



**Relatório**

**Estudos e Projetos para as Intervenções Descritas como  
Medidas Mitigadoras para a Implantação do  
Parcelamento Quinhão 16**

**Estudos Geotécnicos – Sondagens e Ensaios**

**Outubro/2020**

01	Complementação de ensaios	12/2020			
00	Emissão inicial	10/2020			
Nº	MODIFICAÇÃO	DATA	FEITO	VISTO	APROVO
<b>REVISÕES</b>					

 Empreendimentos Imobiliários		<b>PROJETO</b> ESTUDOS E PROJETOS PARA AS INTERVENÇÕES DESCRITAS COMO MEDIDAS MITIGADORAS PARA A IMPLANTAÇÃO DO PARCELAMENTO QUINHÃO 16
		<b>LOCALIZAÇÃO</b> DF-001 / DF-035 / DF-025 / DF-027 - RA XXVII - JARDIM BOTÂNICO - DF
<b>VISTO</b>	<b>DATA</b>	
<b>APROVO</b>	<b>DATA</b>	<b>ESPECIALIDADE/SUBESPECIALIDADE</b> Geotecnia
<b>RESPONSÁVEL TÉCNICO / CREA/CAU</b> Arlindo Verzeznassi Filho / CREA: 5060497290/D-SP		
<b>RESPONSÁVEL TÉCNICO / CREA/CAU</b> Nadiege Kiczal Reginatto / CREA: 25809/D-DF		
<b>COORDENADOR CREA/CAU</b> Lucio Mario Lopes Rodrigues / CREA: 8378/D-DF		
<b>ETAPA DE PROJETO</b> ESTUDOS PRELIMINARES	<b>TIPO/ESPECIFICAÇÃO DO DOCUMENTO</b> RELATÓRIO	<b>DATA</b> dezembro/ 2020
	<b>CODIFICAÇÃO</b>	<b>REVISÃO</b> R01

## RELAÇÃO DE FIGURAS

Figura 1: Área de estudo .....	8
Figura 2 : Diagrama da concepção dos novos eixos de conexão da Gleba com as principais vias existentes na região. Imagem sem escala .....	9
Figura 3 : Diagrama da concepção dos eixos viários e dos espaços de centralidade na poligonal de projeto. Imagem sem escala.....	10
Figura 4 : Área de Influência Direta (AID) .....	11
Figura 5 : Sistema viário em estudo.....	12
Figura 6 : Sistema viário em estudo.....	13
Figura 7 : DF-001 – Trecho com duas faixas de rolamento em cada sentido. Fonte – Google Street View .....	15
Figura 8 : DF-001 – Trecho com três faixas de rolamento sentido Jardim Mangueiral / Ponte JK. Fonte – Google Street View.....	16
Figura 9 : DF-035. Fonte – Google Street View .....	17
Figura 10 : DF-025 – Ilustração da DF-025. Fonte – Google Earth .....	18
Figura 11 : DF-027 – Ilustração da DF-027. Fonte – Google Earth .....	19
Figura 12: Representação de alguns tipos de trado.....	22
Figura 13: Curva de distribuição granulométrica - exemplo.....	23
Figura 14: Limites de consistência.....	25
Figura 15: Aparelho de Casagrande.....	26
Figura 16: Amostra antes e depois do ensaio.....	26
Figura 17: Gráfico para a determinação do LL.....	27
Figura 18: Ensaio de Limite de Plasticidade.....	28

Figura 19: Curva de Pressão – Penetração, ensaio ISC. .... 30

Figura 20: Representação esquemática de um ensaio de SPT..... 31

## RELAÇÃO DE TABELAS

Tabela 1 : Classificação das vias.....	14
Tabela 2: Estados de compacidade e de consistência dos solos, segundo a NBR 6.484 / 2001..	32
Tabela 3: Resumo dos resultados dos ensaios de caracterização, compactação e CBR.....	36

## SUMÁRIO

<b>1 FICHA TÉCNICA – IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR E DA EMPRESA CONSULTORA .....</b>	<b>6</b>
1.1 Identificação do Empreendedor .....	6
1.2 Identificação da Empresa Responsável pelos Estudos Geotécnicos .....	6
1.3 Equipe Técnica .....	6
<b>2 Introdução .....</b>	<b>7</b>
<b>3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO .....</b>	<b>8</b>
3.1 Área de Influência Direta - AID .....	11
3.2 Área de influência indireta - All .....	12
3.3 Caracterização do sistema viário em estudo .....	12
<b>4 SERVIÇOS GEOTÉCNICOS EXECUTADOS.....</b>	<b>20</b>
4.1 Metodologia .....	21
4.1.1 Sondagem a Trado .....	21
4.1.2 Ensaios de Caracterização, Compactação e CBR .....	23
4.1.3 Ensaios de SPT .....	30
<b>5 RESULTADOS.....</b>	<b>34</b>
5.1 Resultado das Sondagens a Trado .....	34
5.2 Resultados dos ensaios de Caracterização e CBR .....	34
5.3 Resultados dos ensaios de SPT .....	37
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>40</b>
<b>7 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>41</b>
<b>8 Anexo 01 - Boletim de Sondagem a Trado.....</b>	<b>43</b>
<b>9 Anexo 02 - Resultado dos Ensaios de Caracterização .....</b>	<b>44</b>
<b>10 Anexo 03 – Plantas De Localização Dos Ensaios.....</b>	<b>45</b>

## 1 FICHA TÉCNICA – IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR E DA EMPRESA CONSULTORA

### 1.1 Identificação do Empreendedor

- **Nome:** INCO Empreendimentos Imobiliarios S/A
- **Inscrição CNPJ:** 13.510.159/0001-06
- **Endereço para correspondência:** St Scia Quadra 14 Conjunto 10 Lote 09 Sala Nº26  
CEP:71250-150 – Brasília-DF

### 1.2 Identificação da Empresa Responsável pelos Estudos Geotécnicos

- **Nome:** ARIA Engenharia S/S Ltda.
- **CNPJ:** 14.435.302/0001-05
- **Endereço:** SHIS QI 9/11 Comércio Local Bloco D, S/N, Salas 203 204 205 206 •  
Brasília/DF
- **CEP:** 71.625-045
- **Site:** [aria.eng.br](http://aria.eng.br)

### 1.3 Equipe Técnica

Nome do Membro da Equipe Técnica	Registro no Órgão de Classe
Lucio Mario Lopes Rodrigues	CREA – 8378/D-DF
Arlindo Verzegnassi Filho	CREA - 5060497290/D-DF
Nadiege Kiczal Reginatto	CREA – 25809/D-DF

## 2 INTRODUÇÃO

O presente projeto tem como objetivo o cumprimento das medidas mitigadoras para a implantação do parcelamento Quinhão 16 (Doc. SEI/GDF 36913538), sob Termo de Compromisso DER-DF/DG/PROJUR (Doc. SEI/GDF 43592422), SEI-00113-00020067/2018-30.



7





### 3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

O presente relatório apresenta os estudos de geotecnia realizados na área do projeto DF-001 com a DF-027, denominado Trecho 01, localizado no Setor Habitacional Jardim Botânico/DF – RA Jardim Botânico, destinados ao embasamento do projeto executivo de pavimentação e de elaboração do projeto básico de estruturas dos viadutos. A localização no Distrito Federal da área de estudo pode ser observada no Mapa de Situação apresentado abaixo.

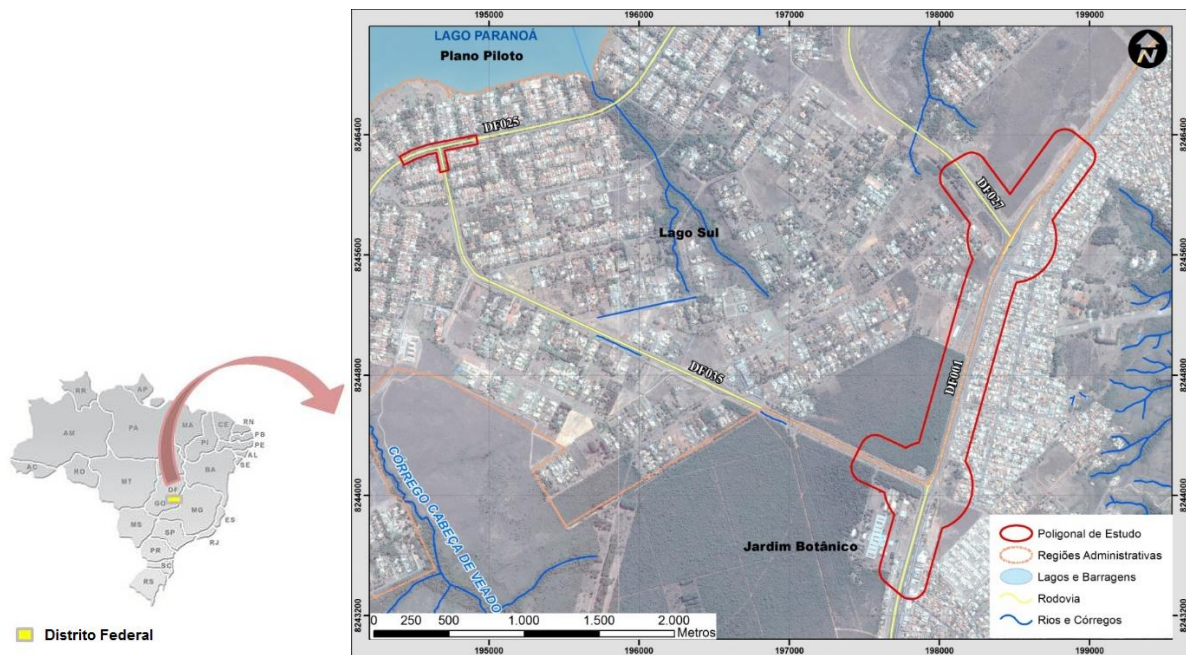


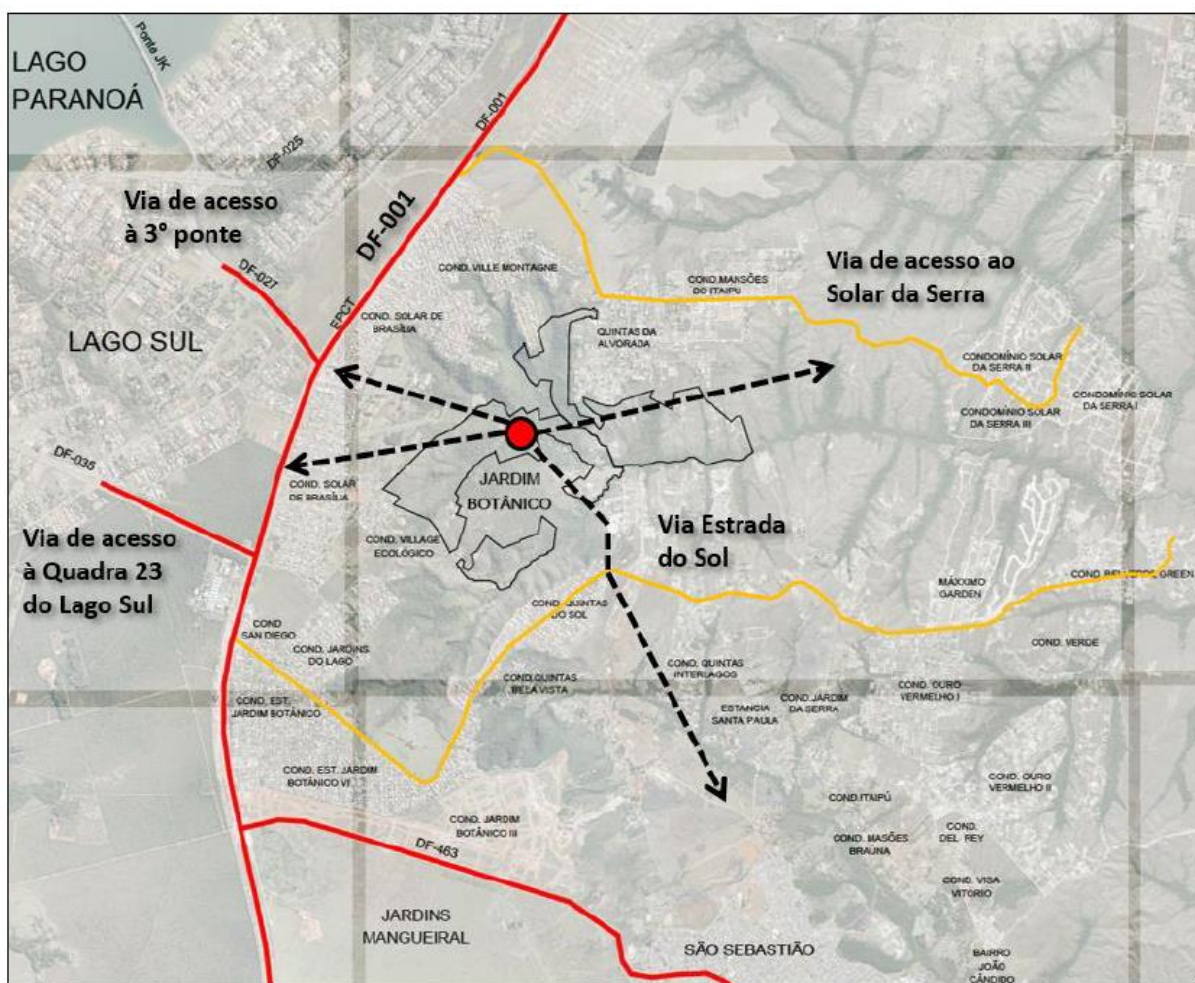
Figura 1: Área de estudo

A RA Jardim Botânico é hoje morfologicamente configurada por 31 parcelamentos consolidados, com lotes ocupados, na sua quase totalidade, por edificações residenciais unifamiliares. A Região apresenta muito baixa densidade demográfica e construtiva e os parcelamentos estão distribuídos de forma espaçada por toda a Região Administrativa, desconectados entre si.

Administrativas do Distrito Federal. Internamente à RA, porém, só existem duas vias de acesso aos parcelamentos existentes. Ao norte a via de acesso ao Condomínio Solar da Serra e ao Sul a Estrada do Sol. As referidas vias são estreitas e com traçado descontínuo, sem calçada e sem ciclovias. Atendem precariamente às rotas de transporte público. Tal configuração

existente dificulta a circulação de pessoas e veículos na região e, também, reduz o potencial de desenvolvimento da área.

O plano de uso e ocupação do solo proposto adota como princípios de concepção do parcelamento soluções de desenho urbano que melhoram as condições de circulação viária na Região por meio da criação de novos eixos de circulação de veículos pedestres e ciclistas interligando a via Estrada do Sol com a via DF-001 e, também, com a via que dá acesso aos parcelamentos situados nas imediações do Solar da Serra, conforme pode ser visto no mapa abaixo.



**Figura 2 : Diagrama da concepção dos novos eixos de conexão da Gleba com as principais vias existentes na região. Imagem sem escala**

Os novos eixos de circulação propostos atendem às Diretrizes Urbanísticas (DIUR 06/2014 e DIUPE 34/2016), que regem o processo de parcelamento e foram elaboradas pela Secretaria de Estado de Gestão Territorial e Habitação – SEGETH.



São, também, propostos outros possíveis conectores viários que poderão criar uma malha urbana que objetiva facilitar as atividades de circulação na região do Jardim Botânico.

O cruzamento entre os novos eixos propostos apresenta vocação de centralidade, principalmente focada em atividades de comércio/serviços, que geram emprego e renda na própria região.

Internamente à Gleba a proposta dos eixos de conexão Sudeste / Sudoeste têm por função estruturar uma malha de ligação da área do Quinhão 16 com as áreas vizinhas. São os eixos principais do sistema, conforme mapa abaixo.

O eixo Sudoeste conecta a poligonal de trabalho com a DF-001 e, através dela, com o Lago Sul e o Plano Piloto de Brasília. Poderá conectar futuramente, também, a poligonal de trabalho com a Estrada do Sol e com a cidade de São Sebastião. O eixo leste poderá conectar a poligonal de trabalho com os parcelamentos já existentes na Região do Jardim Botânico.

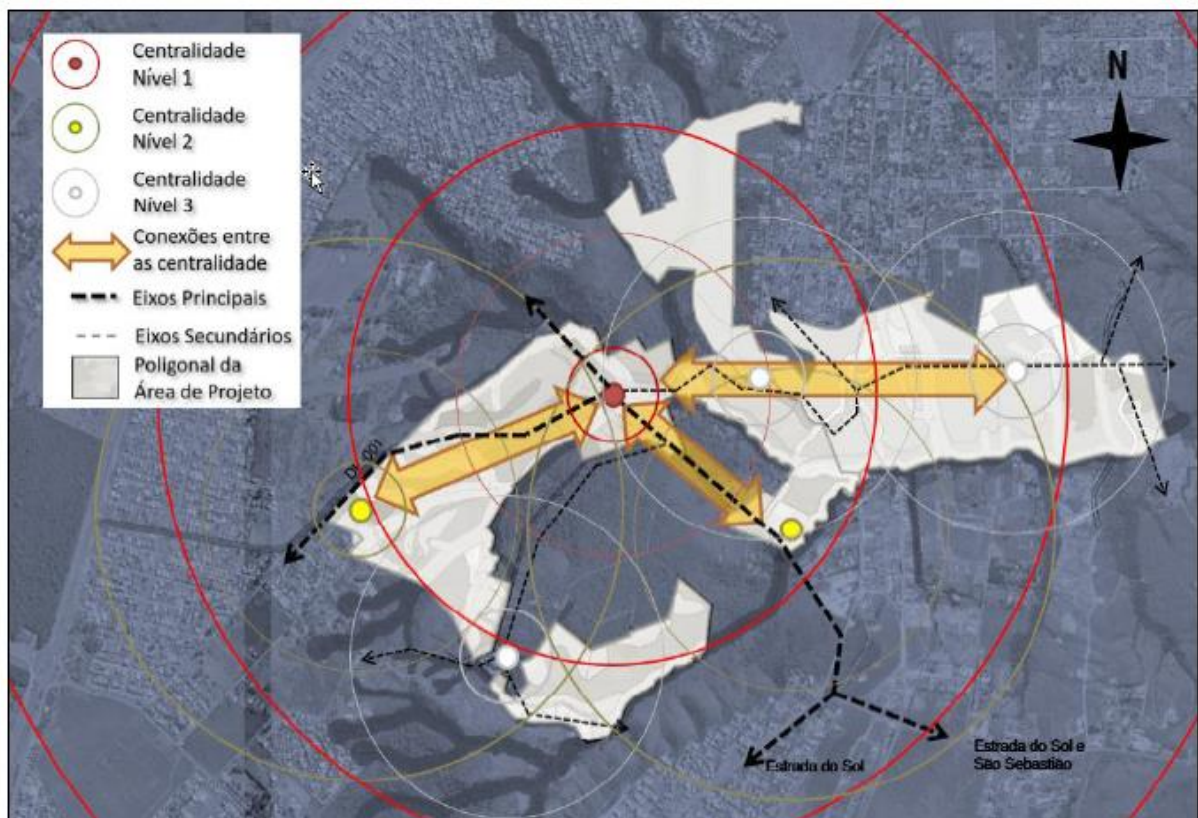


Figura 3 : Diagrama da concepção dos eixos viários e dos espaços de centralidade na poligonal de projeto.

Imagem sem escala.

O plano de uso e ocupação do solo adota, também, como princípios de concepção do parcelamento, soluções de desenho urbano que melhoram a distribuição dos usos e atividades na SHIS CL QI 09/11 Bloco D Salas 203 a 206 | Lago Sul | CEP 71.625-045 | Brasília-DF | 061 3045 4749 | [www.aria.eng.br](http://www.aria.eng.br)

*ler*

*[Assinatura]*

*[Assinatura]*

Região. Com base na estruturação da nova malha (de circulação de pessoas na RA), são propostas múltiplas centralidades distribuídas ao longo da poligonal de projeto (ver mapa acima). Tal solução induz à necessidade de implantação, ao longo dos eixos que conectam as referidas centralidades, de espaços destinados a atividades que promovam a conexão entre as centralidades. A solução concebida possibilita que essas mesmas centralidades estejam conectadas com a principal via de acesso à Gleba (DF-001) e com as vias futuras de conexão com São Sebastião.

### 3.1 Área de Influência Direta - AID

A Área de Influência Direta compreende o entorno imediato do empreendimento, suas entradas, saídas e principais interseções localizadas em um raio de 2000 metros. Abrange a DF-001 e as demais vias de ligações/locais que dão acesso ao empreendimento. Juntas, estas vias representam o maior fluxo de escoamento do setor, sendo consideradas as vias que recebem diretamente os volumes gerados pelo empreendimento. A Figura a seguir demonstra a AID do empreendimento.

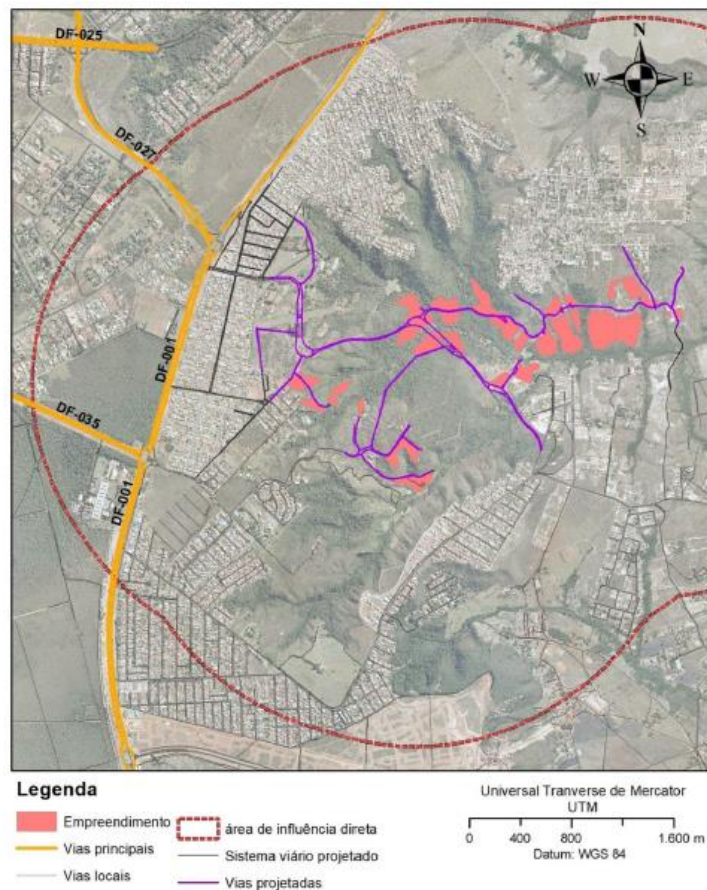


Figura 4 : Área de Influência Direta (AID)



### 3.2 Área de influência indireta - AII

A Área de Influência indireta compreende toda a área afetada pelo empreendimento, sua rede viária estendida e suas principais vias de acesso, abrangendo além das vias da AID, como também demais interseções que sofrerão impacto das viagens geradas pelo empreendimento. A seguir, demonstra a AII do empreendimento.

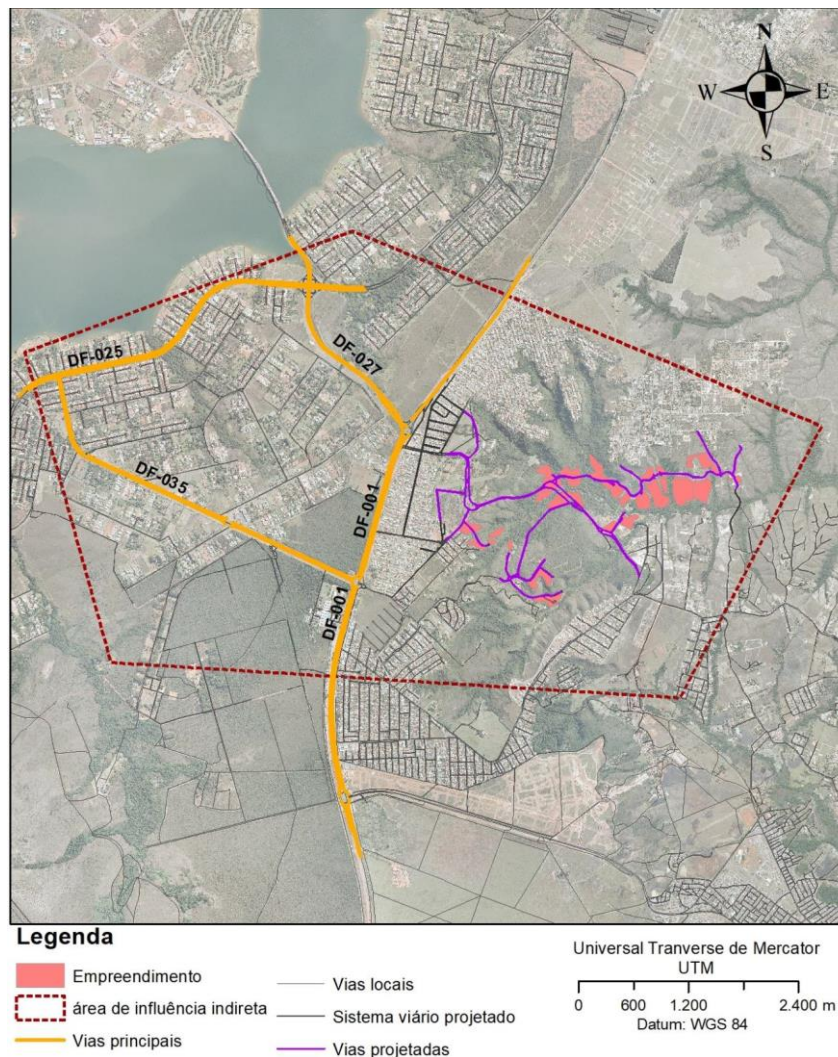


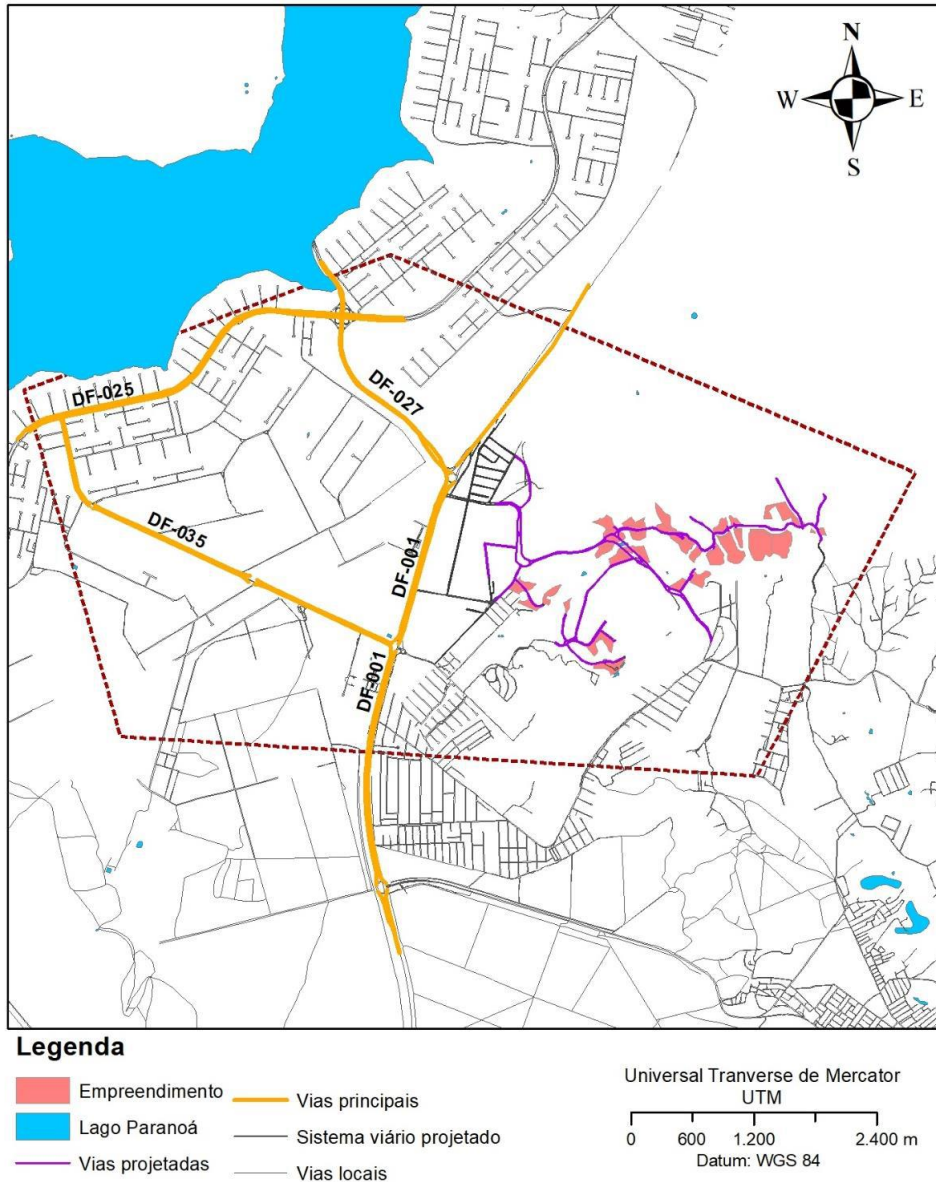
Figura 5 : Sistema viário em estudo

### 3.3 Caracterização do sistema viário em estudo

O sistema viário em estudo é composto pelas seguintes vias:

- DF-025 - EPDB;
- DF-027 - EPJK;
- DF-035 - EPCV;

- DF-001 - EPCT;



**Figura 6 : Sistema viário em estudo**

Para a definição do panorama do sistema viário da Área de Influência Direta do empreendimento foram utilizados como critérios: suas características principais, seus aspectos operacionais como hierarquia viária, número de pistas, presença ou não de pavimentação, velocidade máxima regulamentada e tipo de interseções. Também foi analisada a rede não motorizada, verificando a presença de calçadas e ciclovias e possibilidade de travessia de pedestres.

Para a classificação hierárquica das vias, foi utilizada a definição proposta pelo Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas (DNIT,2009), que classifica as vias urbanas em 4 (quatro) sistemas básicos, com características e funções distintas:

- Sistema arterial principal: formado pelas vias expressas primárias, vias expressas secundárias e vias arteriais primárias, que atende à maior parte dos deslocamentos dos veículos rodoviários, em unidades de veículo/km, considerada como estrutura básica de circulação.
- Sistema arterial secundário: formado pelas vias arteriais secundárias, que atende à maior parte dos deslocamentos dos veículos rodoviários, não incluída na estrutura básica de circulação.
- Sistema coletor: formado pelas vias coletoras, que tem a função de coletar o tráfego das ruas locais e transferi-lo às vias arteriais e vice-versa
- Sistema local: formado pelas vias locais, constituída pelas ruas de acesso às propriedades públicas e privadas

O manual também define as características de cada tipo de via dos sistemas básicos, descritas no quadro a seguir:

**Tabela 1 : Classificação das vias**

<b>Via expressa primária</b>	Via de elevada capacidade e altas velocidades, com duas pistas separadas por canteiro central, com pelo menos duas faixas de tráfego em cada sentido, com controle total de acesso e interseções em desnível.
<b>Via expressa secundária</b>	Via de capacidade e velocidade algo restritas, por ação de eventuais interseções em nível e permissão de acesso a determinados tipos de uso do solo.
<b>Via arterial primária</b>	Via de capacidade e velocidade menores que as vias expressas, com traçado sensivelmente contínuo e interseções predominantemente em nível, atendendo principalmente à mobilidade do tráfego, podendo, contudo, ser permitido o acesso a propriedades adjacentes. Redistribui o tráfego das vias expressas para os seus destinos, até o nível das arteriais secundárias.
<b>Via arterial secundária</b>	Via que complementa e interconecta as vias do sistema arterial principal, com menor nível de mobilidade que as vias arteriais primárias
<b>Via coletora</b>	Via que coleta o tráfego das vias locais e o canaliza para as vias arteriais e vice-versa
<b>Via local</b>	Via que tem como função principal prover acesso às propriedades adjacentes

Fonte: Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas (DNIT,2009)



<b>DF-001 (EPCT)</b>	
<b>Caracterização</b>	A DF 001 (Estrada Parque Contorno) é uma rodovia circular que contorna a região central do Distrito Federal. Por se tratar de um anel viário, será analisado apenas o trecho entre a via de acesso a DF 027 (EPJK) e a interseção com a DF 140.
<b>Descrição</b>	Via arterial primária, composta por duas pistas pavimentadas, com duas faixas de rolamento em cada sentido, e três faixas de rolamento com marginal no sentido Jardins Mangueiral/ 3ª Ponte (trecho entre DF 035- EPCV e DF 463), separadas por um canteiro central com aproximadamente 17 metros de largura, e velocidade máxima regulamentada de 60 Km/h. Possui interseções em nível, em rotatórias ou sinalizadas verticalmente e horizontalmente, não semaforizadas.
<b>Rede não motorizada</b>	Possui calçadas em alguns trechos das margens das pistas. Conta com ciclovia no trecho entre a DF 027 - EPJK e a DF 463. A travessia de pedestres se dá por meio de faixas de pedestres não semaforizadas.



**Figura 7 : DF-001 – Trecho com duas faixas de rolamento em cada sentido. Fonte – Google Street View**





**Figura 8 : DF-001 – Trecho com três faixas de rolamento sentido Jardim Mangueiral / Ponte JK. Fonte – Google Street View**

<b>DF 035 (EPCV)</b>	
<b>Caracterização</b>	A Estrada Parque Cabeça de Veado é a via que faz a ligação entre a DF 025 – EPDB e a DF 001 – EPCT.
<b>Descrição</b>	Via arterial secundária, composta por 2 pistas pavimentadas, com 2 faixas de rolamento em cada sentido, separadas por um canteiro central com aproximadamente 5 metros de largura e velocidade máxima regulamentada de 60 Km/h. Possui interseções em nível, em rotatórias ou sinalizadas verticalmente e horizontalmente, com e sem semaforização.
<b>Rede não motorizada</b>	Possui calçadas em alguns trechos das margens das pistas e não possui mecanismos para travessia de pedestres . Em toda sua extensão conta com acostamento ciclável em ambos os sentidos.



**Figura 9 : DF-035. Fonte – Google Street View**

<b>DF 025 (EPDB)</b>	
<b>Caracterização</b>	A Estrada Parque Dom Bosco é importante eixo de ligação entre a região sudoeste e leste do Distrito Federal. Ela se inicia na região Administrativa do Park Way e se estende ao longo da Região Administrativa do Lago Sul.
<b>Descrição</b>	No trecho em que cruza o Lago Sul é caracterizada como via arterial primária, composta por 2 pistas pavimentadas, com 2 faixas de rolamento em cada sentido, separadas por canteiro central com aproximadamente 22 metros de largura e velocidade máxima regulamentada de 70 Km/h. Possui interseções em nível, sinalizadas verticalmente e horizontalmente, com e sem sinalização semafórica; e em dois níveis, em trevo completo sobre entrada da 3ª ponte e EPIA e trevo parcial na Entrada da Ponte Costa e Silva, com alças e ligações compostas por 2 faixas de rolamento por sentido.
<b>Rede não motorizada</b>	Possui calçadas nas margens das pista. Conta com passagens de pedestres, com sinalização semafórica. Em toda a sua extensão, no trecho que cruza o Lago Sul, possui acostamento ciclável em ambas pistas.



Figura 10 : DF-025 – Ilustração da DF-025. Fonte – Google Earth

<b>DF 027 (EPJK)</b>	
<b>Caracterização</b>	A Estrada Parque Juscelino Kubitschek é importante eixo de ligação para viabilizar o fluxo de veículos da Ponte Juscelino Kubitschek para os condomínios do Lago Sul, interligando a DF-025 a DF-001.
<b>Descrição</b>	Caracterizada como via arterial primária, composta por 2 pistas pavimentadas, com 3 faixas de rolamento em cada sentido, separadas por new jersey e velocidade máxima regulamentada de 80 Km/h. Possui interseções em nível, sinalizadas verticalmente e horizontalmente, sem sinalização semafórica
<b>Rede não motorizada</b>	Possui calçadas nas margens das pista, não conta com passagens de pedestres e possui ciclovia em ambas pistas.
<b>Levantamento fotográfico</b>	



Figura 11 : DF-027 – Ilustração da DF-027. Fonte – Google Earth

#### 4 SERVIÇOS GEOTÉCNICOS EXECUTADOS

Este estudo tem por objetivo a investigação do solo, de tal forma que se obtenham as informações necessárias para a caracterização das obras de engenharia que sobre ele se apoiam, verificando as interferências ocasionadas pelas mesmas no local de implantação. Em outras palavras, as investigações geotécnicas são fundamentais para o dimensionamento e a análise da interação solo-estrutura de dispositivos de drenagem pluvial, pavimentação, obras de arte especiais, obras de contenção, etc., existentes no projeto.

Para a programação das investigações geotécnicas para o Trecho 01, visando a elaboração do projeto de pavimentação, foram executados os seguintes ensaios e sondagens distribuídos na área do do entroncamento da DF 001/DF 027:

- 16 sondagens a trado (ST) com profundidade variável de 1,50m até 6,50m ou impenetrável ao trado, numeradas de ST 01 a ST 16;
- 16 conjuntos de ensaios de caracterização (granulometria por peneiramento e limites de liquidez e de plasticidade) e determinação do suporte do subleito.

As investigações geotécnicas para o Trecho 02, visando a elaboração do projeto de pavimentação, foram executados os seguintes ensaios e sondagens distribuídos na área do do entroncamento da DF 001/DF 035:

- 10 sondagens a trado (ST) com profundidade variável de 1,50m até 6,50m ou impenetrável ao trado, numeradas de ST 17 a ST 26;
- 10 conjuntos de ensaios de caracterização (granulometria por peneiramento e limites de liquidez e de plasticidade) e determinação do suporte do subleito.

Sendo que as investigações geotécnicas para o Trecho 03, visando a elaboração do projeto de pavimentação, foram executados os seguintes ensaios e sondagens distribuídos na área do do entroncamento da DF 035/DF 025:

- 5 sondagens a trado (ST) com profundidade de até 1,50m ou impenetrável ao trado, numeradas de ST 27 a ST 31;
- 5 conjuntos de ensaios de caracterização (granulometria por peneiramento e limites de liquidez e de plasticidade) e determinação do suporte do subleito.



Assim, foram executas 31 sondagens a trado e executados para cada uma delas os ensaios de caracterização, compactação e CBR, para os Trechos 01, 02 e 03.

Para a elaboração dos projetos básicos de obras de arte especiais, foram realizadas 17 sondagens à percussão (SPT). As localizações dos pontos de sondagem a trado e de SPT podem ser visualizadas na Planta anexa.

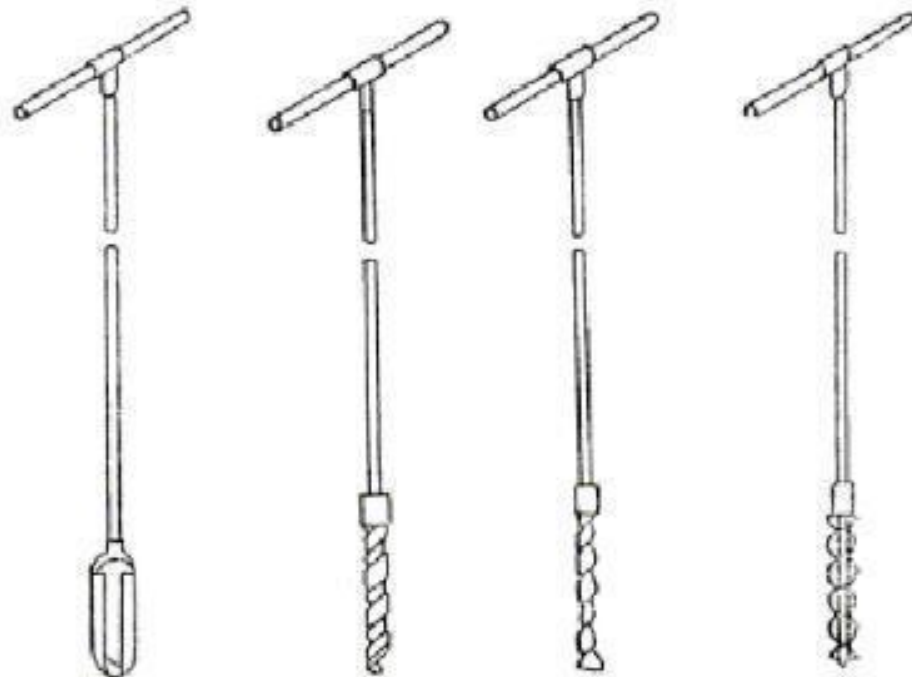
## 4.1 Metodologia

### 4.1.1 Sondagem a Trado

A Sondagem a Trado, NBR-9603 – é uma investigação geológico/geotécnica, realizada dentro dos limites impostos pelo equipamento e pelas condições do terreno. Introduzido o trado na superfície e submetendo-se manualmente a movimentos circulares contínuos, as lâminas cortantes escavam o solo e coletam no interior do amostrador as amostras deformadas de metro em metro para caracterização geológica e detecção de nível d'água.

As amostras foram organizadas por furo de sondagem e durante a realização da sondagem, os solos de uma mesma camada foram empilhados sobre lona plástica para evitar contaminação.

Esse método de investigação do solo utiliza como instrumento o trado, que podem ser espiralados (trado helicoidal ou espiralado) ou convexos (trado concha), conforme Figura 12 e demais componentes, de acordo com lista abaixo.



**Figura 12: Representação de alguns tipos de trado.**

Pela figura acima podemos observar da esquerda para a direita, um trado cavadeira, um trado torcido e dois trados helicoidais.

A aparelhagem utilizada para a execução da sondagem a trado é composta basicamente de:

- Cavadeira simples;
- Cavadeira Articulada;
- Pá;
- Picareta;
- Trado cavadeira 8”;
- Cruzetas, hastes e luvas de aço 25 mm;
- Chaves de grifo;
- Medidor de nível d’água;
- Trena 5m;
- Sacos plásticos e de lona;
- Etiquetas para identificação.

#### 4.1.2 Ensaios de Caracterização, Compactação e CBR

##### a) Análise granulométrica:

A análise granulométrica é um método utilizado para determinação do tamanho das partículas constituintes do solo. O tamanho das partículas é expresso em porcentagem em relação ao peso seco do material total.

Após a preparação da amostra, destorroamento, lavagem e secagem da amostra, o ensaio de peneiramento é realizado agitando parte da amostra de solo dentro de um conjunto de peneiras, cujo material retido é pesado. As peneiras têm malha de abertura distintas, em tamanho decrescente. Posteriormente, os valores retidos são repassados para um gráfico, no qual a abscissa é o tamanho da partícula e a ordenada é a porcentagem acumulada em cada peneira. Este gráfico é a chamada curva de distribuição granulométrica (Figura 13).

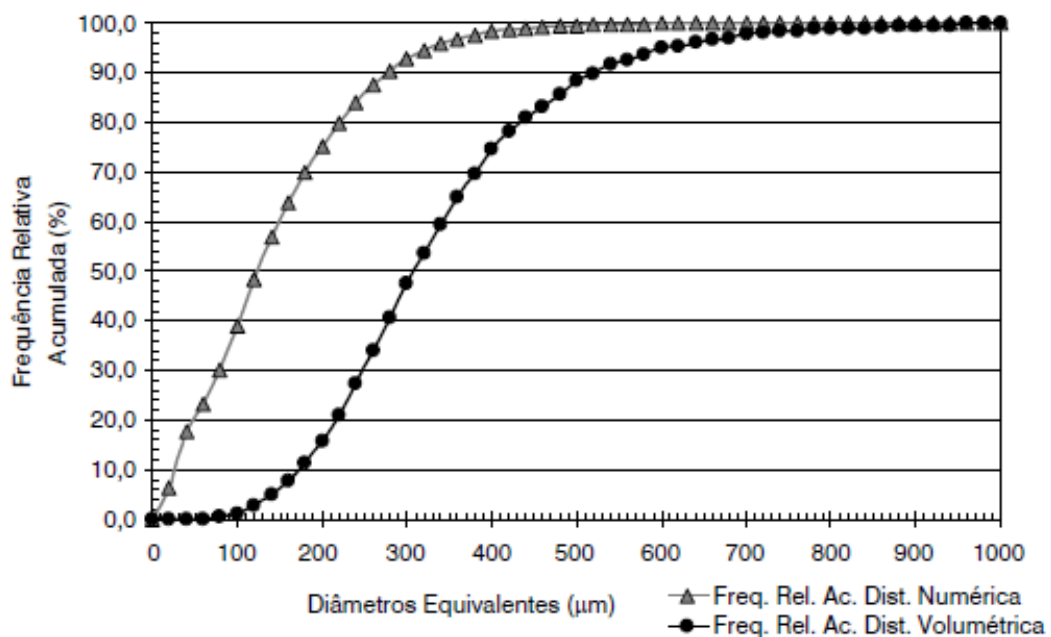


Figura 13: Curva de distribuição granulométrica - exemplo.

##### b) Índices de consistência

Define-se plasticidade como sendo a propriedade dos solos finos que consiste na maior ou menor capacidade de serem moldados sob certas condições de umidade. Segundo a ABNT/NBR 7250/82, a plasticidade é a propriedade de solos finos, entre largos limites de



umidade, de se submeterem a grandes deformações permanentes, sem sofrer ruptura, fissuramento ou variação de volume apreciável.

A influência do teor de umidade nos solos finos pode ser facilmente avaliada pela análise da estrutura destes tipos de solos. As ligações entre as partículas ou grupo de partículas são fortemente dependentes da distância. Portanto, as propriedades de resistência e compressibilidade são influenciadas por variações no arranjo geométrico das partículas. Quanto maior o teor de umidade implica em menor resistência.

A fim de avaliar as propriedades plásticas de solos granulares finos, com presença de minerais argilosos, frente a diferentes teores de umidade, empregam-se os ensaios e índices propostos por *Atterberg* e aprimorados por Casagrande. Segundo as teorias iniciais, há teores de umidade limite que foram definidos como limites de consistência ou limites de *Atterberg*.

O termo consistência se refere ao grau de resistência e plasticidade do solo, que dependem das ligações internas entre as partículas do mesmo. Os solos ditos coesivos possuem uma consistência plástica entre certos teores limites de umidade. Abaixo destes teores, eles apresentam uma consistência sólida e acima uma consistência líquida. Pode-se, ainda, distinguir entre os estados de consistência plástica e sólida, uma consistência semi-sólida.

Os teores de umidade correspondentes aos limites de consistência entre sólido e semi-sólido; semi-sólido e plástico; e plástico e líquido são definidos como limite de contração, limite de plasticidade e limite de liquidez.

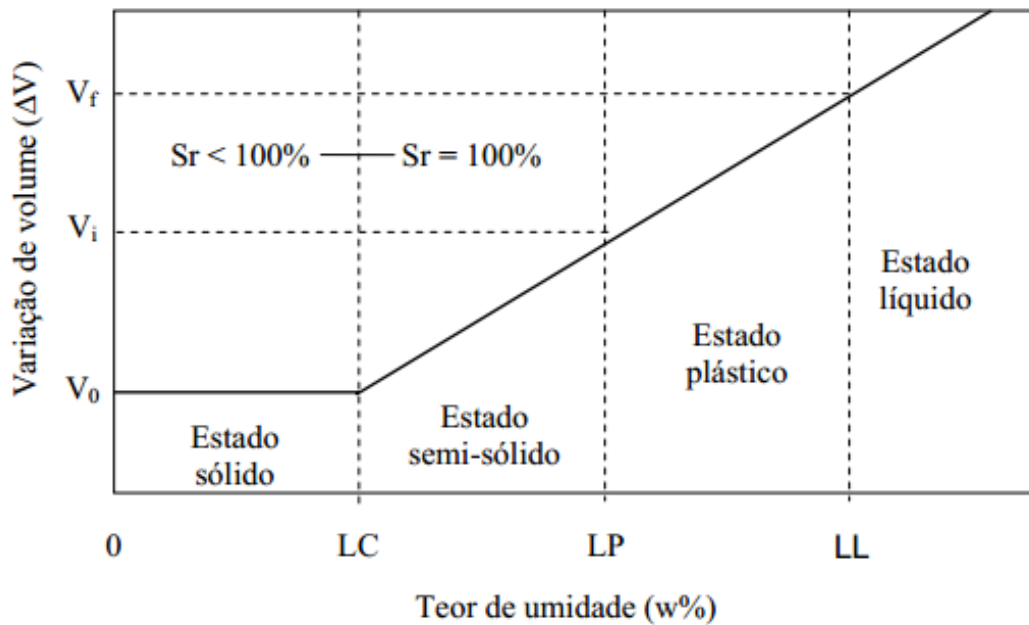


Figura 14: Limites de consistência.

O índice de plasticidade IP, representa, a grosso modo, qual a quantidade de água necessária a acrescentar em um solo para ele passe do estado plástico para o líquido e pode ser definido a partir da expressão abaixo:

$$IP = LL - LP$$

- Limite de Liquidez (LL):

No ensaio de limite de liquidez mede-se, indiretamente, a resistência ao cisalhamento do solo para um dado teor de umidade, através do número de golpes necessários ao deslizamento dos taludes da amostra. O limite de liquidez de um solo, como se comentou anteriormente, é o teor de umidade que separa o estado de consistência líquido do plástico e para o qual o solo apresenta uma pequena resistência ao cisalhamento.

O ensaio utiliza o aparelho de Casagrande, onde tanto o equipamento quanto o procedimento são normalizados (ABNT/NBR 6459/82). O aparelho de Casagrande, é formado por uma base dura (ebonite), uma concha de latão, um sistema de fixação da concha à base e um parafuso excêntrico ligado a uma manivela que movimentada a uma velocidade constante, de duas rotações por segundo, elevará a concha a uma altura padronizada para, na sequência,

deixá-la cair sobre a base. Um cinzel (gabarito), com as dimensões mostradas na mesma Figura 15 completa o aparelho.

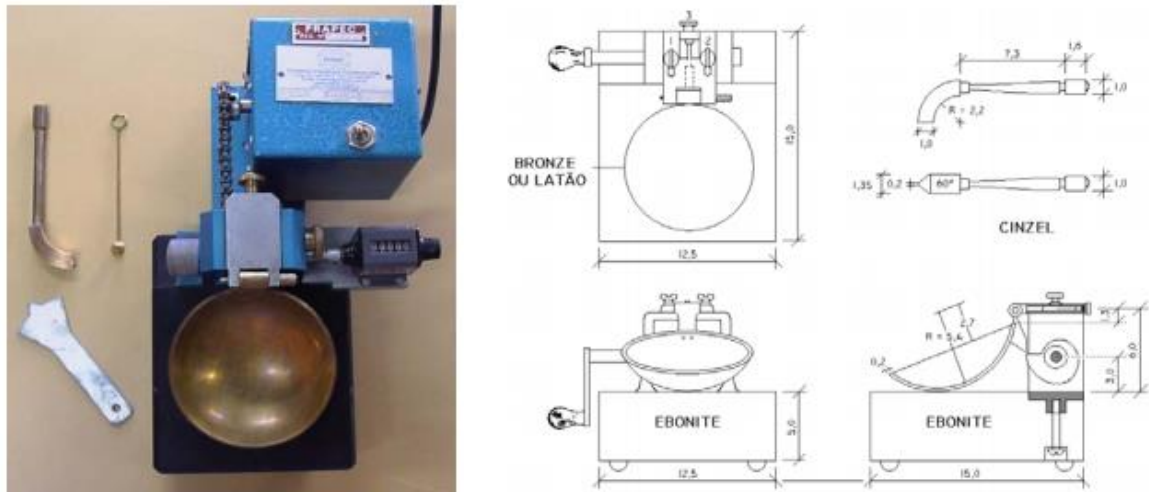


Figura 15: Aparelho de Casagrande.

O solo utilizado no ensaio é a fração que passa na peneira de 0,42mm (# 40) de abertura e uma pasta homogênea deverá ser preparada e colocada na concha; utilizando o cinzel, deverá ser aberta uma ranhura, conforme mostrado na Figura 16. Conforme a concha vai batendo na base, os taludes tendem a escorregar e a abertura na base da ranhura começa a se fechar. O ensaio continua até que os dois lados se juntem, longitudinalmente, por um comprimento igual a 10,0 mm, interrompendo-se o ensaio nesse instante e anotando-se o número de golpes necessários para o fechamento da ranhura, como se observa na Figura 16.

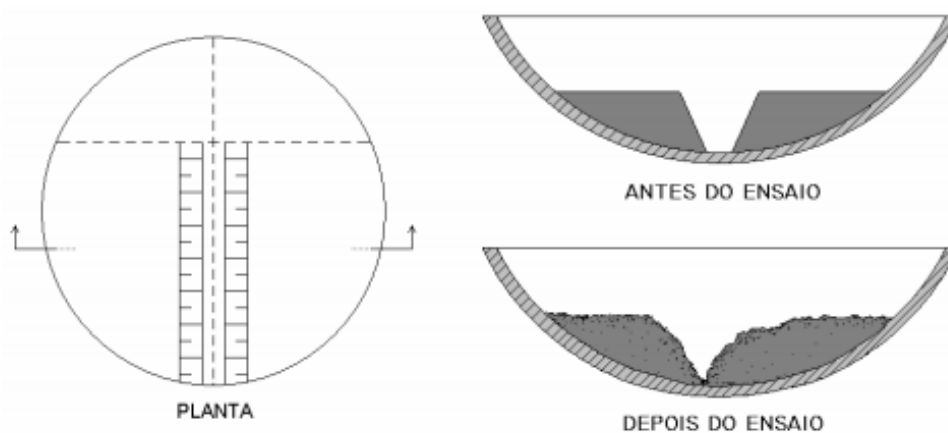


Figura 16: Amostra antes e depois do ensaio.

Retirando-se uma amostra do local onde o solo se uniu determina-se o teor de umidade, obtendo-se assim um par de valores, “teor de umidade x número de golpes”, que definirá um ponto no gráfico de fluência. A repetição deste procedimento para teores de umidade diversos permite construir o gráfico abaixo. Convencionou-se, que no ensaio de Casagrande, o teor de umidade correspondente a 25 golpes, necessários para fechar a ranhura, é o limite de liquidez.

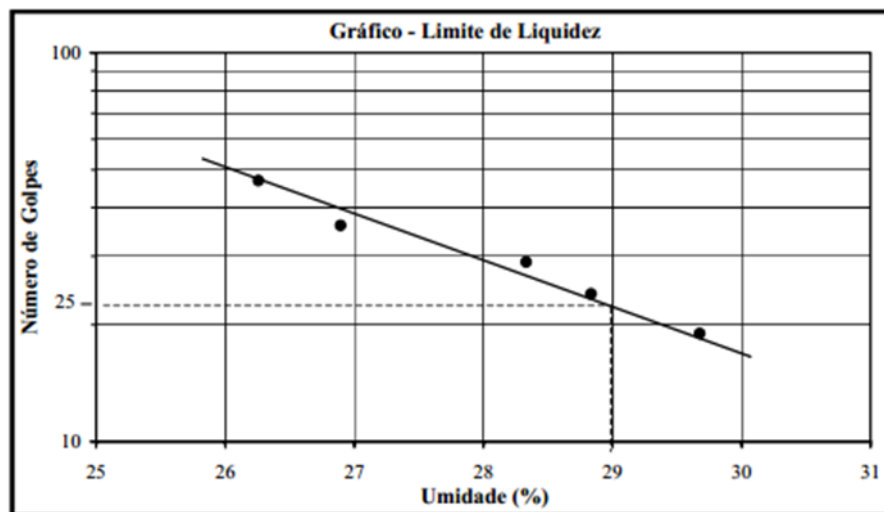


Figura 17: Gráfico para a determinação do LL.

- Limite de Plasticidade (LP):

O limite de plasticidade corresponde a um teor de umidade do solo que, para valores menores do que ele, as propriedades físicas da água não mais se igualam às da água livre. Em outras palavras, é o teor de umidade mínimo, no qual a coesão é pequena para permitir deformação, porém, suficientemente alta para garantir a manutenção da forma adquirida.

O equipamento necessário à realização do ensaio é muito simples; tendo-se, apenas, uma placa de vidro com uma face esmerilhada e um cilindro padrão com 3mm de diâmetro, conforme Figura 18. O ensaio consiste em rolar sobre a face esmerilhada da placa uma amostra de solo com um teor de umidade inicial próximo do limite de liquidez, até que, duas condições sejam, simultaneamente, alcançadas: o rolinho tenha um diâmetro igual ao

do cilindro padrão e o aparecimento de fissuras (início da fragmentação). O teor de umidade do rolinho, nesta condição, representa o limite de plasticidade do solo. O ensaio é normalizado pela NBR 7180/82.

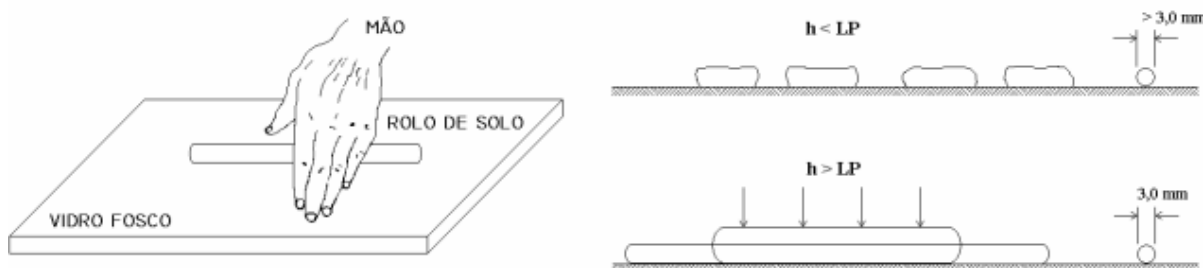


Figura 18: Ensaio de Limite de Plasticidade.

c) Compactação e Índices de Suporte Califórnia (ISC):

A capacidade de suporte de um solo compactado pode ser medida através do método do índice de suporte, o “Índice de Suporte Califórnia - ISC” (do inglês California Bearing Ratio - CBR), idealizado pelo engenheiro O. J. Porter, em 1939, no estado da Califórnia - USA. Neste estudo, os procedimentos adotados seguiram as diretrizes da norma NBR 9895 – Índice de Suporte Califórnia.

O ensaio consiste na determinação da relação entre a pressão necessária para produzir uma penetração de um pistão num corpo de prova de solo, e a pressão necessária para produzir a mesma penetração numa mistura padrão de brita estabilizada granulometricamente. Essa relação é expressa em porcentagem. O ensaio pode ser realizado moldando-se corpos de prova para o ensaio de compactação (em teores de umidade crescentes), com posterior ensaio de penetração desses mesmos corpos de prova, obtendo-se simultaneamente os parâmetros de compactação e os valores do ISC.

Usa-se um cilindro grande de diâmetro igual a 152 mm; altura total de 177,8 mm; disco espaçador com altura = 50,8 mm; altura efetiva de 127 mm.

Procedimento para o ensaio de moldagem de um corpo de prova (CP):

- Moldagem do corpo de prova será realizada por meio de compactação em 5 camadas, sendo moldado 5 corpos de prova para obtenção da curva de peso específico seco x umidade. Após a homogeneização de cada amostra deve ser retirada amostras do solo, para determinação do teor de umidade em que foi realizada a compactação; terminada a compactação, retirar o colar, rasar a amostra pela borda superior do cilindro de compactação, retirar a base circular e o disco espaçador e pesar o conjunto cilindro mais amostra compactada;
- Determinação da expansão: o cilindro contendo a amostra compactada deve ser fixado à base circular, deixando-se o espaço deixado pelo disco espaçador na parte superior; colocar sobrecarga; adaptar tripé com extensômetro; imergir o conjunto em água, por quatro dias; nível da água deve ficar 1 cm acima do bordo superior do cilindro; o extensômetro e a haste do disco perfurado devem ser ajustados de tal maneira que a leitura inicial seja de 1,00 mm, para que possa ser acusada retração, caso ocorra; após 4 dias, realizar a leitura final da expansão;

Procedimento para o ensaio de penetração:

- Recolocar os anéis de sobrecarga no cilindro contendo o corpo de prova;
- Levar o conjunto para o prato da prensa e centralizar, de modo que o eixo da prensa caia perfeitamente no centro dos orifícios dos anéis de sobrecarga;
- Deslocar o pistão e o prato da prensa, de modo que a ponta do pistão toque a superfície do corpo de prova e faça sobre este uma pressão equivalente à carga total de 5 Kgf;
- Ajustar o extensômetro para medida do deslocamento, com leitura inicial igual a zero e mantendo-se a haste do extensômetro na vertical;
- Realizar a penetração com velocidade de 1,25 mm/min;
- Efetuar leituras de deformação do anel, que forneçam as cargas correspondentes às penetrações de 0,63; 1,25; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0 e 12,5 mm;

Curva de penetração: com os valores de carga e penetração, pode-se traçar uma curva, colocando-se no eixo das ordenadas os valores de carga (kgf) e no eixo das abscissas, os valores de penetração (mm), Figura 19.

### Curva Pressão - Penetração

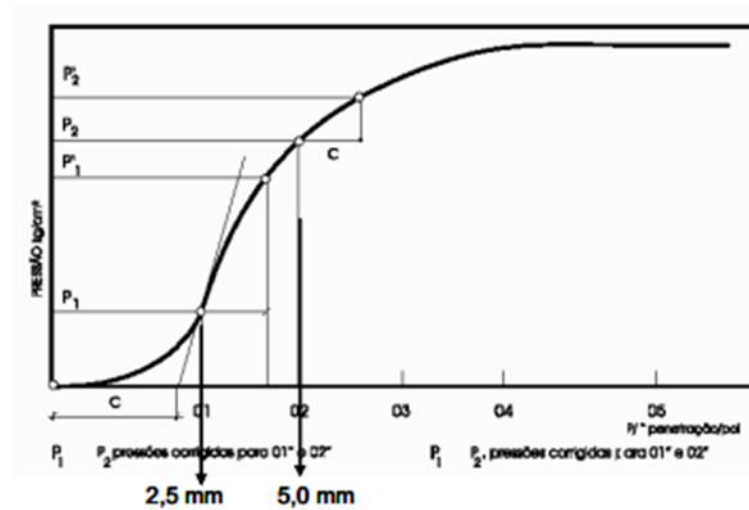


Figura 19: Curva de Pressão – Penetração, ensaio ISC.

O ISC é calculado, em porcentagem, para cada corpo de prova, da seguinte forma:

$$ISC = \frac{\text{pressão calculada ou pressão corrigida}}{\text{pressão padrão}}$$

Adota-se para o índice ISC o maior dos valores obtidos para as penetrações de 0,1” (2,5 mm) e 0,2” (5,0 mm).

#### 4.1.3 Ensaios de SPT

A sondagem a percussão (“Standard Penetration Test” - SPT), conhecida também como Teste de Penetração Padrão é muito usada para conhecer o subsolo, fornecendo subsídios indispensáveis para escolher o tipo de fundação. Consiste em um estudo geotécnico de campo que permite visualizar as características físicas do perfil do terreno por meio de amostras deformadas coletadas em diversas profundidades. Além disso, ela também permite medir a resistência a penetração do solo na medida em que as camadas são perfuradas e identificação do lençol freático.

As diretrizes para a execução de sondagens são regidas pela NBR 6484, "Execução de Sondagens de Simples Reconhecimento".

A sua execução consiste na montagem de um tripé, que tem na sua parte superior uma roldana acoplada. O conjunto, tripé, roldana e cordas, auxiliam no levantamento de peso de 65 kg (martelo), que depois cai em queda livre de uma altura de 75 cm para fazer penetrar o amostrador padrão no solo. A Figura 20, mostra de forma esquemática a montagem do equipamento.

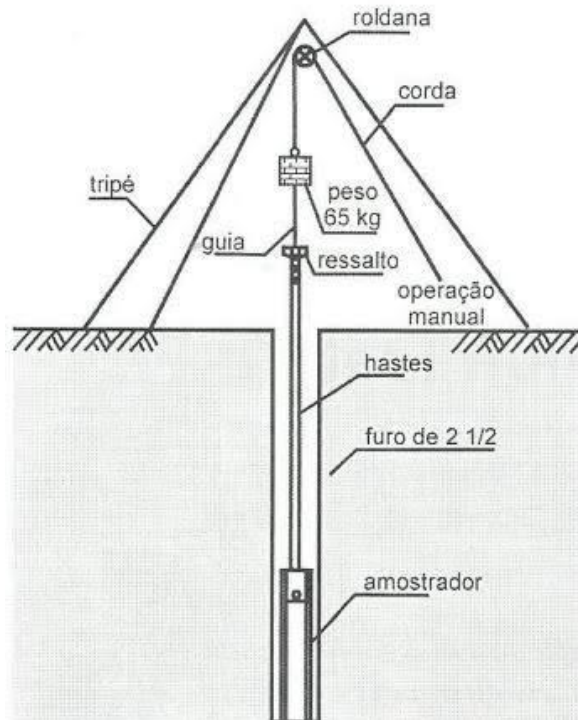


Figura 20: Representação esquemática de um ensaio de SPT.

O ensaio de SPT é executado a cada metro ou na transição de cada camada. O Número de Golpes (N) foi determinado para se fazer penetrar 30 cm do Barrilete Amostrador, após uma penetração inicial de 15 cm. Valores de penetração diferentes de 30 cm estão indicados nos laudos de sondagem. Os dados do Barrilete Amostrador e do Pilão estão especificados nos laudos.

Quando retirado o amostrador do furo, é recolhida e acondicionada uma amostra extraída do “bico” do amostrador. Quando observada mudança de tipo de solo ao longo do amostrador, a parte que as caracteriza também deve ser armazenada e identificada. As amostras extraídas são referenciadas em relação à superfície do terreno, conforme laudos anexos. Elas são classificadas e mantidas em laboratório por um período de 30 dias. A



Classificação táctil-visual indica o tipo de solo, a cor, a plasticidade, a umidade aproximada, o índice de consistência para solos argilosos, siltosos e silte argiloso, ou seja, para aqueles que apresentam plasticidade, e o grau de compactidade para solos arenosos e silte arenosos, ou seja, para aqueles não plásticos. A seguir apresenta-se os estados de compactidade e consistência, de acordo com a Norma NBR 6484/2001.

**Tabela 2: Estados de compactidade e de consistência dos solos, segundo a NBR 6.484 / 2001.**

Solo	Índice de resistência à penetração (N)	Designação <sup>(1)</sup>
Areias e siltes arenosos	≤ 4	Fofa (o)
	5 a 8	Pouco compacta (o)
	9 a 18	Medianamente compacta (o)
	19 a 40	Compacta (o)
	> 40	Muito compacta (o)
Argilas e siltes argilosos	≤ 2	Muito mole
	3 a 5	Mole
	6 a 10	Média (o)
	11 a 19	Rija (o)
	> 19	Dura (o)
<p>(1) As expressões empregadas para a classificação da compactidade das areias (fofa, compacta, etc.), referem-se à deformabilidade e resistência destes solos, sob o ponto de vista de fundações, e não devem ser confundidas com as mesmas denominações empregadas para a designação da compactidade relativa das areias ou para a situação perante o índice de vazios críticos, definidos na Mecânica dos Solos.</p>		

Conforme descrito acima, a sondagem avança em profundidade, medindo-se a resistência do solo a cada metro e retirando-se do amostrador, as amostras do tipo de solo atravessado.

De suma importância para o projeto e execução de uma obra é a determinação do nível d'água. Quando ocorrer, interrompe-se o trabalho e anota-se a sua profundidade.

## 5 RESULTADOS

A seguir traremos um resumo dos resultados encontrados em cada tipo de ensaio realizado, informando os principais detalhes observados, como presença de nível d'água, profundidade que se atingiu o impenetrável, coeficientes obtidos nos ensaios e outras características importantes. As coordenadas dos pontos de ensaio podem ser verificadas na planta de sondagens em anexo.

### 5.1 Resultado das Sondagens a Trado

O Boletim de Sondagem em anexo apresenta a classificação tátil visual, identificação de nível d'água, se encontrado, ou de material impenetrável ao trado e a alavanca de cada sondagem a trado realizada.

A caracterização tátil visual descritiva constante do Boletim de Sondagem mostra que em sua maioria o material do terreno é composto por uma camada de material areno-siltoso pouco pedregulhoso nas camadas mais superficiais, em seguida predomina uma areia siltosa, principalmente para os Trechos 01 e 02. Para o Trecho 03, há predominância de material com características argilosa. Em alguns pontos foi identificado na camada mais superficial a presença de argila arenosa, principalmente para os pontos 13 a 16.

### 5.2 Resultados dos ensaios de Caracterização e CBR

Os ensaios de caracterização foram realizados com o material coletado pelas sondagens a trado realizadas ao longo do sistema viário. Vale ressaltar que para cada uma das sondagens foi coletada uma amostra deformada e realizados os ensaios de: Compactação, CBR, Expansão, Granulometria por Peneiramento e Limites de Liquidez e Plasticidade. Salientamos que para a coleta das amostras foi desconsiderada a camada mais superficial do terreno.

As granulometrias por peneiramento permitem o conhecimento da textura e da dimensão dos grãos e do percentual das argilas e dos siltes. Já os limites de liquidez e de plasticidade propiciam o conhecimento do comportamento da parte dos solos finos da amostra com a variação de umidade, sendo possível observar a plasticidade dos solos finos que compõem a amostra.

A seguir, na Tabela 2 visualizamos os resultados dos ensaios de granulometria, de limites, de compactação e de CBR. Na tabela podemos observar a classificação do material pelo método Highway Research Board – HRB.

Quando analisamos as granulometrias dos materiais ensaiados, visualizamos que o material foi predominantemente composto por areno-argiloso pouco pedregulhoso e pouco argiloso, para os Trechos 01 e 02. Enquanto no Trecho 03, predomina de modo geral um solo fino, sendo classificado como uma argila pouco arenosa, pouco pedregulhosa.

Com relação aos índices físicos de limites de liquidez e de plasticidade, verificamos que o material em quase sua totalidade é considerado não plástico, haja vista que os resultados de índice de plasticidade apresentaram valores abaixo de 10%, para os Trechos 01 e 02 e um material com maior plasticidade para o Trecho 03. Nas amostras deformadas também foram realizados os ensaios de compactação para conhecermos os parâmetros de umidade ótima destes solos e medir a densidade máxima compactada seca, compactadas na energia Proctor Normal.

Para os ensaios de compactação e de CBR, verificamos que a umidade ótima de compactação média é de 20,0% e densidade máxima média de 1581 kg/m<sup>3</sup>, estes valores são condizentes com os observados em solos areno-siltosos pouco pedregulhosos a pouco argilosos. Com relação a expansão, nota-se que os pontos apresentam valor menor que 0,5%.

Tabela 3: Resumo dos resultados dos ensaios de caracterização, compactação e CBR.

DESCRICAO	N.A	UMID. OTIMA (%)	DEN. MAXL COMPACTADA (kg/m3)	EXP (%)	IS C (%)	PASSA P. 10	PASSA P. 40	PASSA P. 200	LL	IP	HRB GRUPO
CBR-01	-	12,10	1861	0,25	8,20	66,90	60,14	42,95	23,30	NP	A - 6
CBR-02	-	23,20	1518	0,04	8,20	97,69	89,90	57,29	20,90	NP	A - 6
CBR-03	-	15,00	1782	0,17	9,00	67,50	58,55	46,49	27,20	NP	A - 6
CBR-04	-	10,4	1548	0,02	8,40	99,32	85,69	44,30	18,50	8,50	A - 4
CBR-05	-	21,50	1657	0,02	9,80	93,49	88,08	52,17	20,20	NP	A - 6
CBR-06	-	9,50	1848	0,07	10,70	70,95	65,40	29,90	17,10	NP	A - 2- 6
CBR-07	-	13,00	1778	0,02	12,20	66,02	59,24	28,28	20,20	NP	A - 2- 6
CBR-08	-	24,70	1496	0,02	8,00	81,23	72,93	11,92	16,80	NP	A - 2- 6
CBR-09	-	15,10	1811	0,33	8,00	73,53	64,84	52,58	26,50	NP	A - 6
CBR-10	-	16,30	1602	0,01	11,30	97,83	94,33	19,26	19,20	NP	A - 2- 6
CBR-11	-	11,00	1615	0,00	8,60	97,45	93,40	18,08	12,60	NP	A - 2- 6
CBR-12	-	14,20	1603	0,03	7,90	99,48	94,73	36,38	21,80	NP	A - 6
CBR-13	-	23,90	1450	0,10	7,20	99,26	93,89	65,59	35,50	9,40	A - 4
CBR-14	-	24,10	1449	0,16	8,90	99,65	95,32	55,60	28,70	7,80	A - 4
CBR-15	-	23,50	1428	0,19	7,10	99,54	95,73	64,52	34,10	11,30	A - 6
CBR-16	-	22,40	1518	0,04	12,10	96,94	88,49	55,45	32,70	10,30	A - 4
CBR-17	-	14,80	1773	0,20	9,00	84,59	78,49	51,85	24,90	6,60	A - 4
CBR-18	-	13,00	1790	0,30	8,70	73,87	60,39	43,85	28,20	NP	A - 6
CBR-19	-	17,00	1694	0,17	8,20	72,85	68,05	58,84	33,30	9,80	A - 4
CBR-20	-	14,90	1700	0,03	8,50	98,20	93,45	40,75	21,60	6,10	A - 4
CBR-21	-	25,60	1420	0,20	7,80	97,83	92,03	78,50	38,70	14,70	A - 6
CBR-22	-	17,10	1650	0,24	7,60	89,43	85,52	57,20	30,70	10,20	A - 4
CBR-23	-	26,00	1500	0,16	8,90	93,06	88,98	71,29	36,60	13,30	A - 6
CBR-24	-	17,00	1663	0,21	8,00	88,07	83,58	43,10	24,00	5,40	A - 4
CBR-25	-	18,70	1628	0,07	9,60	91,11	87,78	53,63	23,50	7,20	A - 4
CBR-26	-	15,60	1633	0,06	8,70	97,73	90,99	31,84	12,40	NP	A - 2- 6
CBR-27	-	30,90	1315	0,15	7,40	98,35	92,63	76,88	45,80	9,50	A - 5
CBR-28	-	30,90	1315	0,15	7,40	72,35	63,56	52,41	45,50	10,80	A - 5
CBR-29	-	29,30	1338	0,21	8,00	95,81	89,26	68,94	41,20	11,60	A - 7- 6
CBR-30	-	29,50	1311	0,22	7,00	99,44	93,79	76,80	45,10	15,40	A - 7- 6
CBR-31	-	30,90	1332	0,15	7,50	98,81	87,30	69,48	42,70	12,80	A - 7- 6

A coleta das amostras e os ensaios realizados seguiram as prescrições das especificações técnica vigentes, as determinações do projeto e as recomendações da fiscalização. Segue abaixo a relação das principais especificações técnicas adotadas para a execução dos ensaios.

- Solos - Compactação utilizando amostras não trabalhadas – NORMA DNIT 164/2013 - ME;
- Solos - massa específica aparente "in situ" com frasco de areia DNER-ME 092/94;
- Solos - determinação do teor de umidade - DNER-ME 213/94;
- Solos - Índice de suporte califórnia NORMA DNIT 172/2016 - ME;

- Solos - determinação do limite de liquidez - DNER-ME 122/94;
- Solos - determinação do limite de plasticidade - DNER-ME 82/94;
- Solos - análise granulométrica por peneiramento - DNER-ME 80/94.

### 5.3 Resultados dos ensaios de SPT

Estão descritas a seguir as 17 sondagens SPT executadas para atender aos projetos de obras de arte especiais (OAEs) e de fundações para os Trechos 01 e 02, entroncamentos da DF 001/Df 027 e da DF 001/DF 035, respectivamente. Sendo os furos SPT 01 a SPT 05 realizados no local do Trecho 01 e os pontos de SPT 06 a 17, para o Trecho 02. Em anexo apresentamos os Boletins de Sondagem à percussão. Salientamos que nas sondagens SPT, o término da sondagem se dá quando o número de golpes necessários para penetrar um intervalo de 15 cm do amostrador padrão é maior do que 30.

Para as sondagens SPT 01 a SPT 17, constatamos que estas apresentam baixa consistência/compacidade inicialmente, variando de MUITO MOLE a POUCO COMPACTA, em seguida resistência à penetração crescente com o avanço da profundidade.

Evidenciamos que nestas sondagens não identificamos materiais com a presença de argila com fragmentos vegetais, ou seja, não foi constatado material do tipo turfa.

Verificamos também que o impenetrável para os pontos de SPT, executados no Trecho 01, variou de 7,25m a 16,32m. Enquanto que para o Trecho 02, o intervalo de profundidade onde ocorreu o impenetrável está entre 10,08m a 19,25m. Além disso, para estes furos, foi constatada a presença de nível d'água em vários pontos e em diversas profundidades, conforme apresentado na Tabela 03.

**Tabela 3: Relação, Profundidade Impenetrável x Nível D'água das sondagens SPT.**

Sondagem	Profundidade Impenetrável (m)	N.A. (m)	Local
SPT 01	16,32	11,58	TRECHO 01
SPT 02	15,26	12,70	
SPT 03	13,33	-	
SPT 04	7,25	-	
SPT 05	11,34	-	
SPT 06	19,25	13,71	TRECHO 02
SPT 07	16,45	14,01	
SPT 08	16,45	14,38	
SPT 09	11,22	-	
SPT 10	10,21	-	
SPT 11	14,23	12,59	
SPT 12	16,24	12,85	
SPT 13	16,23	12,35	
SPT 14	16,35	12,98	
SPT 15	16,38	12,49	
SPT 16	10,08	-	
SPT 17	12,10	-	

Nos casos em que as sondagens apresentarem impenetrável em profundidades menores que 3,00 metros, são realizadas novas sondagens deslocando cerca de 2,00 metros do ponto inicial. Contudo, nos pontos ensaiados não houve necessidade de realização de sondagens de confirmação.

39



## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com relação à descrição tátil visual dos materiais e das profundidades das sondagens, apresentadas no Boletim de Sondagem em anexo, verificamos que em alguns pontos a sondagem avança até a profundidade de 6,50m. Quando da execução das obras, nestes pontos em corte, e considerando os resultados dos ensaios de caracterização e de CBR, será realizada campanha de sondagens adicionais e de ensaios, com incorporação da cal em vários percentuais em massa, visando a utilização deste material na camada de sub-base do pavimento.

Com relação aos projetos de escavação para execução das OAEs e com base nos 17 ensaios de SPT, inferes-se que para a escavação da ordem de 5,0m de profundidade os materiais apresentam consistência/compacidade variando de MOLE a MEDIANAMENTE COMPACTA. Tal fato evidencia que não será preciso estimar algum percentual de material de 2ª ou de 3ª categoria quanto classificação de resistência ao processo de escavação destes materiais.

Salientamos que tanto para o Trecho 01 como para o Trecho 02, foram verificadas que várias sondagens do tipo SPT o lençol freático foi alcançado, sendo de suma importância a sua análise na definição do tipo de fundação para as Obras de Artes Especiais-OAE, ou no processo de escavação, seja para as redes de drenagem pluvial ou para os locais em corte.

Sugere-se que tais informações sejam avaliadas pelos projetistas de suas respectivas áreas, ou seja, de fundação, de estabilidade de taludes, de drenagem pluvial ou de geometria, para a concepção final do estudo.

## 7 REFERÊNCIAS

PINTO, C.S. **Curso Básico de Mecânica dos Solos**. 3ed., Oficina de Textos, São Paulo: 2006.

DAS, B.M. **Fundamentos de Engenharia Geotécnica**. 7ed., Cengage Learning, São Paulo: 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 6459 – **Determinação do limite de liquidez dos solos – Método de ensaio**.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 6484 – **Execução de Sondagens de Simples Reconhecimento dos Solos – Método de Ensaio**.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 7180 – **Determinação do limite de Plasticidade de Solos – Método de ensaio**.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 7181 – **Análise Granulométrica de Solo – Método de ensaio**.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 7182/86 – **Solo: Ensaio de Compactação**. Rio de Janeiro, 1986. 10 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6508/84 – **Solo: Determinação da Massa Específica Aparente**. Rio de Janeiro, 1984 d. 8 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGENS. **Ensaio de Análise granulométrica** - DNER-ME 080/94.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGENS. **Ensaio de Compactação utilizando amostras não trabalhadas** - DNER-ME 129/94.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGENS. **Ensaio de Limite de liquidez**. DNER-ME 122/94.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGENS. **Ensaio de Limite de Plasticidade** - DNER-ME 082/94.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **IPR 726 - Diretrizes Básicas Para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários Escopos Básicos/Instruções De Serviço** - DNIT, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGENS. **Índice de suporte Califórnia** - DNER-ME 049/94.

EMBRAPA (1999) **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. EMBRAPA - Solos (Rio de Janeiro), Brasília, DF, 412 p.

Termo de Referência da NOVACAP para Elaboração de Projetos de Pavimentação, 2012.

## 8 ANEXO 01 - BOLETIM DE SONDAAGEM A TRADO



43



## 9 ANEXO 02 - RESULTADO DOS ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO



## 10 ANEXO 03 – PLANTAS DE LOCALIZAÇÃO DOS ENSAIOS



45

