquisição e Tratamento da Informação.
Bibliotecária ã Rosy Cristina Oliveira Barbosa ã CRB 1/2380 ã Campus Jataí. Cód. F028/18.

**COMPARAÇÃO ENTRE CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS POR MEIO DE
ENSAIOS LABORATORIAIS E IDENTIFICAÇÃO TÁTIL VISUAL DE SOLOS DO
SUDOESTE GOIANO.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Coordenação do curso de Bacharelado em
Engenharia Civil do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás –
Campus Jataí, como parte dos requisitos para a
obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Civil.

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado, em 19 de fevereiro de 2018,
pela banca examinadora constituída pelos seguintes membros:

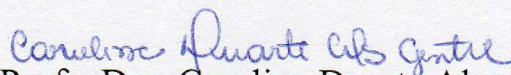
BANCA EXAMINADORA



Profa. Ma. Tallyta da Silva Curado

Presidente da banca / Orientador(a)

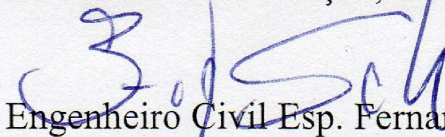
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás



Profa. Dra. Caroline Duarte Alves Gentil

Membro interno

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás



Engenheiro Civil Esp. Fernando Severino da Silva

Membro externo

Prof. Esp. Ronan Lopes de Oliveira Júnior

Suplente da Banca

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

A instituição pelo ambiente criativo e amigável que proporciona.

A minha orientadora Profa. Ma. Tallyta da Silva Curado, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos, que aumentou ainda mais minha admiração pelo seu profissionalismo.

A minha família, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

Meus agradecimentos aos amigos e colegas de curso que fizeram parte da minha formação e que vão continuar presentes em minha vida com certeza.

RESUMO

A sondagem SPT é um método designado para fornecer informações sobre as propriedades geotécnicas no solo, e tem sido largamente empregado no Brasil. Este método fornece informações sobre identificação e classificação das diferentes camadas de solo, nível do lençol freático e capacidade de carga do solo. A identificação é obtida através de rápidos testes realizados em campo, denominados análise tátil visual. A falta de confiabilidade neste método de análise das características do solo pode se dar pelo empirismo envolvido no método e gera um cenário de incertezas diante dos resultados, sendo que não há um parâmetro para a realização desta análise considerando a diversidade de características de diferentes solos. Este trabalho tem como objetivo avaliar se os resultados das identificações tátil visuais estão de acordo com caracterizações geotécnicas obtidas por meio de ensaios laboratoriais. Os resultados obtidos da análise tátil visual foram avaliados tendo como parâmetro caracterizações geotécnicas, através de ensaios laboratoriais de amostras de diferentes solos da região do sudoeste goiano. Estes resultados foram satisfatórios, com a maioria das amostras obtendo a mesma classificação, mas com peculiaridades que resultaram em divergências podendo gerar dúvidas. Deve-se atentar quando o solo possui grãos de tamanhos semelhantes, pois esta proximidade faz com que suas características se assemelhem podendo causar classificação equivocada da amostra. Ainda destaca-se que os ensaios apresentam diferenças que não nos permite uma comparação detalhada entre os ensaios de solos finos.

Palavras-chave: Sondagem SPT, investigação de subsolo, caracterização do solo, identificação tátil visual, ensaios laboratoriais.

ABSTRACT

The Standard Penetration Test (SPT) is a method designed to provide information on the geotechnical properties of soil, and it has been widely used in Brazil. This method provides information on identification and classification of the different soil layers, groundwater level and soil loading capacity. The identification is obtained through rapid tests performed in the field, denominated visual tactile analysis. The lack of reliability in this method of analysis of the soil characteristics can be due to the empiricism involved in the method and generates a scenario of uncertainties regarding the results, and there is not parameter to perform this analysis considering the diversity of characteristics of different soils. This term paper aims to evaluate if the results of visual tactile identifications are in agreement with geotechnical characterizations obtained through laboratory tests. The results obtained from the visual tactile analysis were evaluated by using geotechnical characterization, through laboratory tests of samples from different soils of the southwestern region of Goiás. These results were satisfactory, with most of the samples obtaining the same classification, but with peculiarities that resulted in divergences and could generate doubts. Attention should be paid when the soil has grains of similar size, as this proximity causes its characteristics to resemble one another and may cause misclassification of the sample. It should be noted that the tests present differences that do not allow a detailed comparison between the fine soil tests.

Keywords: Standard Penetration Test (SPT), subsoil investigation, soil characterization, visual tactile identification, laboratory tests.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. 1 - Perfil típico de solo residual.	19
Figura 1. 2 - Escala granulométrica empregada pela ABNT NBR 6502.	21
Figura 1. 3 - Esquema de determinação da massa específica dos grãos.	23
Figura 1. 4 - Curvas granulométricas de alguns solos brasileiros.	24
Figura 1. 5 - Limites de Atterberg dos solos.	25
Figura 1. 6 - Esquema do aparelho de Casagrande para determinação do LL.	25
Figura 1. 7 - Sensação ao tato.	26
Figura 1. 8 – Ensaio de plasticidade.	27
Figura 1. 9 – Resistência a seco.	27
Figura 1. 10 – Dispersão em água.	28
Figura 1. 11 – Impregnação.	28
Figura 1. 12 - Arranjos estruturais presentes em solos grossos e finos.	30
Figura 1. 13 - Estrutura de uma camada de caulinita; (a) atômica, (b) simbólica.	32
Figura 1. 14 - Estrutura simbólica de uma camada de illita.	33
Figura 2. 1 - Equipamento de ensaio SPT.	39
Figura 2. 2 - Amostrador padrão “Raymond”.	40
Figura 3. 1 - Local de coleta das amostras.	42
Figura 3. 2 - Local de coleta das amostras em Jataí-GO.	42
Figura 3. 3 - Amostras 1 e 2.	43
Figura 3. 4 - Amostras 3 e 4.	43
Figura 3. 5 - Amostras 5 e 6.	43
Figura 3. 6 - Amostras 7 e 8.	44
Figura 3. 7 - Amostras 9 e 10.	44
Figura 3. 8 - Sensação ao tato.	45
Figura 3. 9 - Ensaio de plasticidade.	45
Figura 3.10 - Dispersão em água.	46
Figura 3. 11 – Impregnação.	46
Figura 3. 12 – Teste de dilatância.	47
Figura 3. 13 – Peneiramento grosso.	48
Figura 3. 14 – Sedimentação.	48
Figura 3. 15 - Ensaio de Limite de liquidez.	49

Figura 3. 16 - Ensaio de Limite de plasticidade.	49
Figura 3. 17 – Ensaio de massa específica dos grãos.	49
Figura 4. 1 – Curva granulométrica amostra 1.	54
Figura 4. 2 - Curva granulométrica amostra 2.	55
Figura 4. 3 - Curva granulométrica amostra 3.	55
Figura 4. 4 - Curva granulométrica amostra 4.	56
Figura 4. 5 - Curva granulométrica amostra 5.	56
Figura 4. 6 - Curva granulométrica amostra 6.	57
Figura 4. 7 - Curva granulométrica amostra 7.	57
Figura 4. 8 - Curva granulométrica amostra 8.	58
Figura 4. 9 - Curva granulométrica amostra 9.	58
Figura 4. 10 - Curva granulométrica amostra 10.	59
Figura 4. 11 - Carta de plasticidade solos finos (SUCS).	60
Figura 4. 12 - Classificação amostras arenosas (SUCS).	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. 1 - Teste de Dilatância.	29
Tabela 1. 2 - Sistema Unificado de Classificação de Solos.....	34
Tabela 1. 3 - Legenda Sistema Unificado de Classificação de Solos.....	34
Tabela 3. 1 - Descrição amostras e forma de coleta.	41
Tabela 4. 1 - Classificação tátil visual amostra 1.	50
Tabela 4. 2 - Classificação tátil visual amostra 2.	50
Tabela 4. 3 - Classificação tátil visual amostra 3.	51
Tabela 4. 4 - Classificação tátil visual amostra 4.	51
Tabela 4. 5 - Classificação tátil visual amostra 5.	51
Tabela 4. 6 - Classificação tátil visual amostra 6.	52
Tabela 4. 7 - Classificação tátil visual amostra 7.	52
Tabela 4. 8 - Classificação tátil visual amostra 8.	52
Tabela 4. 9 - Classificação tátil visual amostra 9.	53
Tabela 4. 10 - Classificação tátil visual amostra 10.	53
Tabela 4. 11 - Dados ensaio de caracterização.....	54
Tabela 4. 12 - Classificação pelo Sistema Unificado.	61
Tabela 4. 13 - Resultados ensaios.....	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AASHTO *American Association of State Highway and Transportation Officials*

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASTM *American Society for Testing and Materials*

MCT Miniatura, Compactado, Tropical.

SUCS Sistema Unificado de Classificação dos Solos

SPT *Standard Penetration Test*

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
1 ORIGEM E FORMAÇÃO DO SOLO	15
1.1 Conceito de Solo e Rocha.....	15
1.2 Intemperismo.....	15
<i>1.2.1 Intemperismo físico.....</i>	<i>16</i>
<i>1.2.2 Intemperismo químico</i>	<i>16</i>
<i>1.2.3 Intemperismo biológico.....</i>	<i>17</i>
<i>1.2.4 Influência do intemperismo na granulometria do solo</i>	<i>17</i>
<i>1.2.5 Influência do clima no tipo de intemperismo.....</i>	<i>17</i>
1.3 Ciclo Rocha Solo.....	18
1.4 Classificações do solo quanto à Origem	18
<i>1.4.1 Solos Residuais.....</i>	<i>19</i>
<i>1.4.2 Solos sedimentares (transportados).....</i>	<i>20</i>
1.5 Classificações do solo quanto ao tamanho das partículas	20
<i>1.5.1 Pedregulhos.....</i>	<i>21</i>
<i>1.5.2 Areias</i>	<i>21</i>
<i>1.5.3 Siltes.....</i>	<i>21</i>
<i>1.5.4 Argilas.....</i>	<i>22</i>
1.6 Propriedades dos solos.....	22
<i>1.6.1 Massa específica dos grãos</i>	<i>22</i>
<i>1.6.2 Curva granulométrica.....</i>	<i>23</i>
<i>1.6.3 Índices de consistência (Limites de Atterberg).....</i>	<i>24</i>
1.7 Identificação Tátil- Visual dos solos	26

1.8 Estrutura do solo.....	29
1.9 Composição Química e Mineralógica.....	30
1.9.1 Solos grossos - Areias e Pedregulhos.....	31
1.9.2 Solos Finos - Argilas.....	31
1.10 Classificação geotécnica dos solos.....	33
1.11 Solos Tropicais.....	36
2 INVESTIGAÇÃO DO SUBSOLO	38
3 METODOLOGIA.....	41
3.1 Classificação tátil visual.....	44
3.2 Ensaio de caracterização laboratoriais.....	47
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	50
4.1 Análise tátil visual	50
4.2 Ensaio laboratoriais.....	53
4.2.1 Curva granulométrica.....	53
4.2.2 Classificação pelo SUCS.....	59
4.3 Comparação entre as classificações	61
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63
REFERÊNCIAS	64

INTRODUÇÃO

Para o engenheiro civil o conhecimento das propriedades dos solos é bastante importante, pois o solo exerce papel especial nas obras de engenharia. Murolo (2004) ressalta que o estudo do comportamento do solo frente às solicitações impostas por obras de engenharia é de fundamental importância, cabendo ao solo absorver as cargas aplicadas na sua superfície e até mesmo interagir com estruturas implantadas no seu interior. Além disso, o solo nos traz informações que podem ser fator determinante na definição da viabilidade de um empreendimento, sendo a sondagem SPT (*Standard Penetration Test*) um dos métodos que se utiliza para se conhecer as propriedades e características do solo.

Segundo Schnaid e Odebrecht (2012), a sondagem de ensaio SPT representa o tipo de investigação mais usual no Brasil. Através dessa sondagem é possível verificar a natureza do solo, espessura de camadas e suas respectivas resistências, além de informar sobre a ocorrência de água. O tipo do solo pode ser determinado por meio de identificações tátil visuais que podem ser realizadas em campo no momento da execução do SPT.

Com muita frequência, é necessário descrever o solo sem dispor de resultados de ensaios laboratoriais, seja porque o projeto não justifica economicamente a realização destes ensaios, seja porque a obra está em fase preliminar de estudos na qual os ensaios laboratoriais não são disponíveis. Ranzan e Zuffo (2014) afirmam que é indispensável o conhecimento das características do subsolo, sendo assim necessário estimar o tipo de solo e seu estado. Isto é feito por meio de identificação tátil visual, manuseando-se o solo e sentindo sua reação ao manuseio com o complemento da análise visual.

Caracterizar um solo pode ser um trabalho que causa desconfiança ao profissional, porque o método de caracterização por meio da identificação tátil visual é empírico e varia de acordo com a percepção do profissional que está manuseando o solo. Pinto (2006) afirma que cada profissional deve desenvolver sua própria habilidade para identificar os solos, já que só por meio da experiência pessoal e do confronto com resultados de laboratório será permitido o desenvolvimento desta habilidade.

O objetivo principal do trabalho, então, é avaliar se os resultados das identificações tátil visuais estão de acordo com caracterizações geotécnicas obtidas por meio de ensaios laboratoriais.

Desta forma, este estudo propõe a caracterização dos solos e posterior classificação geotécnica. Busca-se verificar se houve semelhanças e diferenças entre as duas formas de classificações. Assim, é possível, propor melhorias à metodologia realizada em campo, e desenvolver habilidades ao profissional que seguir esta metodologia de trabalho.

1 ORIGEM E FORMAÇÃO DO SOLO

Todos os solos se originam da decomposição de rochas que inicialmente constituíam a crosta terrestre. Conhecer sua origem e características é essencial para a identificação e classificação geotécnica do solo.

1.1 Conceito de Solo e Rocha

Ao mencionar solo logo nos vem à mente a ideia intuitiva do que se trata. No linguajar popular solo está intimamente relacionado com terra, o qual poderia ser definido como material solto, natural da crosta terrestre onde habitamos, utilizado como material para construção e fundação pelo homem. “Para a geologia, o termo solo significa o material inorgânico não consolidado proveniente da decomposição das rochas.” (MACHADO e MACHADO, 1997). Para a Engenharia geotécnica rocha é definida como aquilo que é impossível escavar manualmente, que necessite de explosivos para seu desmonte. Para a engenharia solos são rochas já decompostas pelo intemperismo ao ponto granular que permita ser escavada manualmente com uso de ferramentas simples.

A crosta terrestre é composta pela interação de elementos que formam minerais, estes podem ser agregados na forma de rocha ou desagregados a ponto granular na forma de solo. Isto depende do intemperismo formado pelo clima e composição da rocha matriz, por este motivo, o produto da decomposição de rochas possui vazios que são preenchidos por água, ar, matéria orgânica e outros elementos; já as rochas possuem índices de vazios baixos o que as torna coesas.

1.2 Intemperismo

Intemperismo é o conjunto de fatores que são cruciais para a transformação do solo. Segundo Machado e Machado (1997), por questões didáticas, o intemperismo é dividido em três categorias: intemperismo físico, químico e biológico. Deve-se considerar que os três juntos podem acontecer ao mesmo tempo alterando, então, o processo de transformação rocha-solo. O intemperismo físico transforma o tamanho das partículas, mudando a sua área de superfície e facilitando o trabalho do intemperismo químico e biológico que, por sua vez, alteram completamente as propriedades físicas e químicas da rocha.

1.2.1 Intemperismo físico

O intemperismo físico é a decomposição sem alteração dos componentes químicos da rocha. Machado e Machado (1997) afirmam que os principais agentes de intemperismo físico são:

Variação de temperatura - a física ensina que todo material sujeito a variação de temperatura altera seu volume e sabe-se que a variação dia-noite e o clima da região contribuem para este fenômeno. A variação de temperatura acontece em rochas formadas por diferentes minerais com diferentes coeficientes de dilatação, o que contribui para a uma deformação desigual da rocha, fraturando-a e gerando tensão suficiente para desagregar os grãos.

Repuxo coloidal - O repuxo coloidal é definido pela retração da argila ao diminuir sua umidade, que quando em contato com rochas pode gerar tensões capazes de gerar fratura nos grãos.

Ciclo gelo-degelo - fraturas em rochas podem ser preenchidas por água e dependendo do clima da região essa água pode vir a congelar, provocando sua expansão, o que exerce força sobre a rocha, aumentando ainda mais as fraturas. A rocha aumenta seu volume em cerca de 8% quando está em processo de acomodação de suas moléculas.

Alívio de pressão - acontece quando é retirado algum material da superfície do maciço rochoso o que causa um alívio de pressão provocando sua expansão, o que contribui para o fraturamento, estricção e formação de juntas na rocha.

1.2.2 Intemperismo químico

Conforme Craig (2007) intemperismo químico é o processo de decomposição com a alteração de componentes físicos e químicos, podendo-se dizer que em todos os processos de decomposição química há presença de água. Entre os processos de intemperismo químico destacam-se:

Hidrólise - é o processo de decomposição química de maior importância porque ele se reverte na destruição dos silicatos que são os compostos físicos de maior importância na litosfera.

Hidratação - é definida como a entrada de água nas moléculas dos minerais. O que pela condição confinada do material produz uma pressão localizada que tende a gerar microfissuras.

Carbonatação - o responsável por este intemperismo é o ácido carbônico contido na água, que forma pequena quantidade de ácido carbônico, contribuindo assim para o processo de decomposição das rochas. Este possui mais intensidade em rochas carbonáticas, tais como o calcário.

Os diferentes tipos de minerais que constituem o solo geram diferentes características a ele, que variam de acordo com a resistência ao intemperismo local. O quartzo, por exemplo, possui enorme estabilidade física e química, sendo predominante em solos grossos, como areia e pedregulhos.

1.2.3 Intemperismo biológico

O intemperismo biológico, segundo Machado e Machado (1997), se dá graças a esforços mecânicos produzidos por vegetação através das raízes, animais, escavações, pela ação do próprio homem, e até mesmo a combinação entre ambos, ou ainda pela liberação de substâncias químicas agressivas ao solo, que intensificam seu processo de intemperismo. Os mais importantes fatores biológicos são os que têm influência da vegetação, e o ciclo do meio ambiente causado por solo e planta e animais e solo.

1.2.4 Influência do intemperismo na granulometria do solo

O intemperismo químico se dá através da alteração química das propriedades da rocha. A influência química no intemperismo possui maior impacto na granulometria do solo do que o intemperismo físico. Sendo assim, em regiões onde há predominância de intemperismo químico, encontram-se solos com camadas mais profundas e de menor granulometria. Já em locais de predominância de intemperismo físico, há geração de solos com composição química similar à rocha mãe, com granulometria maior e camadas de menor profundidade.

1.2.5 Influência do clima no tipo de intemperismo

A água é o principal fator no desenvolvimento do intemperismo químico da rocha, sendo assim, solos em regiões com altos índices pluviométricos e alta umidade apresentam

maior intemperismo do tipo químico, do que em outras regiões, gerando assim solo com granulometria menor e camadas mais profundas, ao contrário das regiões de clima seco.

1.3 Ciclo Rocha Solo

Todos os grãos minerais que formam determinado tipo de solo são resultados do intemperismo de rochas. Como tudo na natureza o solo continua suas transformações podendo inclusive voltar a ser rocha, o resultado deste ciclo é definido como ciclo rocha solo. Para Das e Sobhan (2014), as rochas podem ser divididas em três tipos básicos: rochas ígneas, sedimentares e metamórficas.

As rochas ígneas são formadas pela solidificação de magma fundido quando expelido pelo manto terrestre. Após ser expelido o material sofre um resfriamento formando as rochas ígneas denominadas de basalto. Quando o magma não atinge a superfície terrestre, mas ascende a pontos próximos a superfície, sofre um resfriamento mais lento devido à temperatura e à pressão, o que permite a formação de rochas mais resistentes, denominadas de rochas ígneas intrusivas chamadas rochas plutônicas. Uma vez que há contínua deposição de solo, a pressão e temperatura nas camadas mais profundas aumentam, processo chamado de litificação ou diagênese que dão origem a rochas sedimentares.

Para Machado e Machado (1997), rochas sedimentares podem ter processo parecido com as rochas ígneas, ou de forma inversa, as deposições podem continuar e contribuir para o aumento da pressão e temperatura sobre o solo, o que altera as características mineralógicas e textuais, contribuindo para o surgimento de um novo material com características diferentes da rocha original, mudando sua designação para rocha metamórfica.

1.4 Classificações do solo quanto à Origem

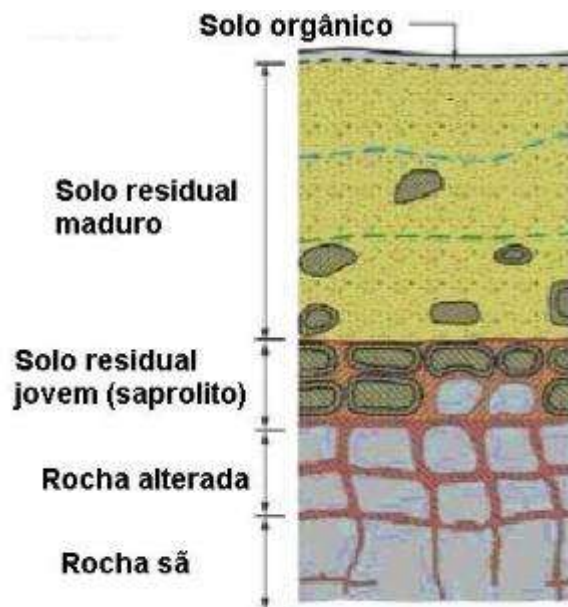
Depois da ação do mecanismo de intemperismo o solo formado permanece ou não sobre a rocha que lhe deu origem, podendo ser classificado com solos residuais, solo transportado (sedimentar) ou solo de formação orgânica.

1.4.1 Solos Residuais

Para Machado e Machado (1997), solos residuais são solos que permanecem no local de decomposição da rocha, para que isso ocorra a velocidade de decomposição da rocha deve ser maior que a velocidade de remoção do solo por agentes externos.

A velocidade depende de vários fatores como temperatura, regime de chuvas e vegetação. Como a ação de intempéries se dá nas camadas mais expostas, as camadas superiores são mais afetadas que as inferiores, este fato permite visualizar variação do solo que passa de rocha sã em profundidades maiores a solo maduro na superfície como é ilustrado na figura 1.1.

Figura 1. 1 - Perfil típico de solo residual.



Fonte: Becker (2017).

Pode-se observar na figura 1 que a rocha sã, devido ao intemperismo, passa por rocha alterada, solo residual jovem, e em seguida solo residual maduro. É de grande importância conhecer a rocha sã, pois ela condiciona as características físicas e composição química do solo.

Rochas alteradas são compostas por uma matriz de rocha possuindo locais com intrusão de solos, onde o intemperismo atuou com maior intensidade.

Os solos saprolitos são caracterizados por uma matriz de solo envolvida por pedaços de rocha alterada, ainda guardam algumas características da rocha sã e possuem basicamente

os mesmos minerais. Pode ser confundido com a rocha alterada mas, apresenta pequena resistência ao cisalhamento. No solo saprolito é comum encontrar a presença de grandes blocos designados de matacões que podem causar vários problemas quando se dimensiona um projeto de fundação.

O solo residual maduro é aquele que perdeu toda a sua estrutura original da rocha matriz e se tornou relativamente homogêneo. Não se consegue identificar restos da estrutura da rocha matriz e nem de seus minerais.

1.4.2 Solos sedimentares (transportados)

Os solos sedimentares são definidos como aqueles que foram levados ao seu local atual por algum agente de transporte, tendo suas características definidas em função desse agente.

Durante o transporte, cada partícula de solo pode sofrer alterações como desgaste ou fratura, resultando em diferentes solos de acordo com o agente de transporte. Esta influência é tão grande que cada tipo de solo é denominado de acordo com o seu agente de transporte. A seguir são apresentados os principais agentes de transporte e solos originados destes:

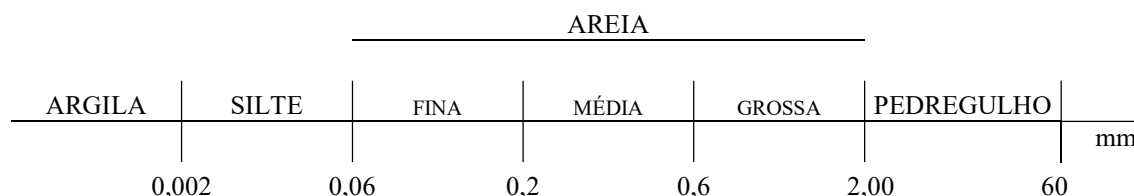
- Ventos (Solos Eólicos)
- Água (Solos Aluvionares)
 - Águas do oceano (Solos Marinhos)
 - Águas de rios (Solos Fluviais)
 - Águas de chuvas (Solos Pluviais)
- Geleiras (Solos Glaciais)
- Gravidade (Solos Coluvionares)

1.5 Classificações do solo quanto ao tamanho das partículas

De acordo com Das e Sobhan (2014), o tamanho das partículas que compõe o solo varia muito. Dependendo das partículas presentes, o solo pode receber as denominações de pedregulho, areia, silte ou argila. Para descrever os solos pelo tamanho das partículas diversas organizações desenvolveram classificações granulométricas, sendo que as escalas granulométrica mais empregada no Brasil são a Associação Brasileira de Normas Técnicas

(ABNT), e a classificação desenvolvida pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT). A figura 1.2 mostra os limites de tamanho empregados no Brasil oriunda de definições da NBR 6502 (ABNT, 1995) que serão detalhadas nos itens 1.5.1 a 1.5.4:

Figura 1. 2 - Escala granulométrica empregada pela NBR 6502 (ABNT, 1995).



Fonte: Elaborado pelo autor.

1.5.1 Pedregulhos

Pedregulhos são partículas de solo com dimensões maiores que 2,0 mm NBR 6502 (ABNT, 1995), que podem ser encontrados em massa de solo residual correspondente ao solo residual jovem e ao saprolito. São também encontrados em margens de rios locais de solos depositados pelo transporte fluvial.

1.5.2 Areias

Para Machado e Machado (1997), areias se diferenciam pelo formato dos grãos que podem ser angulares, sub angulares e arredondados, sendo que grãos arredondados são característicos em areias transportadas por rios ou pelo vento, e quanto maior a distância transportada mais arredondada se torna o grão de areia. Para NBR 6502 (ABNT, 1995), a areia é classificada como o solo que possui partículas com dimensões entre 2,0 mm e 0,06 mm.

1.5.3 Siltes

Segundo NBR 6502 (ABNT, 1995), siltes são classificados como partículas de solo com diâmetro de 0,06 mm a 0,002 mm e que possuem pouca ou nenhuma plasticidade além de baixa resistência quando seco. Torrões de silte secos a temperatura ambiente podem ser desfeitos com bastante facilidade.

1.5.4 Argilas

A NBR 6502 (ABNT, 1995) classifica como argila as partículas de solo com diâmetro inferior a 0,002 mm. As argilas se caracterizam pela sua plasticidade, capacidade de se deformar sem apresentar variação volumétrica e elevada resistência quando seca. Possuem partículas lamelares semelhantes a escamas, forma que influencia em algumas de suas propriedades como, por exemplo, a compressibilidade e a plasticidade. Machado e Machado (1997) afirmam que quando secas e desagregadas dão uma sensação de farinha, ao tato, e quando úmidas, são lisas.

1.6 Propriedades dos solos

Para a identificação dos solos através de suas partículas constituintes, são empregados índices físicos. Para se determinar tais índices utilizam-se ensaios para a caracterização geotécnica do solo como análise granulométrica, determinação da massa específica dos grãos e dos índices de consistência (PINTO, 2006).

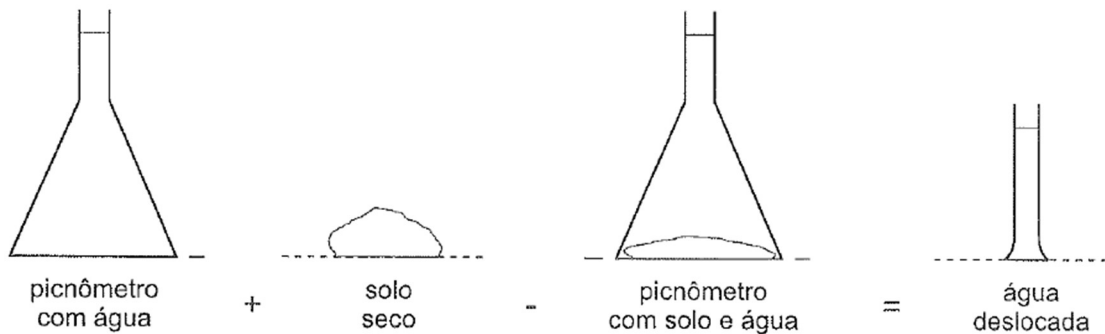
1.6.1 Massa específica dos grãos

A massa específica dos grãos de um solo se faz necessária para o cálculo do ensaio de sedimentação e a determinação do índice de vazios e demais índices físicos do solo. Tem como fundamentação teórica o princípio de Arquimedes, segundo o qual um corpo submerso num líquido desloca um volume deste igual ao volume do próprio corpo.

Para a realização deste ensaio devemos preparar a amostra de acordo com a NBR 6457 (ABNT, 2016a), para em seguida homogeneizar a amostra e pesar. A NBR 6458 (ABNT, 2016b) indica a metodologia a ser utilizada para a determinação da massa específica dos grãos do solo. Inicialmente, deve-se colocar a amostra, preparada anteriormente, em recipiente com água destilada por um intervalo de tempo de no mínimo 12 horas. A amostra deve ser transferida para aparelho de dispersão por aproximadamente 15 minutos e com auxílio de um funil, transferir a amostra para o picnômetro ou balão volumétrico e aquecer a amostra para a eliminação de todo o ar incorporado na amostra. O próximo passo é deixar o picnômetro em repouso até que a temperatura do mesmo se equilibre com a do ambiente e, com o auxílio de um conta-gotas, adicionar água destilada até que se consiga atingir a marca de referência. Pesar o conjunto picnômetro + solo + água, em seguida descartar o material e pesar o conjunto picnômetro + água e anotar também sua temperatura, para que, então, seja

calculada a massa específica dos grãos, segundo a NBR 6458 (ABNT, 2016d). A figura 1.3 ilustra o esquema de determinação da massa específica dos grãos:

Figura 1. 3 - Esquema de determinação da massa específica dos grãos.



Fonte: Pinto (2006).

1.6.2 Curva granulométrica

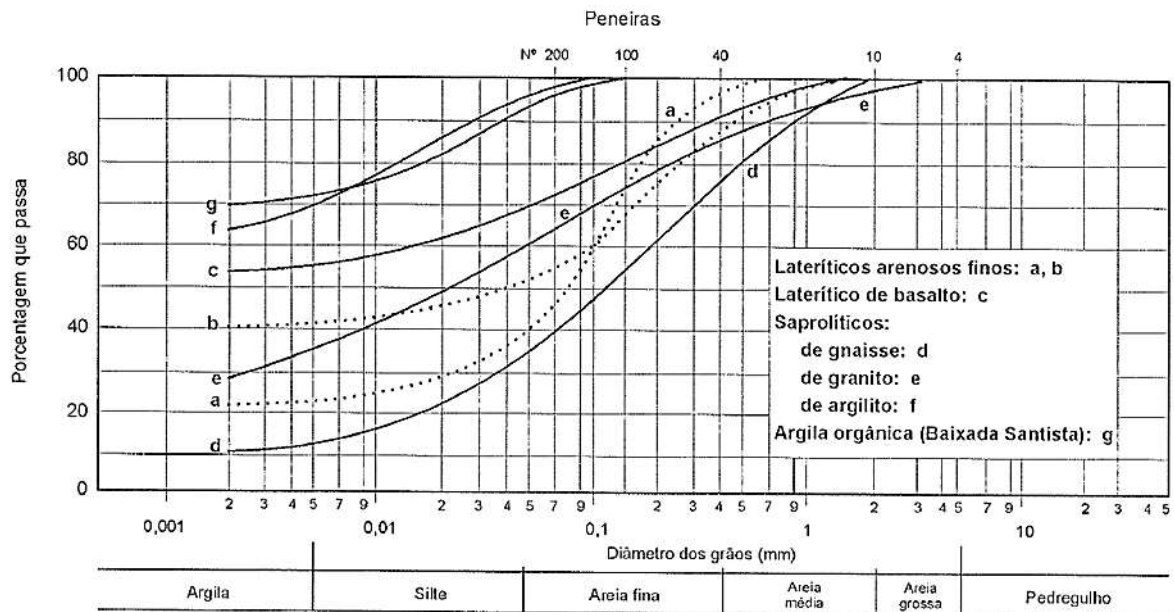
O reconhecimento do tamanho dos grãos de um solo é feito através da análise granulométrica, que é dividida em duas partes, peneiramento e sedimentação (PINTO, 2006). No peneiramento, o peso seco do material que passa em cada peneira é considerado como a “porcentagem que passa” representado graficamente em função da abertura da peneira em escala logarítmica, como ilustrado na Figura 1.4. A abertura da peneira é equivalente ao diâmetro equivalente das partículas.

A análise por peneiramento tem limitações quanto a abertura da malha de suas peneiras, a menor peneira empregada é a de nº 200, que possui abertura equivalente a 0,075mm.

Segundo Pinto (2006), quando há interesse de se conhecer a distribuição granulométrica de solos mais finos, emprega-se a técnica de sedimentação baseada na lei de Stokes, que relaciona a massa específica dos grãos com a velocidade com que ela se sedimenta em um meio líquido.

A análise por peneiramento e sedimentação é descrita e padronizada de acordo com o a NBR 7181 (ABNT, 2016c).

Figura 1. 4 - Curvas granulométricas de alguns solos brasileiros.



Fonte: Pinto (2006).

1.6.3 Índices de consistência (*Limites de Atterberg*)

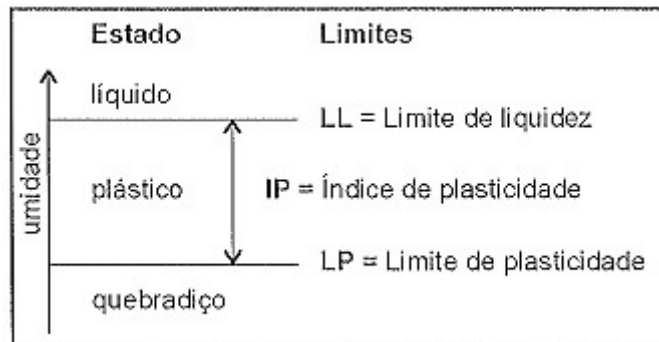
Apenas a distribuição granulométrica não caracteriza bem o comportamento do solo sob o ponto de vista geotécnico, pois a fração fina dos solos é bastante complexa e possui uma contribuição importante neste comportamento. Quanto menor a partícula de solo, maior é a superfície específica (superfície das partículas dividida pelo seu peso).

Pinto (2006) afirma que o estudo dos argilominerais é muito complexo e a procura de uma forma mais prática de identificar a influência das partículas argilosas foi proposto pelo engenheiro químico Atterberg o emprego de ensaios e índices.

O limite consiste na constatação de que um solo argiloso possui diferentes aspectos conforme seu teor de umidade. Quando úmido, se comporta semelhantemente a um líquido, quando perde parte de sua umidade fica plástico, quando seco se torna quebradiço.

Os teores de umidade correspondente a mudança de estado, ilustrado na figura 1.5 são definidos como: limite de liquidez (LL), e limite de plasticidade (LP) dos solos. A diferença entre estes limites, que representa a faixa de valor em que o solo se apresenta plástico é definida como índice de plasticidade (IP).

Figura 1. 5 - Limites de Atterberg dos solos.

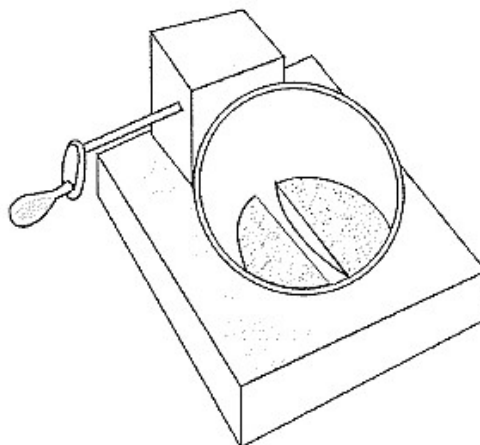


Fonte: Pinto (2006).

O limite de liquidez é definido como o teor de umidade do solo ao qual uma ranhura nele feita necessita de 25 golpes para fechar, numa concha, ilustrado na figura 1.6. É realizado o procedimento diversas vezes com diferentes umidades obtendo-se o limite pela interpolação dos resultados. Este procedimento de ensaio é padronizado pela NBR 6459 (ABNT, 2016b).

O limite de plasticidade é definido como o menor teor de umidade no qual se consegue moldar um cilindro com diâmetro de 3 mm e comprimento de 10 cm, rolando-se o solo com a mão em uma superfície plana e áspera. O procedimento é descrito e padronizado pelo método NBR 7180 (ABNT, 2016e).

Figura 1. 6 - Esquema do aparelho de Casagrande para determinação do LL.



Fonte: Pinto (2006).

1.7 Identificação Tátil- Visual dos solos

Para Bueno e Vilar (1999), podem ser feitos alguns testes rápidos para a identificação dos solos através das características apresentadas por ele. Como o solo apresenta diversas partículas de diferentes tamanhos, busca-se determinar qual tamanho é predominante e logo em seguida as demais ocorrências. Informações como, local de coleta do solo, eventual presença de material cimentante, matéria orgânica, cor do solo e origem geológica são importantes para a identificação tátil-visual.

A NBR 7250 (ABNT, 1982) apresenta procedimentos que são frequentemente utilizados para a realização da classificação tátil-visual dos solos:

- **Sensação ao tato:** Esfregar uma porção de solo na mão para sentir sua aspereza, já que, areias são bastante ásperas. Pinto (2006) afirma que para que se possa sentir nos dedos a existência de grãos de areia, é necessário que o solo seja umedecido, de forma que os torrões de argila se desmanchem, como apresentado na figura 1.7. Os grãos de areia, mesmos os menores, podem ser sentidos pelo tato no manuseio. Já solos argilosos parecem pó, quando secos, e como sabão quando úmidos.

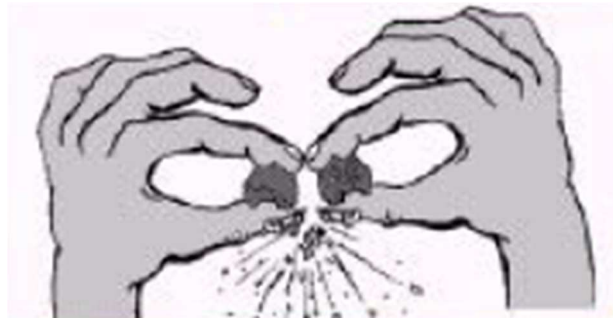
Figura 1. 7 - Sensação ao tato.



Fonte: Fateccleste (2012).

- **Plasticidade:** Molda-se bolinhas de solo úmido, argilas são mais moldáveis, enquanto areias e siltes não são. Para Pinto (2006), argilas moldadas no limite de plasticidade, apresentam maior resistência do que os siltes. A figura 1.8 representa o ensaio de plasticidade.

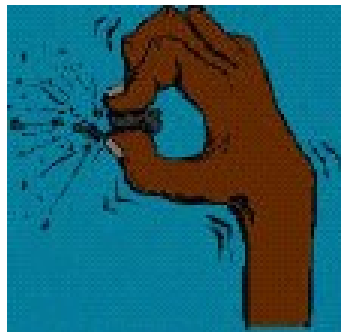
Figura 1. 8 – Ensaio de plasticidade.



Fonte: Lodi, 2018.

- **Resistência a seco:** Quando pressionada pela mão, argilas possuem maior resistência a seco do que siltes e areias. Segundo Pinto (2006), ao umedecer uma argila, deve-se moldar uma pequena pelota irregular de dimensões na ordem de 2 cm, deixando-a secar ao ar, esta pelota ficará mais dura e quando quebrada se dividirá em pedaços distintos. Já os siltes são menos resistentes e se pulverizam quando quebrados. A representação do ensaio de resistência a seco é apresentada pela figura 1.9.

Figura 1. 9 – Resistência a seco.

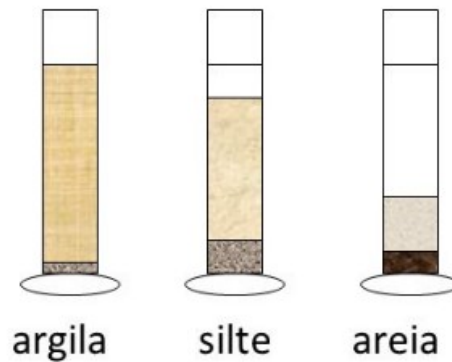


Fonte: Lodi, 2018.

- **Dispersão em água:** Ao misturar uma porção de solo seco com água em um uma proveta, agitando-a, as areias se depositam rapidamente, enquanto que as argilas turvam a suspensão e demoram mais para assentar. A representação da dispersão em água é feita na figura 1.10.
- **Impregnação:** Esfregar uma porção de solo úmido na palma da mão. Coloca-se a mão embaixo de água corrente, observa-se que solos finos se impregnam com maior facilidade e apresentam dificuldade para sair da mão. Pinto (2006) diz que se a amostra estiver seca, a porção de solos grossos e finos pode ser estimada esfregando-

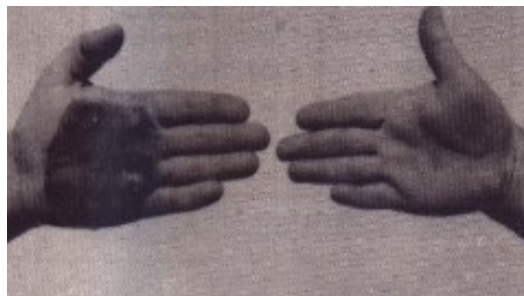
se uma pequena fração de solo sobre uma folha de papel. As partículas características de silte e argila se impregnam no papel, ficando isoladas as partículas arenosas.

Figura 1. 10 – Dispersão em água.



Fonte: Castelhana (2018).

Figura 1. 11 – Impregnação.



Fonte: Castelhana (2018).

- **Dilatância:** Machado e Machado (1997) sugerem o teste de dilatância para a classificação do solo. Este teste permite obter informações sobre a velocidade de movimentação da água dentro do solo. Para iniciar o teste deve-se preparar uma amostra de solo com 15 mm de diâmetro e com teor de umidade que garanta uma consistência mole. Em seguida deverá ser colocado o solo sobre a palma da mão e distribuído uniformemente sobre ela, batendo repetidamente a lateral da mão contra a lateral da outra mão. Deve-se observar o aparecimento de uma lâmina d'água na superfície do solo, curvando-se a mão de forma que exerça uma leve pressão sobre a amostra, observa-se o que pode acontecer com a lâmina d'água, se existir. O aparecimento de lâmina d'água, bem como o seu desaparecimento diante da compressão e o tempo necessário para que isto ocorra deve ser comparada à tabela 1.1, para a classificação do solo.

Tabela 1. 1 - Teste de Dilatância.

Descrição da ocorrência de lâmina d'água		Dilatância
Vibração (aparecimento)	Compressão (desaparecimento)	
Não há mudança visível		Nenhuma (argila)
<i>Aparecimento lento</i>	<i>Desaparecimento lento</i>	Lenta (silte ou areia argilosos)
<i>Aparecimento médio</i>	<i>Desaparecimento médio</i>	Média (Silte, areia siltosa)
<i>Aparecimento rápido</i>	<i>Desaparecimento rápido</i>	Rápida (areia)

Fonte: Modificado de Machado e Machado (1997).

Sendo realizado o teste, classifica-se o solo de acordo com os resultados obtidos mediante a tabela 1.1 em (argila, silte, areia argilosa, areia siltosa).

Para a engenharia geotécnica existem certas dificuldades para diferenciar solos argilosos e solos siltosos, porém como citado há algumas diferenças básicas que podem ser utilizadas para diferenciá-los. Essas diferenças são:

- Solos argilosos apresentam plasticidade quando úmidos, e formar torrões resistentes ao secar. Siltes possuem pouca plasticidade e se esfarelam com facilidade quando seco.
- Solos argilosos se desmancham lentamente na água, enquanto solos siltosos se desmancham com maior velocidade.

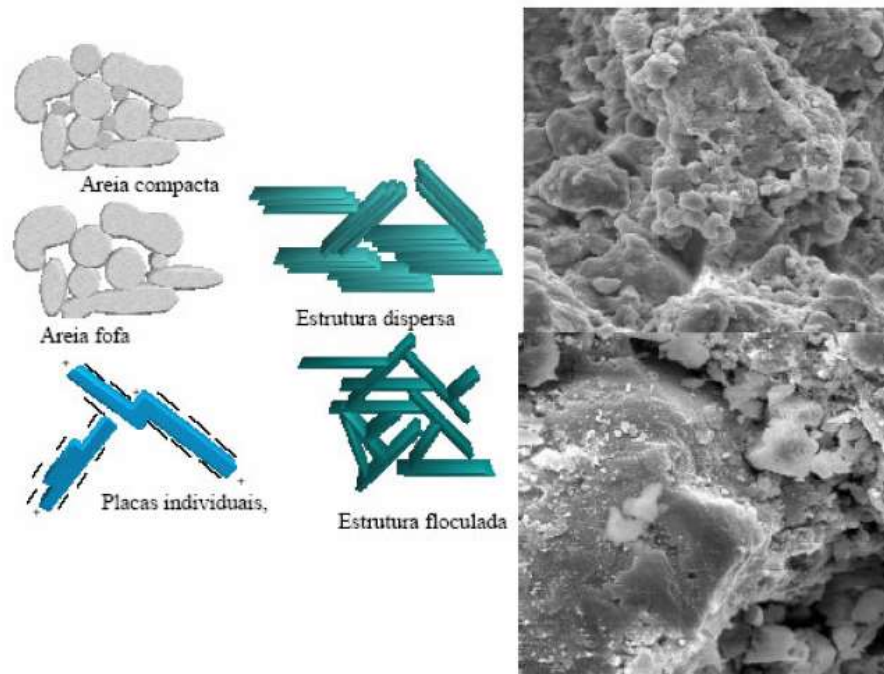
1.8 Estrutura do solo

Segundo Machado e Machado (1997), a estrutura do solo é a maneira com que partículas de minerais de diferentes tamanhos se arrumam para formá-lo. A estrutura do solo tem papel fundamental em seu comportamento, seja em termos de resistência ao cisalhamento, compressibilidade ou permeabilidade.

Solos finos possuem seu comportamento governado por forças elétricas, enquanto solos grossos possuem a gravidade como seu principal fator de influência. A estrutura de solos finos apresenta diversificação e complexidade muito maior do que em solos grossos. De fato, a gravidade é o fator principal agindo na formação da estrutura dos solos grossos. A estrutura destes solos difere, de solo para solo, somente no que se refere a distribuição granulométrica e grau de compactidade.

Solos finos têm presença das forças de superfície, e arranjos estruturais bem mais elaborados. A figura 1.12 ilustra algumas estruturas de solos grossos e finos.

Figura 1. 12 - Arranjos estruturais presentes em solos grossos e finos.



Fonte: Machado e Machado (1997).

Para Lambe e Whitman (1969) existem dois tipos básicos de estrutura do solo, a estrutura floclada, quando os contatos se fazem entre faces e arestas das partículas sólidas, e de estrutura dispersa, quando as partículas se posicionam paralelamente, lado a lado.

Quando partículas de argila estão próximas, ocorre entre elas forças de atração e repulsão. Forças de repulsão decorrem devido às cargas líquidas negativas provenientes das partículas, já as forças de atração decorrem de forças químicas e ligações secundárias. A combinação das forças atrativas e repulsivas entre as partículas resulta a estrutura do solo, que se refere à disposição entre as partículas de solo e as forças entre elas.

1.9 Composição Química e Mineralógica

Solos são formados a partir da desagregação de rochas devido ao intemperismo químico e físico. As propriedades químicas e mineralógicas irão depender da composição da rocha e do clima da região, influenciando diretamente no comportamento mecânico do solo.

Machado e Machado (1997) afirmam que os minerais são partículas sólidas inorgânicas que constituem as rochas e solos e são divididos em dois grupos:

- Minerais primários: Encontrados em solos que sobrevivem à transformação da rocha, são provenientes do intemperismo físico.
- Minerais secundários: Que foram formados durante a transformação da rocha, provenientes do intemperismo químico.

1.9.1 Solos grossos - Areias e Pedregulhos

Estes solos são formados, em alguns casos, por partículas de minerais distintos, entretanto, é comum que as partículas sejam constituídas de um único mineral. Na maioria das vezes este solo é formado por silicato (90%) e apresentam também na sua composição óxido, carbonatos, entre outros.

Os grupos minerais mais comumente encontrados em solos grossos são:

1. Silicato - feldspato, quartzo, mica, serpentina.
2. Óxidos - hematita, magnetita, limonita.
3. Carbonatos - calcita, dolomita.
4. Sulfatos - gesso, anidrita.

O quartzo é bastante estável, e, resiste bem ao processo de transformação rocha-solo. Sua composição química é simples, por conta disto, o quartzo é componente principal na maioria dos solos grossos.

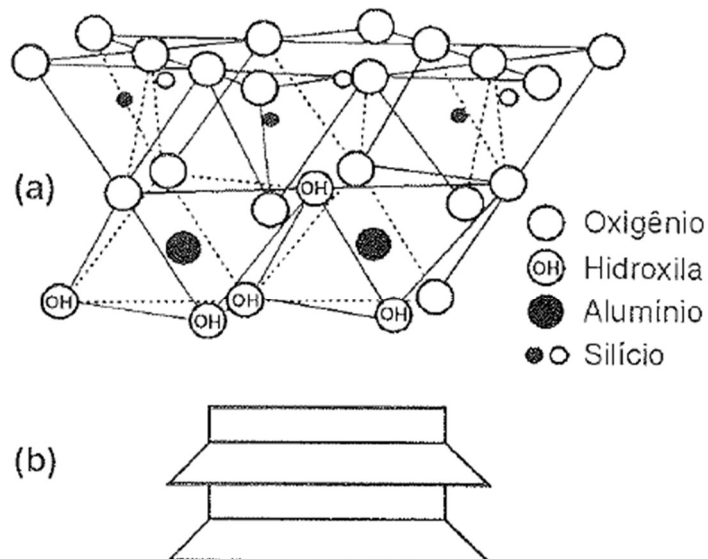
1.9.2 Solos Finos - Argilas

Os feldspatos são os minerais mais atacados pela natureza e dão origem aos argilo-minerais, que constituem a fração mais fina dos solos, reduz o tamanho e faz com que as partículas tenham um comportamento extremamente diferenciado em relação aos grãos de siltes e areias.

Machado e Machado (1997) afirmam que o entendimento sobre a estrutura dos solos pode ser facilitado “construindo-se” um modelo básico das unidades de estruturas. Este enfoque não representa necessariamente o método pelo qual o argilomineral é formado na natureza, mas é utilizado para fins didáticos. Dependendo de como as unidades estruturais estão divididas entre si, podemos dividir os argilominerais em três grupos:

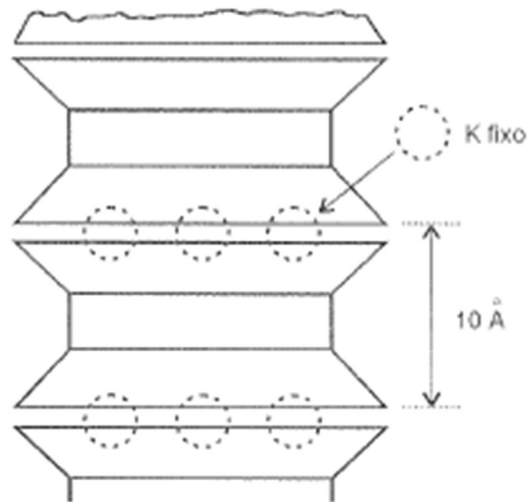
- **Caulinita:** é formado por uma lâmina de sílica e outra de alumínio, que se superpõe indefinidamente, como exemplificado na figura 1.13. A união entre as camadas possuem pontes de hidrogênio que não permitem a penetração de moléculas de água entre elas. Sendo assim as argilas cauliníticas são mais estáveis em presença de água e apresentam baixa atividade e baixo potencial de expansão.
- **Montmorilonita:** é formada por uma unidade de alumínio entre duas sílicas, superpondo-se indefinidamente. Mas neste caso a união entre as camadas de silício é fraca, permitindo a entrada de molécula de água com facilidade. Solos com grandes quantidades de montmorilonita são instáveis em presença de água e apresentam, em geral, grande resistência quando secos, perdendo quase toda sua capacidade de suporte por saturação. Em presença de umidade apresentam grande variação volumétrica, retraindo em processo de secagem e expandindo-se sob processo de umedecimento.
- **Ilita:** Com um arranjo estrutural semelhante ao da montmorilonita possui íons não permeáveis fazendo com que a união entre as camadas seja mais estável e não muito afetada pela água, além de serem menos expansivas que as montmorilonita. A figura 1.14 ilustra a estrutura simbólica de uma camada de ilita.

Figura 1. 13 - Estrutura de uma camada de caulinita; (a) atômica, (b) simbólica.



Fonte: Pinto (2006).

Figura 1. 14 - Estrutura simbólica de uma camada de ilita.



Fonte: Pinto (2006).

1.10 Classificação geotécnica dos solos

De acordo com Hachich et al. (1998) a diversidade de solos e a enorme diferença entre suas características e comportamentos frente às solicitações que interessam à engenharia, levou agrupamento natural dos solos pela semelhança de suas propriedades.

A classificação dos solos surgiu com objetivo de catalogar solos com características similares, entretanto, pelo fato de cada área possuir uma especificidade foram surgindo vários métodos.

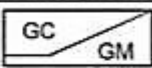
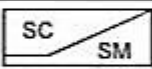
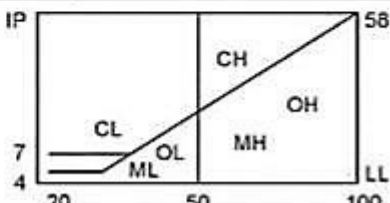
Um dos sistemas de classificação mais empregados no Brasil e no mundo é o Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS). (SANTOS, 2006).

O Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS) possui como parâmetro para a obtenção da classificação dos solos a granulometria e limites de Atterberg (limite de liquidez e índice de plasticidade). Os solos são reunidos em quinze grupos distintos representados por duas letras sendo que a primeira é a relativa granulometria e a segunda a plasticidade (Tabela 1.2 e Tabela 1.3).

Para realizar a classificação por este método, Pinto (2006) afirma que o primeiro passo é considerar a porcentagem de solos finos presentes no solo, considerando-se solos finos o material que passa na peneira nº 200 (0,075mm). Se a porcentagem for inferior a 50, o

solo será classificado como solo de granulação grosseira (G ou S), se for superior a 50, o solo será considerado de granulação fina (M, C ou O).

Tabela 1. 2 - Sistema Unificado de Classificação de Solos.

% P #200 < 50	G > S : G	% P #200 < 5	GW	CNU > 4 e 1 < CC < 3
		% P #200 > 12	GP	CNU < 4 ou 1 > CC > 3
			GC	
			GM	
	5 < #200 < 12	GW-GC, GP-GM, etc.		
	S > G : S	% P #200 < 5	SW	CNU > 6 e 1 < CC < 3
% P #200 > 12		SP	CNU < 6 ou 1 > CC > 3	
		SC		
		SM		
5 < #200 < 12	SW-SC, SP-SC, etc.			
% P #200 > 50	C	CL		
		CH		
	M	ML		
		MH		
	O	OL		
		OH		

Fonte: Pinto (2006).

Tabela 1. 3 - Legenda Sistema Unificado de Classificação de Solos.

G	Pedregulho
S	Areia
M	Silte
C	Argila
O	Solo orgânico
W	Bem graduado
P	Mal graduado
H	Alta compressibilidade
L	Baixa compressibilidade
Pt	Turfas

Fonte: Elaborado pelo autor.

Sendo considerado solo de granulação grosseira, este poderá ser classificado como areia ou pedregulho, dependendo de qual fração granulométrica é predominante. Ao identificar que um solo é areia ou pedregulho, deve-se conhecer sua característica secundária referente à quantidade de finos no solo. Se o material tiver poucos finos, menos que 5%

passando pela peneira n° 200, deve-se verificar sua composição granulométrica, por meio da análise da sua curva granulométrica, podendo ser bem ou mal graduado. A expressão “bem graduado” se refere a partículas de diversos diâmetros, que é bom no ponto de vista geotécnico, pois as partículas menores ocupam os vazios entre as partículas maiores provocando um entrosamento, que resulta em menor compressibilidade e maior resistência ao solo.

Para conhecer a amplitude dos grãos é empregado o coeficiente de não uniformidade (CNU), definido pela relação descrita na equação 1.1:

$$CNU = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (1.1)$$

Onde D60 é o diâmetro abaixo do qual se situam 60% em peso das partículas e D10 é o diâmetro abaixo onde se situam 10% das partículas em peso. Quanto maior o coeficiente de não uniformidade, mais bem graduada é a areia.

Outro coeficiente empregado é o coeficiente de curvatura (CC), definido como na equação 1.2:

$$CC = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}} \quad (1.2)$$

No qual D30 é o diâmetro abaixo no qual se situam 30% em peso das partículas. O coeficiente de curvatura permite identificar o melhor formato da curva granulométrica e identificar eventuais descontinuidades ou concentrações elevadas de solos mais grossos. Considera-se o solo como bem graduado quando o valor de CC está entre 1 e 3.

Quando a fração de solo fino é predominante, pode-se classificar como silte (M), argila (C) ou solo orgânico (O). Para solos finos, a classificação não se dá em função da porcentagem das frações granulométricas, e sim, pela análise dos índices LL e IP na carta de plasticidade ilustrada na tabela 1.2, e a verificação do comportamento do solo.

Além do SUCS existe a NBR 7250 (ABNT, 1992), assim como, a NBR 6484 (ABNT, 2001) que orientam sobre uma forma de classificação geotécnica por meio de identificação tátil-visual que deve ser realizada, como já descrito no item 1.6.

1.10.1 Solos Tropicais

Segundo Villibor et al. (2009) os solos das regiões tropicais apresentam uma série de peculiaridades devido as condições ambientais sendo necessário conceituar os solos de Peculiaridades Tropicais, ou seja, os tipos genéticos de solos encontrados em regiões tropicais.

Dentro da classificação dos solos, aqueles que apresentam propriedades peculiares e de comportamento, são denominados de solos tropicais em decorrência da atuação de processo geológico típicos das regiões tropicais úmidas. Villibor et al. (2009) afirma que dentre os solos tropicais destacam-se duas grandes classes: os solos lateríticos e os solos saprolíticos. Os solos lateríticos (later, do latim: tijolo) são solos superficiais, típicos das partes bem drenadas das regiões tropicais úmidas, resultantes de uma transformação da parte superior do subsolo pela atuação do intemperismo, por processo denominado laterização.

Várias peculiaridades associam-se ao processo de laterização sendo, as mais importantes do ponto de vista tecnológico, o enriquecimento no solo de óxidos hidratados de ferro e/ou alumínio e a permanência da caulinita como argilomineral predominante. Estes minerais conferem aos solos de comportamento laterítico coloração típica: vermelho, amarelo, marrom e alaranjado.

Os solos saprolíticos (sapro, do grego: podre) são aqueles que resultam da decomposição e/ou desagregação da rocha matriz pela ação das intempéries (chuvas, insolação, geadas) e mantêm, de maneira nítida, a estrutura da rocha que lhe deu origem. São residuais, isto é, derivam de uma rocha matriz, e as partículas que o constituem permanecem no mesmo lugar em que se encontrava em estado inicial.

Os solos saprolíticos constituem, portanto, a parte logo abaixo da camada de solo superficial laterítico (ou, eventualmente, de outro tipo de solo) aparecendo, na superfície do terreno, somente por causa de obras executadas pelo homem ou erosões. Estes solos são mais heterogêneos e constituídos por uma mineralogia complexa contendo minerais ainda em fase de decomposição. São designados também de solos residuais jovens, em contraste com os solos superficiais lateríticos, maduros.

Deve-se salientar que classificação unificada (SUCS) e o sistema de classificação dos solos proposto por AASHTO foram desenvolvidos para classificar solos de clima temperado, não apresentando resultados satisfatórios quando utilizados na classificação de solos tropicais,

por conta disso e devido à grande ocorrência de solos lateríticos nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, foi elaborada uma classificação especialmente destinada à classificação de solos tropicais. Esta classificação, brasileira, denominada Miniatura, Compactado, Tropical, (MCT), começou a ser desenvolvida na década de 70, sendo apresentada oficialmente pelos professores Nogami e Villibor.

2 INVESTIGAÇÃO DO SUBSOLO

A investigação do terreno é uma atividade preliminar essencial à execução de um projeto de engenharia civil. Será apresentado a seguir, sucintamente, um método de investigação do subsolo.

Qualquer projeto de engenharia, por mais simples que seja, necessita do conhecimento adequado das características e propriedades dos solos de onde a obra irá ser implantada. A investigação de subsolos mais usual no Brasil é a Sondagem SPT (*Standard Penetration Test*).

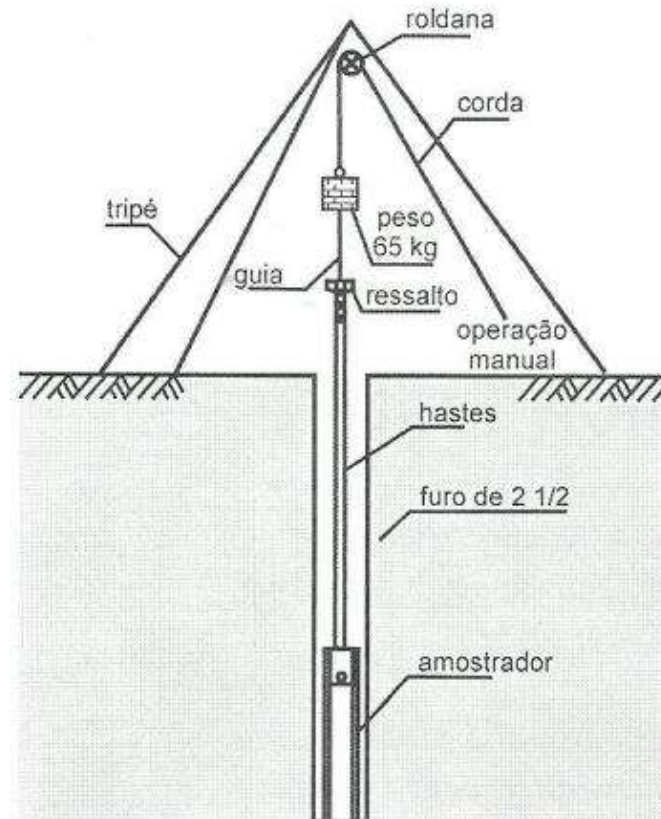
Em outras palavras, o *Standard Penetration Test* (SPT) é, reconhecidamente, a mais popular, rotineira e econômica ferramenta de investigação geotécnica em praticamente todo o mundo. Ele serve como indicativo da densidade de solos granulares e é aplicado também na identificação da consistência de solos coesivos, e mesmo de rochas brandas. Métodos rotineiros de projeto de fundações diretas e profundas usam sistematicamente os resultados de SPT, especialmente no Brasil.

(Schnaid; Odebrecht, 2012, p.23).

O ensaio SPT constitui-se em uma medida de resistência dinâmica através de uma sondagem de simples reconhecimento. A perfuração é obtida por meio da cravação do amostrador no fundo de uma escavação, utilizando a queda de um peso de 65 kg a uma altura 75 cm. O valor N_{spt} é o número de golpes necessário para que o amostrador penetre 30 cm após uma cravação inicial de 15 cm (Figura 2.1).

Para Schnaid e Odebrecht (2012) o ensaio possui várias vantagens com relação aos demais, como a simplicidade do equipamento, baixo custo e obtenção de um valor numérico de ensaio que pode ser relacionado por meio de propostas não sofisticadas, com regras empíricas de projeto. Apesar das críticas este é um processo dominante ainda utilizado na prática de engenharia de fundações.

Figura 2. 1 - Equipamento de ensaio SPT.

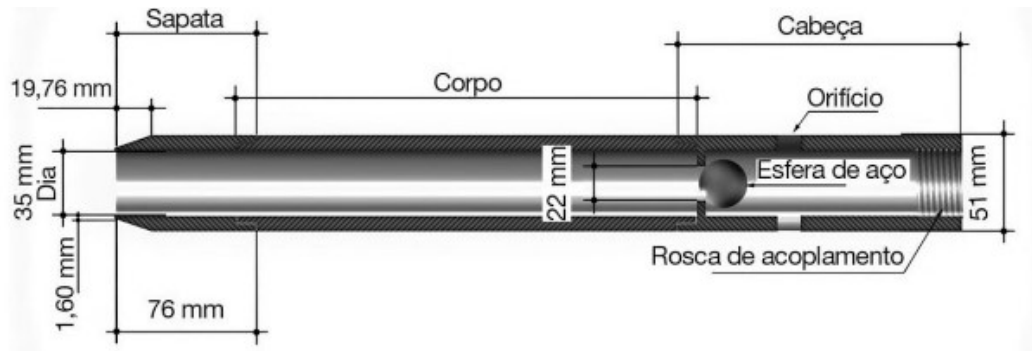


Fonte: Além da Inércia (2017)

O equipamento que forma um sistema de sondagem SPT é composto basicamente por, amostrador, haste, ressalto (cabeça de bater), peso, guia, e tripé de sondagem, como ilustrado na Figura 2.1.

O amostrador utilizado na execução da sondagem é composto por três partes distintas: cabeça, corpo e sapata (Figura 2.2). A cabeça do amostrador possui uma válvula de esfera e um orifício que permite sair água de dentro da haste e a retenção da amostra de solo. O amostrador é formado por um tubo bipartido, que permite a coleta de amostras para a inspeção tátil e visual das amostras. As amostras de solo coletadas devem ser armazenadas em recipiente hermético e enviadas para laboratório para a classificação de granulometria, cor, presença de matéria orgânica e origem.

Figura 2. 2 - Amostrador padrão “Raymond”.



Fonte: Schnaid e Odebrecht (2012).

As hastes são tubos mecânicos providos de rosca em suas extremidades, permitindo a ligação entre elas por meio de elemento de conexão. De acordo com a NBR 6484 (ABNT, 2001), as hastes devem possuir 3,23 kg por metro linear.

Segundo a NBR 6484 (ABNT, 2001) o martelo deve ser constituído de aço, com massa de 65 kg, é o elemento utilizado para a aplicação de golpes sobre a composição cabeça de bater, haste e amostrador.

A cabeça de bater é um elemento cilíndrico de aço maciço, que serve para transferir a energia do golpe do martelo para a haste. Já os equipamentos normalmente usados para a abertura do furo de sondagem são os trados manuais do tipo helicoidal e tipo concha, além do trépano de lavagem.

As amostras de solos coletadas do ensaio passam por um processo de identificação tátil visual. A NBR 6484 (ABNT, 2001) cita que as amostras devem ser examinadas a fim de identificar características como a granulometria conforme citado no item 1.5, plasticidade de acordo com a NBR 7180 (ABNT, 2016c), cor, e origem citado no item 1.4, a fim de se obter o perfil geológico e geotécnico da sondagem.

3 METODOLOGIA

Devido à importância da classificação e caracterização do solo para o meio geotécnico propõe-se uma metodologia de pesquisa onde, primeiramente, serão coletadas amostras de solos em diferentes locais no sudoeste goiano nas proximidades da cidade de Jataí-GO, com o objetivo de se obter a maior variedade possível de solos, para a comparação de diferentes solos com diferentes propriedades e granulometrias. Em seguida, será feita a análise de solo com referência à NBR 7250 (ABNT, 2001) que orienta sobre a identificação e descrição de amostras de solo obtidas em sondagens de simples reconhecimento dos solos.

Através da sondagem SPT, se obtém amostras deformadas a cada metro de profundidade, estas amostras devem ser analisadas a fim de se conhecer suas características como sua granulometria predominante e cor. Para a realização deste trabalho, a quantidade de material que o amostrador padrão coleta na maioria dos casos não é suficiente para a realização da análise tátil visual dos solos e ensaios laboratoriais, a solução encontrada foi coletar amostras através de escavações manuais e mecânicas, quando não era possível obter quantidade de amostra suficiente pela sondagem SPT.

A Tabela 3.1 apresenta numeração das amostras, locais, formas e profundidade em que as amostras foram coletadas. Já as Figuras 3.1 e 3.2 ilustram as posições geográficas dos locais de origem das amostras, enquanto que, as figuras 3.3 a 3.7 ilustram as amostras em laboratório, preparadas para a realização dos ensaios.

Tabela 3. 1 - Descrição amostras e forma de coleta.

Amostra	Local	Profundidade	Forma de coleta
1	Zona rural, Chapadão do Céu-GO	15 a 20 m	Sondagem SPT
2	Portal do sol, Jataí-GO	0 a 1 m	Trado manual
3	Setor Epaminondas, Jataí-GO	0 a 1 m	Trado manual
4	Zona rural, Jataí-GO	6 a 7,5 m	Escavação mecânica
5	Vila Santa Maria, Jataí-GO	10 m	Escavação mecânica
6	Vila Fátima, Jataí-GO	1,5 m	Escavação manual
7	Vila Fátima, Jataí-GO	5 m	Escavação manual
8	Zona rural, Rio Verde-GO	1 m	Escavação mecânica
9	Zona rural, Rio Verde-GO	10 m	Escavação mecânica
10	Zona rural, Jataí-GO	1 m	Escavação manual

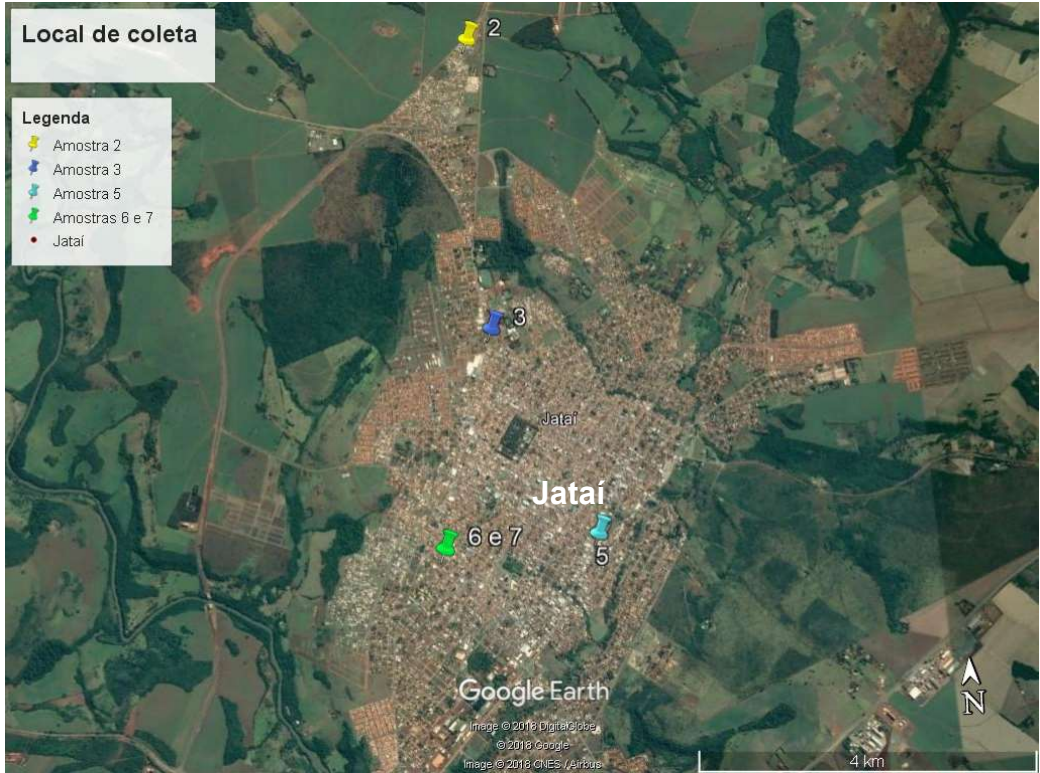
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 3. 1 - Local de coleta das amostras.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 3. 2 - Local de coleta das amostras em Jataí-GO.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 3. 3 - Amostras 1 e 2.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 3. 4 - Amostras 3 e 4.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 3. 5 - Amostras 5 e 6.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 3. 6 - Amostras 7 e 8.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 3. 7 - Amostras 9 e 10.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a coleta das amostras de solo, o primeiro passo foi a realização do ensaio tátil visual descrito pela NBR 7250 (ABNT, 1982), em seguida, a análise dos resultados dos ensaios laboratoriais e sua classificação.

3.1 Classificação tátil visual

Os testes rápidos apresentados no item 1.7 como a sensação ao tato, plasticidade, dispersão em água, impregnação, dilatância e cor foram realizados a fim de se conhecer algumas propriedades do solo para então ser feita a classificação (Figuras 3.8 a 3.12).

Figura 3. 8 - Sensação ao tato.



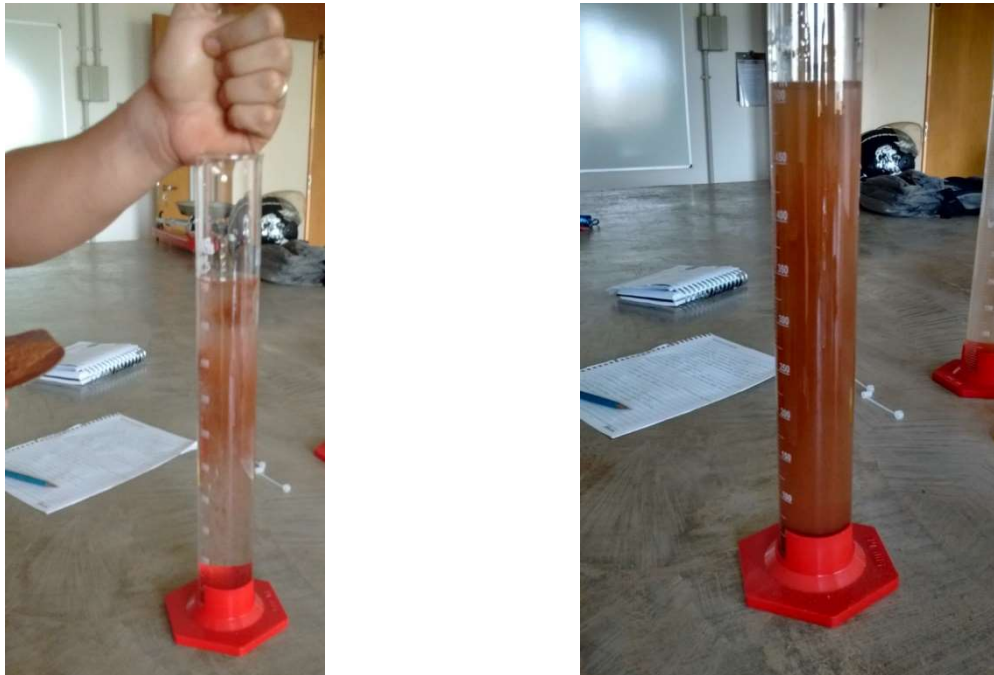
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 3. 9 - Ensaio de plasticidade.



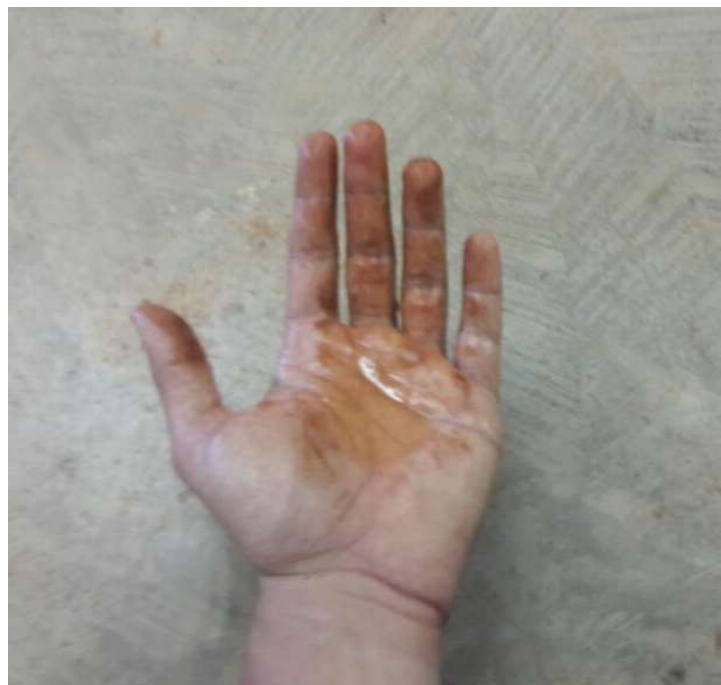
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 3.10 - Dispersão em água.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 3. 11 – Impregnação.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 3. 12 – Teste de dilatância.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2 Ensaios de caracterização laboratoriais:

Com os solos coletados, os seguintes ensaios laboratoriais foram realizados para a caracterização geotécnica do solo de acordo com o SUCS:

- Análise granulométrica de solos, segundo a NBR 7181 (ABNT, 2016a) (Figuras 3.13 e 3.14);
- Limite de liquidez, segundo a NBR 6459 (ABNT, 2016b) (Figura 3.15);
- Limite de plasticidade, segundo a NBR 7180 (ABNT, 2016c) (Figura 3.16);
- Massa específica dos grãos, segundo a NBR 6458 (ABNT, 2016d) (Figura 3.17).

Figura 3. 13 – Peneiramento grosso.



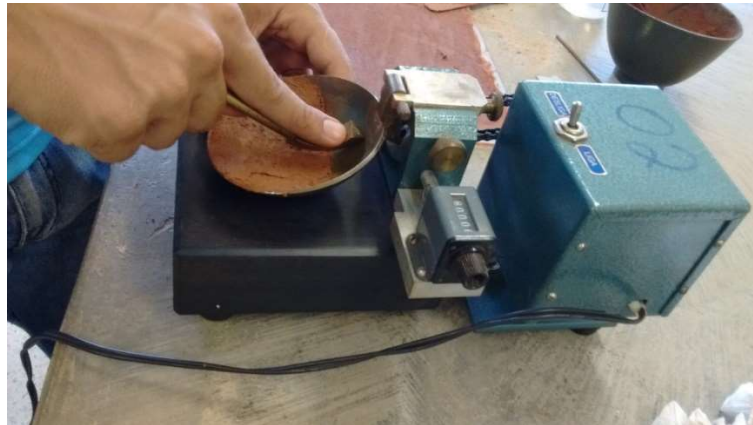
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 3. 14 – Sedimentação.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 3. 15 - Ensaio de Limite de liquidez.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 3. 16 - Ensaio de Limite de plasticidade.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 3. 17 – Ensaio de massa específica dos grãos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados e características para todas as amostras destacando suas classificações para os dois métodos de ensaios realizados, e por final suas comparações, identificando quais foram as semelhanças encontradas e problemas diante dos resultados.

4.1 Análise tátil visual

Algumas dificuldades como a análise da dilatância e dispersão em água foram provocadas por não se ter um parâmetro de análise, baseando-se no empirismo, devendo-se atentar a este fato que pode influenciar em uma classificação equivocada. Os resultados dos vários testes das amostras estão apresentados nas Tabelas 4.1 a 4.10.

Tabela 4. 1 - Classificação tátil visual amostra 1.

Amostra 1		
Sensação ao tato	Há presença de areia	
Plasticidade	Pouco plástico	
Dispersão em água	Sedimentação lenta	
Impregnação	Houve impregnação	
Dilatância	<i>Vibração (aparecimento)</i>	<i>Compressão (desaparecimento)</i>
	Aparecimento médio	Desaparecimento médio
Cor	Vermelho	
Classificação final	Silte arenoso	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 4. 2 - Classificação tátil visual amostra 2.

Amostra 2		
Sensação ao tato	Não há presença de areia	
Plasticidade	Pouco plástico	
Dispersão em água	Sedimentação lenta	
Impregnação	Houve impregnação	
Dilatância	<i>Vibração (aparecimento)</i>	<i>Compressão (desaparecimento)</i>
	Aparecimento lento	Desaparecimento médio
Cor	Marrom claro	
Classificação final	Silte argiloso	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 4. 3 - Classificação tátil visual amostra 3.

Amostra 3		
Sensação ao tato	Não há presença de areia	
Plasticidade	Solo plástico	
Dispersão em água	Sedimentação lenta	
Impregnação	Houve impregnação	
Dilatância	<i>Vibração (aparecimento)</i>	<i>Compressão (desaparecimento)</i>
	Aparecimento lento	Desaparecimento médio
Cor	Marrom escuro	
Classificação final	Argila siltosa	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 4. 4 - Classificação tátil visual amostra 4.

Amostra 4		
Sensação ao tato	Não há presença de areia	
Plasticidade	Solo plástico	
Dispersão em água	Sedimentação lenta	
Impregnação	Houve impregnação	
Dilatância	<i>Vibração (aparecimento)</i>	<i>Compressão (desaparecimento)</i>
	Aparecimento lento	Desaparecimento médio
Cor	Variegada	
Classificação final	Argila siltosa com pedregulho	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 4. 5 - Classificação tátil visual amostra 5.

Amostra 5		
Sensação ao tato	Não há presença de areia	
Plasticidade	Solo pouco plástico	
Dispersão em água	Sedimentação lenta	
Impregnação	Houve impregnação	
Dilatância	<i>Vibração (aparecimento)</i>	<i>Compressão (desaparecimento)</i>
	Aparecimento lento	Desaparecimento médio
Cor	Amarelo	
Classificação final	Argila siltosa	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 4. 6 - Classificação tátil visual amostra 6.

Amostra 6		
Sensação ao tato	Não há presença de areia	
Plasticidade	Solo pouco plástico	
Dispersão em água	Sedimentação acelerada	
Impregnação	Houve pouca impregnação	
Dilatância	<i>Vibração (aparecimento)</i>	<i>Compressão (desaparecimento)</i>
	Aparecimento lento	Desaparecimento médio
Cor	Marrom escuro	
Classificação final	Silte argiloso	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 4. 7 - Classificação tátil visual amostra 7.

Amostra 7		
Sensação ao tato	Não há presença de areia	
Plasticidade	Solo plástico	
Dispersão em água	Sedimentação lenta	
Impregnação	Houve pouca impregnação	
Dilatância	<i>Vibração (aparecimento)</i>	<i>Compressão (desaparecimento)</i>
	Aparecimento lento	Desaparecimento médio
Cor	Marrom	
Classificação final	Silte argiloso	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 4. 8 - Classificação tátil visual amostra 8.

Amostra 8		
Sensação ao tato	Não há presença de areia	
Plasticidade	Solo pouco plástico	
Dispersão em água	Sedimentação acelerada	
Impregnação	Houve impregnação	
Dilatância	<i>Vibração (aparecimento)</i>	<i>Compressão (desaparecimento)</i>
	Aparecimento lento	Desaparecimento médio
Cor	Marrom	
Classificação final	Silte argiloso com pedregulho	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 4. 9 - Classificação tátil visual amostra 9.

Amostra 9		
Sensação ao tato	Há presença de areia	
Plasticidade	Solo pouco plástico	
Dispersão em água	Sedimentação acelerada	
Impregnação	Houve pouca impregnação	
Dilatância	<i>Vibração (aparecimento)</i>	<i>Compressão (desaparecimento)</i>
	Aparecimento rápido	Desaparecimento médio
Cor	Amarelo	
Classificação final	Silte arenoso com pedregulho	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 4. 10 - Classificação tátil visual amostra 10.

Amostra 10		
Sensação ao tato	Há presença de areia	
Plasticidade	Solo sem plasticidade	
Dispersão em água	Sedimentação acelerada	
Impregnação	Houve pouca impregnação	
Dilatância	<i>Vibração (aparecimento)</i>	<i>Compressão (desaparecimento)</i>
	Aparecimento rápido	Desaparecimento rápido
Cor	Cinza	
Classificação final	Areia fina	

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2 Ensaios laboratoriais

Com a realização dos ensaios de caracterização apresentados no capítulo anterior obteve-se os resultados apresentados na Tabela 4.1 da massa específica dos grãos (ρ_s), limite de liquidez (LL), limite de plasticidade (LP) e índice de plasticidade (IP):

4.2.1 Curva granulométrica

Através dos ensaios de análise granulométrica dos grãos construíram-se as curvas granulométricas de cada amostra, onde são indicadas curvas granulométricas das amostras com e sem defloculante pelas figuras 4.1 a 4.10. Cabe salientar que o uso de defloculante desfaz a cimentação entre os grãos, cimentação esta que é característica de solos tropicais e isso pode gerar curvas granulométricas diferentes. Mesmo apresentando essas diferenças não

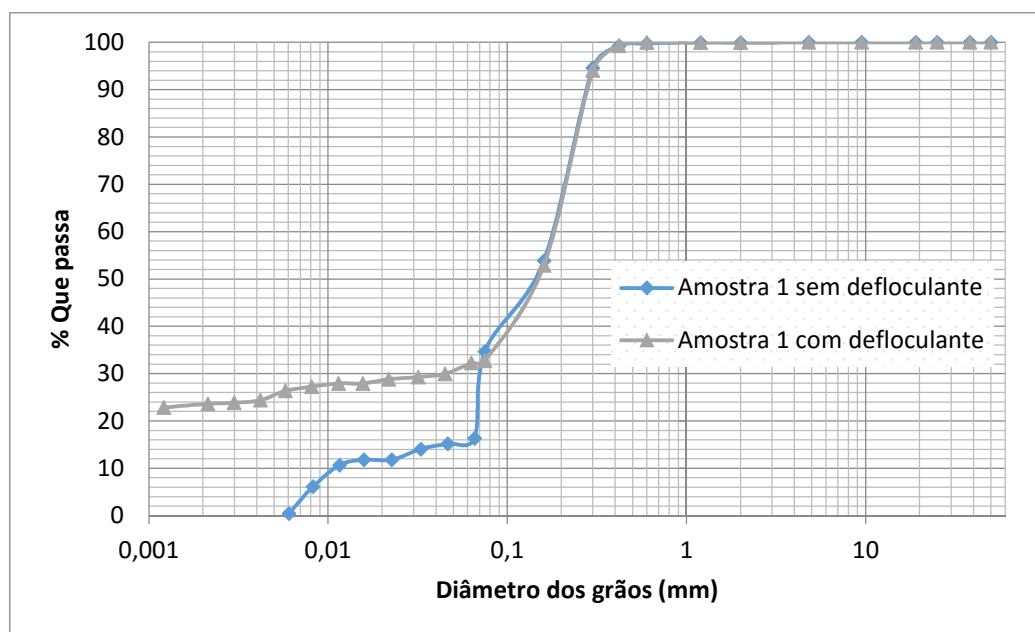
houve variação da porcentagem de material passante na peneira nº 200 (0,075 mm) que alterasse as classificações das amostras com e sem defloculante.

Tabela 4. 11 - Dados ensaio de caracterização.

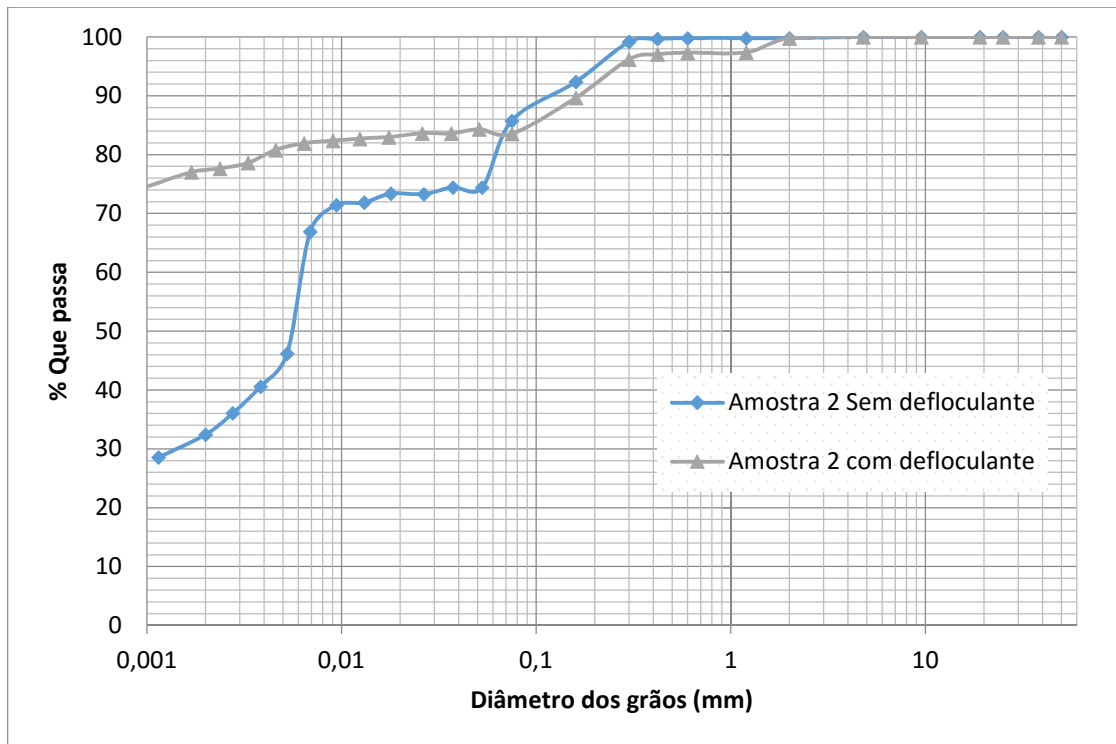
Amostra	ρ_s (g/cm ³)	LL	LP	IP
1	2,71	17	12	5
2	2,79	43	25	17
3	3,19	47	28	19
4	2,90	36	23	13
5	2,99	31	29	1
6	3,25	34	30	4
7	3,21	61	39	22
8	2,86	51	31	20
9	2,81	42	NP	NP
10	2,67	NL	NP	NP

Fonte: Elaborado pelo autor.

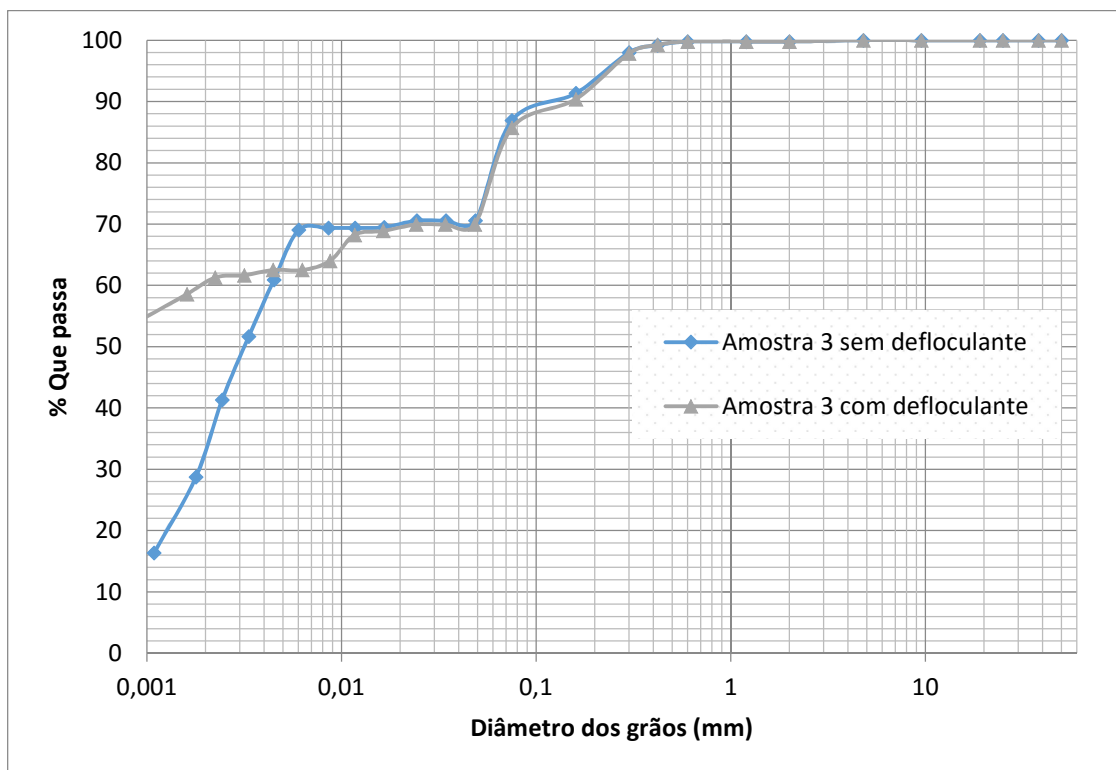
Figura 4. 1 – Curva granulométrica amostra 1.



Fonte: Elaborado pelo autor.

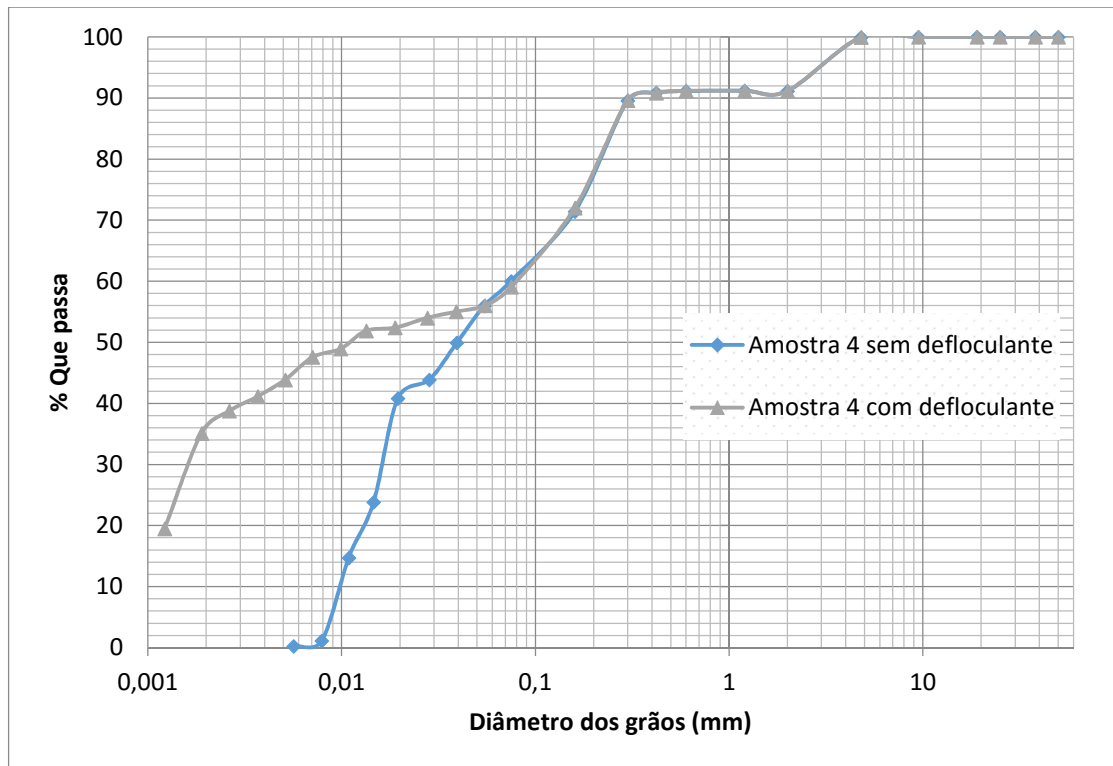
Figura 4. 2 - Curva granulométrica amostra 2.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 4. 3 - Curva granulométrica amostra 3.

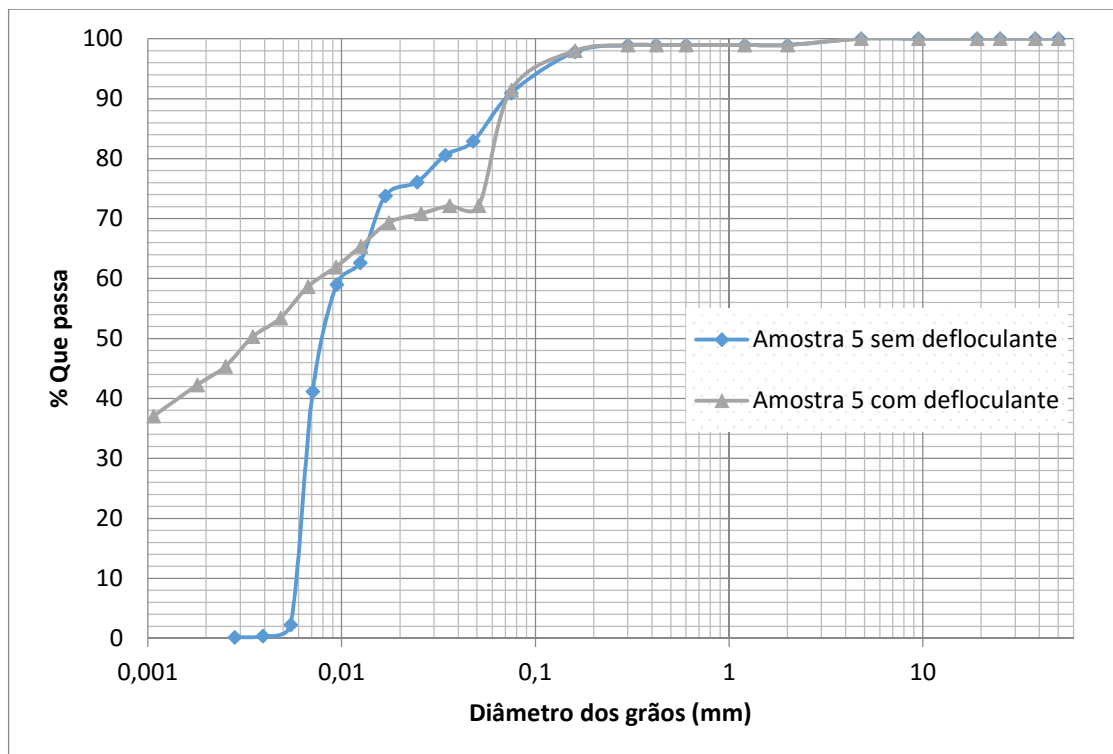
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 4. 4 - Curva granulométrica amostra 4.

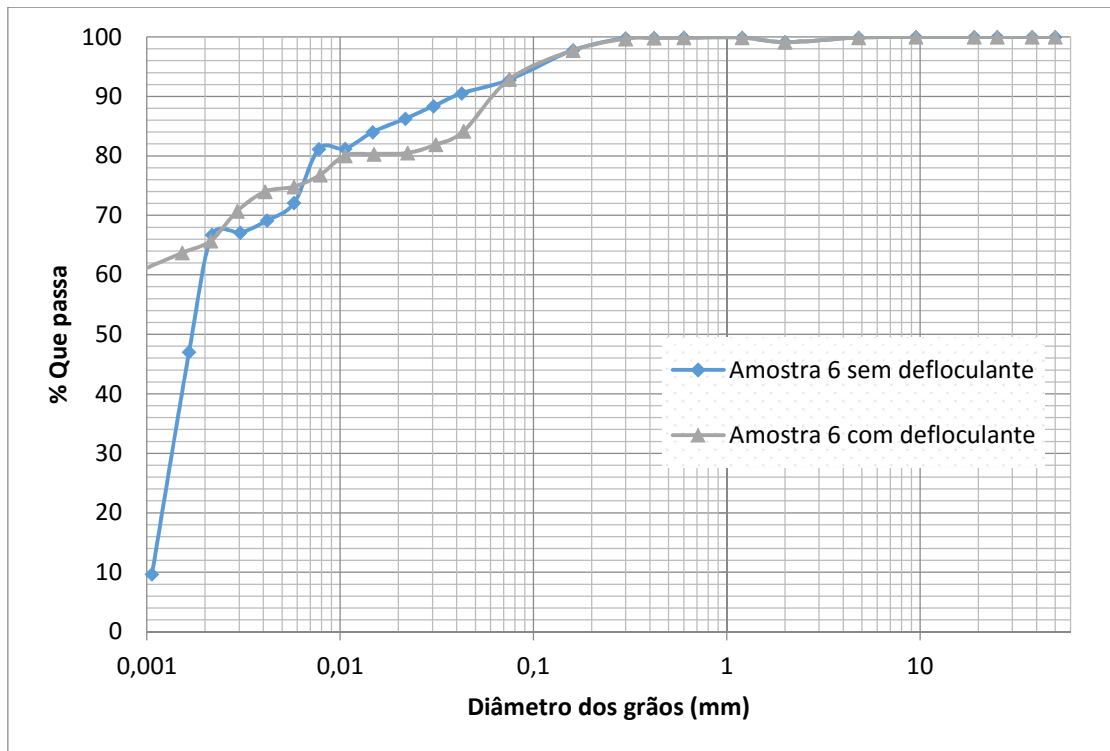


Fonte: Elaborado pelo autor.

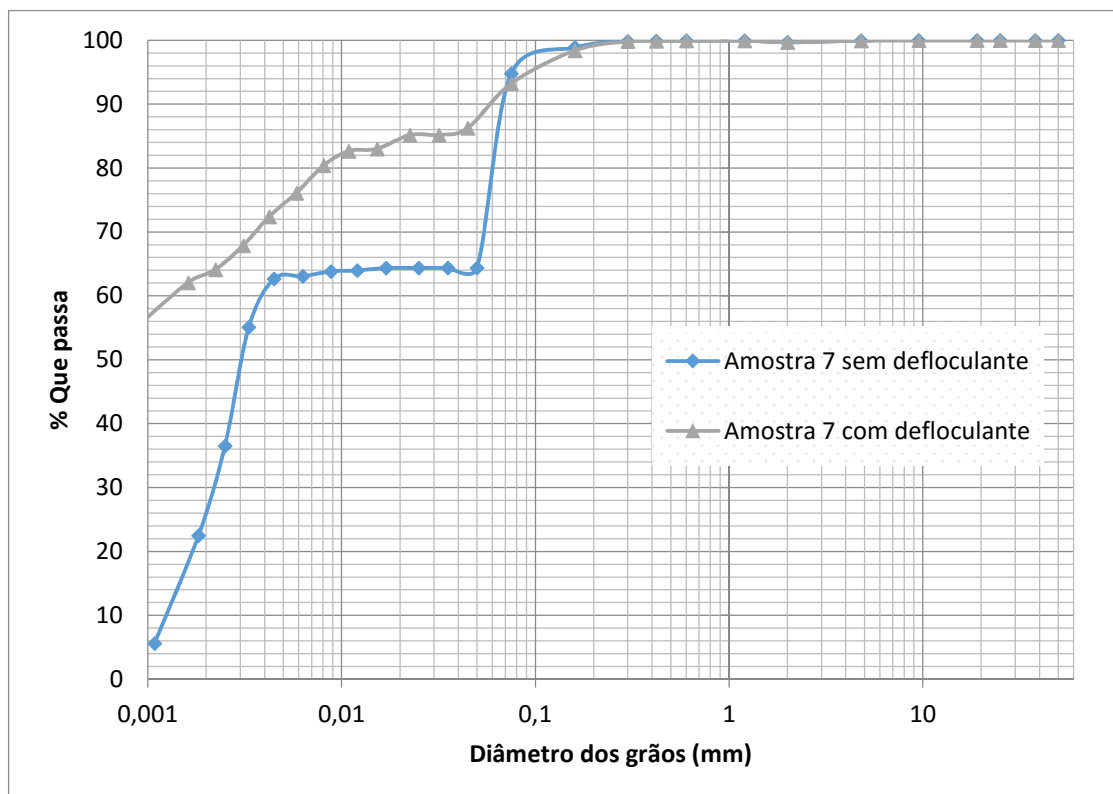
Figura 4. 5 - Curva granulométrica amostra 5.



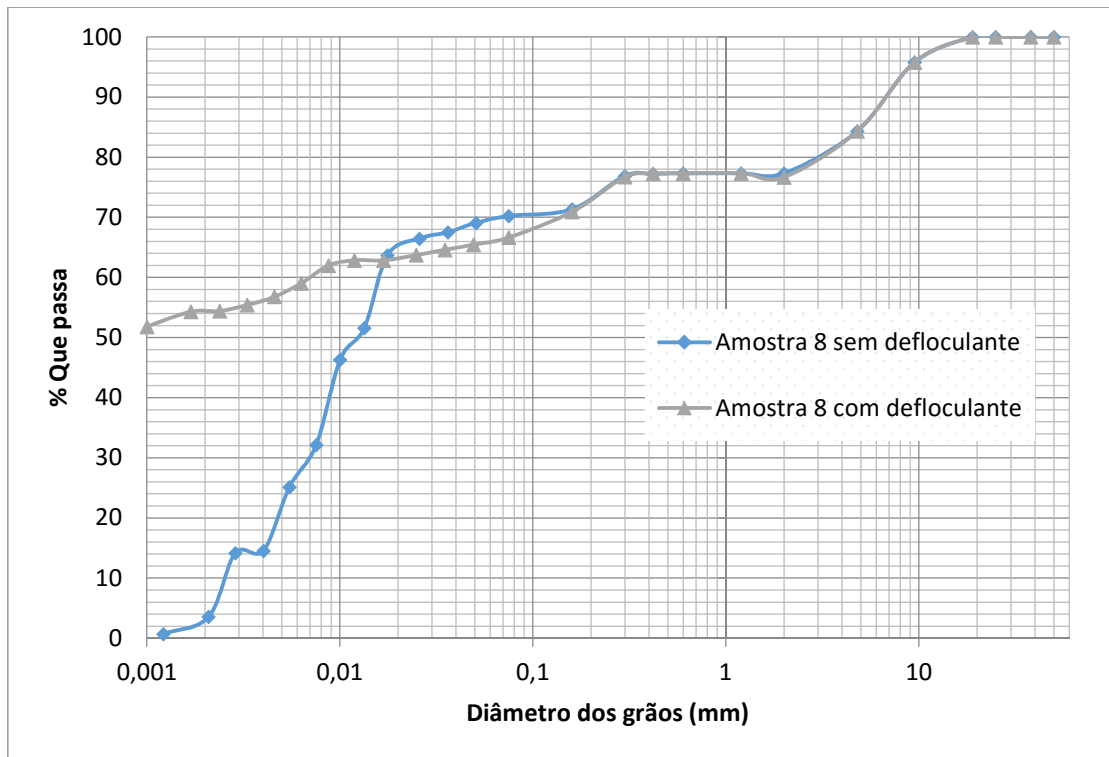
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 4. 6 - Curva granulométrica amostra 6.

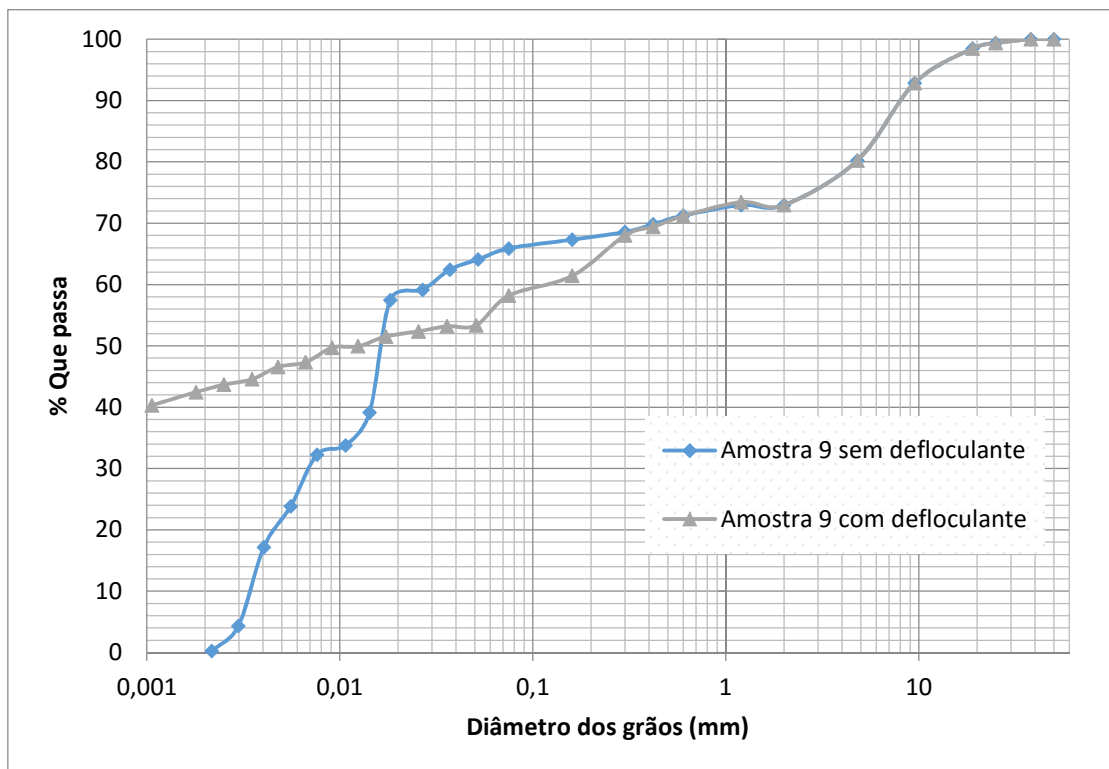
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 4. 7 - Curva granulométrica amostra 7.

Fonte: Elaborado pelo autor.

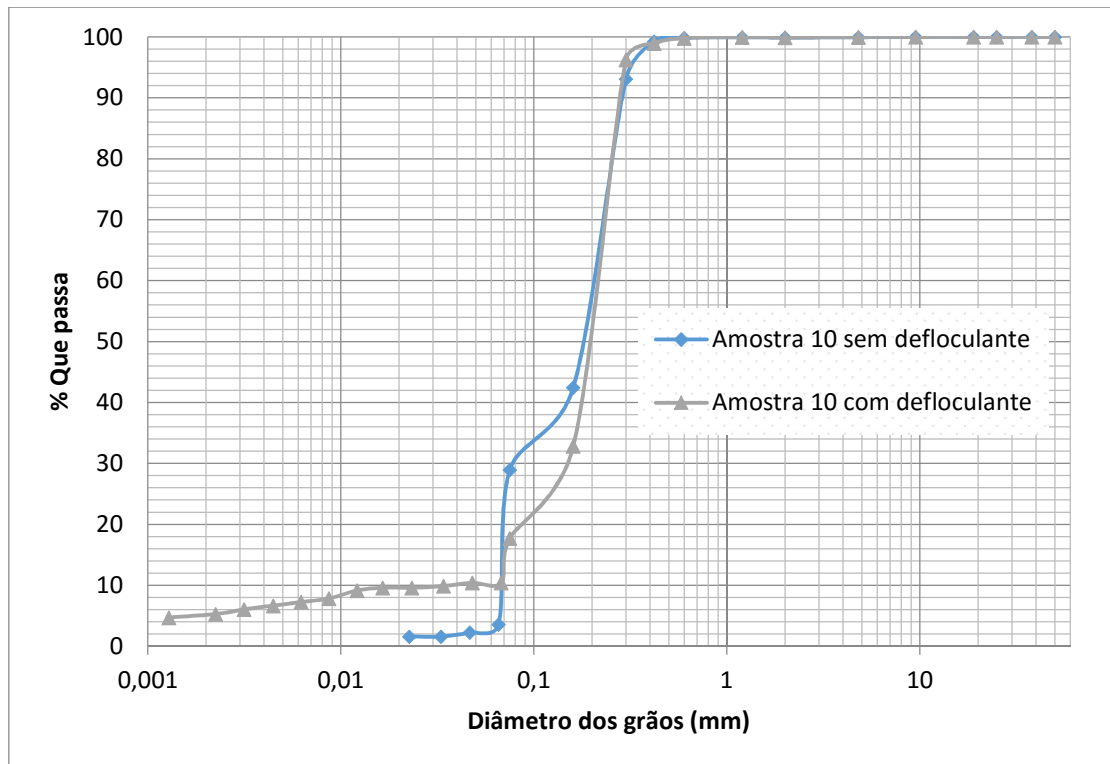
Figura 4. 8 - Curva granulométrica amostra 8.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 4. 9 - Curva granulométrica amostra 9.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 4. 10 - Curva granulométrica amostra 10.



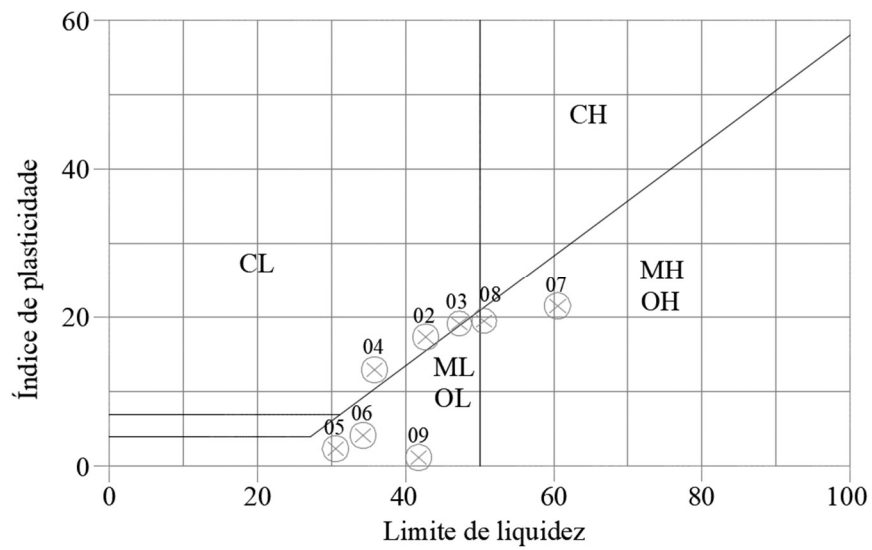
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.2 Classificação pelo SUCS

Pela classificação do Sistema Unificado (SUCS), o primeiro passo é considerar a porcentagem de solos finos presentes no solo, considerando-se solos finos o material que passa na peneira nº 200 (0,075mm). Para a maioria das amostras com e sem defloculante a porcentagem de solo passante na peneira nº 200 foi superior a 50, logo, o solo é considerado de granulação fina (M, C ou O). Pela análise dos índices LL e IP na carta de plasticidade obtêm a classificação final das amostras (Figura 4.11).

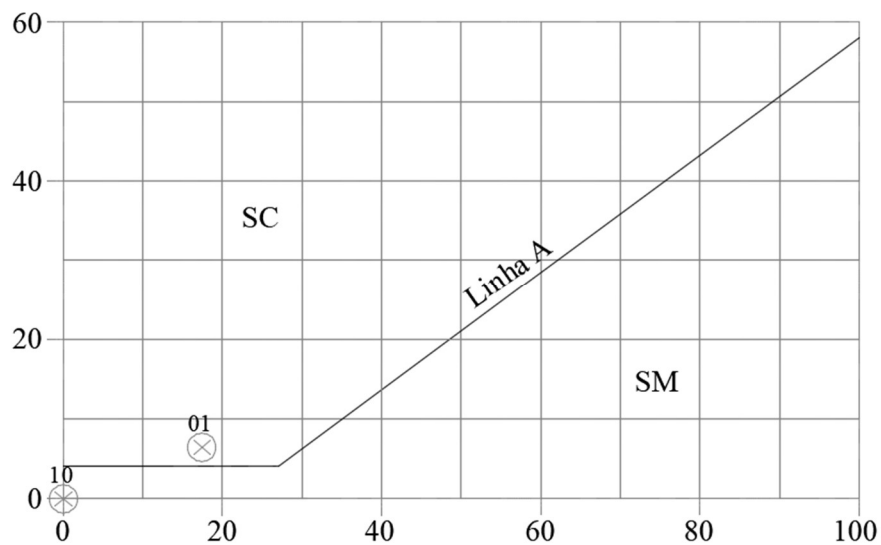
As amostras 1 e 10 tiveram porcentagem de solo passante na peneira nº 200 inferior a 50, logo, o solo é considerado de granulação grossa (G ou S), observando então a porcentagem passante na peneira nº4 maior que 50, chegamos à conclusão que o solos são arenosos de classificação S. Devido a porcentagem passante na peneira #200 ser superior a 12, não foi necessário o cálculo dos coeficientes de não uniformidade (CNU) e de curvatura (CC), com a definição de sua segunda característica sendo feita pela análise dos índices LL e IP através da figura 4.12.

Figura 4. 11 - Carta de plasticidade solos finos (SUCS).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 4. 12 - Classificação amostras arenosas (SUCS).



Fonte: Elaborado pelo autor.

O resultado da classificação e descrição das amostras pelo SUCS está apresentado na Tabela 4.12.

Tabela 4. 12 - Classificação pelo Sistema Unificado.

Amostra	Classificação	Descrição
1	SC	Areia argilosa
2	CL	Argila de baixa compressibilidade
3	CL	Argila de baixa compressibilidade
4	CL	Argila de baixa compressibilidade
5	ML	Silte de baixa compressibilidade
6	ML	Silte de baixa compressibilidade
7	MH	Silte de alta compressibilidade
8	MH	Silte de alta compressibilidade
9	ML	Silte de baixa compressibilidade
10	SM	Areia siltosa

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3 Comparação entre as classificações

Ao final dos ensaios obtiveram-se os seguintes resultados (Tabela 4.13):

Tabela 4. 13 - Resultados ensaios.

Amostra	Classificação tátil visual	Classificação SUCS
1	Silte arenoso	Areia argilosa
2	Silte argiloso	Argila de baixa compressibilidade
3	Argila siltosa	Argila de baixa compressibilidade
4	Argila siltosa com pedregulho	Argila de baixa compressibilidade
5	Argila siltosa	Silte de baixa compressibilidade
6	Silte argiloso	Silte de baixa compressibilidade
7	Silte argiloso	Silte de alta compressibilidade
8	Silte argiloso com pedregulho	Silte de alta compressibilidade
9	Silte arenoso com pedregulho	Silte de baixa compressibilidade
10	Areia fina	Areia siltosa

Fonte: Elaborado pelo autor.

As amostras 1, 2, 5 e 10 não apresentaram semelhança entre os resultados, na amostra 1 sua classificação tátil visual indicou sua fração predominante com silte, mas os resultados da classificação de laboratório apresentou sua fração predominante sendo areia, neste caso, a presença de argila no solo faz com que o solo tenha pequena plasticidade o que induz a classificação da amostra como silte. A amostra 2 foi classificada como silte argiloso no ensaio tátil visual enquanto que pelo SUCS o solo é predominantemente argiloso, este fato se deve a impossibilidade de se identificar tátil visualmente a fração predominante da

amostra, sendo que foi identificado que a amostra possuía uma fração de argila, mas não foi possível confirmar apenas pelo tato. A amostra 5 pela classificação tátil visual foi definida como argila siltosa, pelo ensaio laboratorial, o material foi definido como silte, assim como na amostra 2, não foi possível afirmar sua predominância como material siltoso. Por fim, a amostra 10 foi classificada tátil visualmente como areia fina, sendo que foi identificada uma pequena quantidade de silte na amostra através do ensaio de laboratório, sua classificação é definida como areia siltosa, esta diferença se dá pela proximidade de tamanho dos grãos de areia e silte, o que impossibilitou a correta verificação da característica da parcela fina do solo.

A análise tátil visual das amostras 3, 4, 6, 7, 8, 9 não apresentou divergência entre os resultados dos ensaios de laboratório, cabendo ressaltar que a análise tátil visual apresenta a fração predominante e uma fração secundária da amostra, já a análise pelo SUCS apresenta sua relativa granulometria e plasticidade do solo, o que impossibilita a comparação das características secundárias de sua granulometria. A presença de pedregulho nas amostras 4, 8, 9 não é descrita pelo SUCS, mas pode ser confirmada pela curva granulométrica sendo que uma parte do material ficou retido na peneira 2 o que indica que a identificação de pedregulho pela análise tátil visual é foi correta.

Ao comparar o ensaio de plasticidade feito na análise tátil visual com o índice de plasticidade obtido do ensaio de laboratório, podemos perceber houve uma relação entre eles sendo que o solo com pouca plasticidade apresentou menor índice de plasticidade, exceto as amostras 2 e 8 que apresentaram discrepância entre seus resultados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em geral houve semelhança entre os resultados, com exceção das amostras 1, 2, 5 e 10 que apresentaram diferenças em sua fração predominante. Deve-se atentar quando o solo possui proximidade de tamanho dos grãos entre siltes e areias e entre siltes e argilas, pois esta aproximação faz com que suas características se assemelhem podendo causar classificação equivocada da amostra. Para minimizar este problema, deve-se realizar o teste de plasticidade observando detalhadamente a plasticidade demonstrada pelo solo, além de moldar pequenas esferas para a verificação da plasticidade. Pode ser considerado um rápido teste de plasticidade como moldar um cilindro com diâmetro de 3 mm e comprimento de 10 cm, rolando-se o solo com a mão em uma superfície plana e áspera assim como na obtenção do limite de plasticidade, solos úmidos que apresentam esse formato facilmente sem se desmanchar possuem predominância de argila em sua composição.

O ensaio tátil visual permite a identificação de granulometria predominante e secundária para solos granulares e solos finos, já o ensaio pelo SUCS identifica granulometria predominante e plasticidade do solo para solos finos. Esta diferença não nos permite uma comparação detalhada entre os ensaios de solos finos, e características como cor e fração secundária do solo também não podem, facilmente, ser comparadas.

A realização dos ensaios possibilitou avaliar se os resultados obtidos das identificações tátil visuais estavam de acordo com as caracterizações geotécnicas obtidas por meio de ensaios laboratoriais o que possibilitou um melhor entendimento entre as características de alguns solos. Também esclareceu dúvidas a respeito dos ensaios realizados possibilitando grande aprendizado, sendo assim, considera-se alcançado o objetivo do trabalho. O ensaio tátil visual, quando realizado de maneira adequada, apresenta resultado satisfatório, o que prova sua eficácia descrevendo de forma eficiente sem a necessidade de ensaios de laboratório.

REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6457: **Amostras de solo-preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização**. 2016e.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6484: **Execução de Sondagem de Simples Reconhecimento dos solos**. 2001.
- ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6502: **Rochas e Solos**. 1995.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7250: **Identificação e descrição de amostras de solos obtidas em sondagens de simples reconhecimento dos solos**. Rio de Janeiro, 1982.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7181: **Solo- Análise granulométrica**. 2016a.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6459: **Solo – Determinação do limite de liquidez**. 2016b.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7180: **Solo – Determinação do limite de plasticidade**. 2016c.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6458: **Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura 4,8mm- Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água**. 2016d.
- ALEM DA INÉRCIA. Fundações – “A Sondagem Spt”. Disponível em <<https://alemdainercia.wordpress.com/2016/08/09/fundacoes-o-ensaio-spt>>. Acesso: 05 de ago. de 2017.
- BECKER, L. Notas de aula de Geomecânica. Disponível em <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABYocAH/geomecanica-aula1>>. Acesso: 10 de jul. de 2017.
- BUENO, B. S. VILAR, O. M. **Mecânica dos solos**, V.1, Escola de Engenharia de São Carlos-USP, São Carlos, 1999.
- CASTELHANO, A. F. Notas de aula de Mecânica dos Solos. Disponível em <<http://slideplayer.com.br/slide/10340088/>>. Acesso: 03 de fev. de 2018.
- CRAIG, R. F. **Mecânica dos solos**, 7ed. LTC, Rio de Janeiro, 2007.
- DAS B. M., SOBHAN, K. **Fundamentos de Engenharia Geotécnica tradução da 8 edição norte-americana**. 8 ed., São Paulo, Editora Gisela Alencar, 2014.
- SCHNAID, F. ODEBRECHT, E. **Ensaaios de campo e suas aplicações a engenharia de fundações**. 2 ed., São Paulo: Oficina de Textos, 2012.
- FATECLESTE. “Tipos de solo e suas características”. Disponível em <<http://fatecleste.blogspot.com.br/2012/08/tipos-de-solo-e-suas-caracteristicas.html>>. Acesso:

03 de fev. de 2018.

HACHICH, W., FALCONI, F. F. SAES, J. L., FROTA, R. G. Q., CARVALHO, C. S., NIYAMA, S. (1998). **Fundações: teoria e prática**. 2 ed., Pini, São Paulo.

LAMBE, T.W.; WHITMAN, R. V. **Soil mechanics**. Nova Iorque: John Wiley e Sons, 1969. 553p.

LODI, P. C.- **Mecânica dos solos**, Vol. 1, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Disponível em < <https://pt.slideshare.net/bcastilho/livro-mec-soloscompleto>>. Acesso em 02/02/2018.

MACHADO, S.L.; MACHADO, M. F. C.- **Mecânica dos solos 1 - Conceitos Introdutórios**, Vol.1, Universidade Federal da Bahia, 1997.

MUROLO, M. L.- **Análise comparativa de um perfil geotécnico de sondagem de simples reconhecimento com as classificações obtidas em ensaios de limites de atterberg e granulometria de um solo de Itatiba-SP**. 2006. Trabalho de conclusão de curso de Graduação em Engenharia Civil- Universidade São Francisco, 2004.

PINTO, C. S., **Curso básico de mecânica dos solos em 16 aulas**. 3 ed., São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

RANZAN, R., ZUFFO, L.M., **Caracterização do subsolo da área urbana de pato branco baseado em relatórios de sondagem**. 2014. 71f. Trabalho de conclusão de curso de Graduação em Engenharia Civil- Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.

SANTOS, E.F. **Estudo comparativo de diferentes sistemas de classificações geotécnicas aplicadas aos solos tropicais**. 2006. 145f. Dissertação (Mestrado em Engenharia dos Transportes) - Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, 2006.

VILLIBOR, D. F., NOGAMI J.S., CINCERRE, J.R., SERRA, P.R.M., NETO, A.Z., **Pavimentos de Baixo Custo para Vias Urbanas**. 2ª edição, São Paulo: Arte & Ciência, 2009.