

Título Manual de Projetos da SANEAGO | 11.01 Investigações e Estudos Geotécnicos**Objetivo** Manual de Projetos da SANEAGO**Aplicação** SANEAGO**DIRETORIA DE EXPANSÃO (DIEXP)****SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS E PROJETOS (SUESP)****GRUPO 11 – PROJETO GEOTÉCNICO****MÓDULO 11.01 – INVESTIGAÇÕES E ESTUDOS GEOTÉCNICOS****Sumário**

1 - Apresentação.....	3
2 - Referências Normativas a Consultar.....	3
3 - Definições.....	4
4 - Considerações Iniciais.....	6
5 - Metodologia para Reconhecimento do Solo.....	7
5.1 - Anteprojeto.....	7
5.1.1 - Estudo das Áreas de Implantação.....	7
5.1.2 - Caracterização Preliminar das Áreas de Movimentação na Região de Implantação.....	7
5.1.3 - Áreas de Empréstimo (Jazidas) e <i>Destinação de Resíduos</i>	8
5.1.3.1 - Obras Predominantemente de Terra.....	8
5.1.3.2 - Demais Obras.....	9
5.2 - Projeto Básico.....	9
5.2.1 - Obras Localizadas.....	9
5.2.2 - Estrutura de CONTENÇÃO.....	11
5.2.3 - Taludes Permanentes.....	12
5.2.4 - Travessias Aéreas.....	13
5.2.5 - Travessias Enterradas.....	13
5.2.6 - Obras Lineares.....	14
5.2.7 - Redes de Distribuição de Água e Redes Coletoras de Esgoto.....	15
5.2.8 - Obras Predominantemente de Terra.....	16
5.2.8.1 - Lagoas de Estabilização.....	16
5.2.8.2 - Avaliação do Sistema de Impermeabilização de Lagoas Existentes.....	17
5.2.8.3 - Acessos Definitivos (Terraplenagem).....	18
5.2.8.4 - Barragens de Pequeno Porte.....	18
5.2.8.5 - Desvio de Rio.....	20
5.2.8.6 - Demais Obras de Terra.....	20
5.2.9 - Jazidas de Empréstimos de Solo.....	21

5.3 - Projeto Executivo (Concomitantemente à Execução de Obra).....	22
6 - Barragem.....	23
7 - Uso de Dados Históricos para Classificação dos Solos.....	23
7.1 - Ensaios Realizados em Estudos e Projetos Existentes.....	23
7.2 - Dados de Medições de Obras Executadas.....	23
8 - Classificação e Transporte de Solos.....	24
9 - Nomenclatura dos Pontos de Ensaio.....	24
10 - Conteúdo dos Documentos.....	27
10.1 - Plano de Investigação Geotécnica (PIG).....	27
10.1.1 - Memorial Descritivo.....	27
10.1.2 - Desenhos.....	27
10.2 - Relatório de Investigação Geotécnica (RIG).....	28
10.2.1 - Relatório de Ensaio.....	28
10.2.2 - Desenhos.....	30
11 - Referências Bibliográficas.....	31
12 - Considerações Finais.....	32
13 - Controle de Revisões.....	33
Apêndice 1 – Modelo de Boletim de Sondagem A PERCUSSÃO.....	34

1 - APRESENTAÇÃO

Este Módulo, denominado Investigações e Estudos Geotécnicos, aponta, em termos gerais, os estudos que devem ser realizados, os quantitativos mínimos de ensaios, as normas a serem consultadas e o conteúdo indispensável contido nos documentos entregues para a identificação e classificação do solo no âmbito da SANEAGO. Ressalta-se que os estudos, projetos e documentos produzidos não se limitam ao que aqui é apresentado, podendo ser complementados conforme necessário.

2 - REFERÊNCIAS NORMATIVAS A CONSULTAR

As principais referências para os serviços instruídos por este documento estão relacionadas a seguir. Salienta-se que a relação apresentada não exclui a necessidade de consulta e atendimento de outros documentos normativos relacionados e legislação pertinentes.

- Manual de Projetos da SANEAGO;
- IN00.0444: Definição, orçamentação e controle de distância de jazidas e áreas de descarte ou bota-foras;
- ABNT NBR 8044: Projeto geotécnico – Procedimento;
- ABNT NBR 6502: Solos e rochas – Terminologia;
- ABNT NBR 9604: Abertura de poço e trincheira de inspeção em solo, com retirada de amostras deformadas e indeformadas – Procedimento;
- ABNT NBR 9603: Sondagem a trado – Procedimento;
- ABNT NBR 6484: Solo – Sondagem de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio;
- **ABNT NBR 8036: Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios;**
- ABNT NBR 9820: Coleta de amostras indeformadas de solos de baixa consistência em furos de sondagem – Procedimento;
- ABNT NBR 16097: Solo – Determinação do teor de umidade – Métodos expeditos de ensaio;
- ABNT NBR 7185: Solo – Determinação da massa específica aparente, *in situ*, com emprego do frasco de areia;
- ABNT NBR 9813: Solo – Determinação da massa específica aparente *in situ*, com emprego de cilindro de cravação;
- ABNT NBR 6457: Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização;
- ABNT NBR 6508: Solo – Determinação da massa específica aparente;
- ABNT NBR 6459: Solo – Determinação do limite de liquidez;
- ABNT NBR 7180: Solo – Determinação do limite de plasticidade;
- ABNT NBR 6458: Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura 4,8 mm – Determinação da

massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água;

- ABNT NBR 7181: Solo – Análise granulométrica;
- ABNT NBR 12052: Solo ou agregado miúdo – Determinação do equivalente de areia – Método de ensaio
- ABNT NBR 7182: Solo – Ensaio de compactação;
- ABNT NBR 13292: Solo – Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos granulares à carga constante;
- ABNT NBR 14545: Solo – Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos à carga variável;
- ABNT NBR 10905: Solo – Ensaio de palheta *in situ* – Método de ensaio;
- ABNT NBR 16853: Solo – Ensaio de adensamento unidimensional;
- ABNT NBR 9895: Solo – Índice de suporte Califórnia (ISC) – Método de ensaio;
- ABNT NBR 11682: Estabilidade de encostas – Procedimento;
- ABNT NBR 5681: Controle tecnológico da execução de aterros em obras de edificações;
- **ABNT NBR 13896: Aterros de resíduos não perigosos – critérios para projeto, implantação e operação;**
- **DNER-PRO 102/97: Sondagem de reconhecimento pelo método rotativo;**
- **ASTM D5778 – 07: Standard Test Method for Electronic Friction Cone and Piezocone Penetration Testing of Soils;**
- **ASTM D3080: Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions;**
- ASTM D2166: Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil;
- ASTM D2850: Standard Test Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils;
- ASTM D4767: Standard Test Method for Consolidated Undrained Triaxial Compression Test for Cohesive Soils;
- ASTM D7181: Standard Test Method for Consolidated Drained Triaxial Compression Test for Soils.

Outras normativas e bibliografias consolidadas **poderão** ser utilizadas, desde que **previamente** submetidas **à análise e aprovação do** setor de projetos da SANEAGO.

3 - DEFINIÇÕES

Projeto Geotécnico – conjunto de documentos que englobam investigações geotécnicas, análises, interpretações, estudos, memória de cálculo e desenhos. Estes documentos têm grau de detalhamento compatível com a fase de projeto, característica e porte da obra, eventualmente necessitando de estudos geológicos.

Barragem – qualquer estrutura construída dentro ou fora de um curso permanente ou temporário de água,

em talvegue ou em cava exaurida com dique, para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de mistura de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas (Lei nº 12334/2010).

Barragem de médio e grande porte – são aquelas estruturas que apresentam pelo menos uma das seguintes características:

- altura do maciço, medida do encontro do pé do talude de jusante com o nível do solo até a crista de coroamento do barramento, maior ou igual a 15,00 (quinze) metros;
- capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000 m³ (três milhões de metros cúbicos);
- reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis;
- categoria de dano potencial associado médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas, conforme definido no art. 7º da Lei nº 12334/2010;
- categoria de risco alto, a critério do órgão fiscalizador, conforme definido no art. 7º da Lei nº 12334/2010.

Barragem de pequeno porte – são aquelas que não se enquadram na definição anterior.

Jazida – depósito natural de camadas de material, mineral ou não, na superfície ou no interior do solo, geralmente em quantidades que viabilizam sua exploração econômica.

Áreas para destinação de resíduos ou “bota-fora” – *área destinada ao descarte e à deposição final de materiais residuais provenientes de obras da construção civil, de escavações em solos e rochas, bem como de atividades de terraplenagem, desde que não estejam contaminados ou misturados a outros tipos de resíduos, como asfalto, concreto, lodo de ETE e ETA.*

Melhoramento de solo – *conjunto de técnicas aplicadas ao solo com o objetivo de melhorar suas propriedades físicas, químicas ou mecânicas, tornando-o mais adequado às exigências do projeto. O melhoramento pode envolver processos como compactação, adição de materiais estabilizantes (ex.: cimento, cal, calda de cimento), entre outros, sem que necessariamente haja alteração significativa na estrutura do solo. O solo poderá ser proveniente do solo local ou de jazida de empréstimo.*

Sondagem a percussão – método de investigação geológico-geotécnica de solos que se utiliza um amostrador-padrão para retirada de amostras do solo e realização do ensaio de penetração dinâmica SPT (*Standard Penetration Test*).

SPT (*Standard Penetration Test*) - *ensaio de penetração dinâmica realizado durante a sondagem a percussão, cujo objetivo é determinar o índice de resistência à penetração (N_{SPT}), fornecendo parâmetros indiretos de resistência e compactidade dos solos.*

Sondagem a trado – método de investigação geológico-geotécnica *executado manualmente, que utiliza trados (helicoidal ou concha) para perfuração em solos de baixa resistência, possibilitando a coleta de amostras deformadas e a descrição dos materiais ao longo do furo.*

Trado concha – tipo de amostrador de solo constituído por lâminas cortantes que são convexas.

Trado helicoidal – tipo de amostrador de solo constituído por lâminas cortantes que são espiraladas.

Sondagem rotativa – método de investigação geológico-geotécnica e maciços rochosos e solos impenetráveis pela técnica de sondagem a percussão. Com auxílio de um conjunto motomecanizado, extrai amostras em formato cilíndrico, denominadas testemunhos.

Sondagem mista – método de investigação que conjuga a sondagem a percussão para o trecho em solo e sondagem rotativa para o trecho em rocha.

Sistema de sondagem manual – procedimento de execução do ensaio onde o amostrador é cravado no solo com o uso do martelo elevado manualmente por meio de um cabo têxtil que passa pela roldana localizada na parte superior do tripé ou torre de sondagem.

Sistema de sondagem mecanizado – procedimento de execução do ensaio onde o amostrador é cravado no solo com o uso de martelo acionado mecanicamente.

Talude – superfície inclinada de uma escavação (corte) ou aterro.

Encosta – superfície natural inclinada.

Ponto de ensaio – locação do ponto contendo as coordenadas geográficas onde serão executados ensaios (campo ou laboratorial) ou coleta de amostras.

Perfil geológico – *representação gráfica, em corte vertical, das unidades geológicas, suas estruturas, camadas de solo e/ou rocha, indicando suas características, espessuras e relações estratigráficas no subsolo de uma determinada região ou trecho da obra.*

Desvio de rio – construção realizada nos leitos dos rios para executar o desvio provisório do rio, no trecho do leito onde pretende-se trabalhar, em especial para construção de barragens.

4 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A identificação e a classificação dos solos para fins de implantação de obras são realizadas por meio de campanhas de Investigação Geotécnica, executadas em diferentes fases, conforme o porte e as características do empreendimento. Essas investigações são conduzidas por meio da abertura de trincheiras de inspeção, da execução de sondagens a percussão (SPT), sondagens a trado e sondagens rotativas (ou mistas), além da realização de ensaios de campo e de laboratório, com o objetivo de caracterizar o comportamento mecânico, hidráulico e físico dos solos e, quando aplicável, dos maciços rochosos.

Dessa forma, obtêm-se subsídios técnicos para o estudo de alternativas, o dimensionamento de fundações, de obras de contenção e de estruturas de terra, além da classificação dos materiais do subsolo para fins de escavação — categorizando-os como de 1ª, 2ª ou 3ª categoria — e para avaliação de sua viabilidade como material de empréstimo.

A definição dos locais de ensaio, dos tipos e dos quantitativos necessários será estabelecida em função do tipo, porte e especificidades da obra a ser implantada. No âmbito de sistemas de saneamento, as investigações geotécnicas abrangem, de forma geral, os alinhamentos de obras lineares — como adutoras, coletores e interceptores —, as áreas de projeção de Redes de Distribuição de Água (RDA) e Redes Coletoras de Esgoto (RCE), bem como os locais destinados à implantação de unidades operacionais, tais como Estações de Tratamento de Água (ETA), Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), Estações Elevatórias, Travessias, Captações e demais estruturas associadas.

Este documento apresenta os critérios e os quantitativos mínimos de ensaios a serem adotados na elaboração dos estudos e projetos dos Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) e dos Sistemas de Esgotamento Sanitário (SES) no âmbito da SANEAGO. Ressalta-se que, com a anuência da fiscalização e/ou do projetista, os critérios e quantitativos poderão ser alterados, considerando as características dos terrenos investigados e o porte das estruturas projetadas.

Projetos e orçamentos elaborados com base em critérios ou normativas anteriores permanecem válidos. Contudo, caberá às unidades responsáveis pela elaboração de projetos, pela orçamentação e pela contratação de serviços técnicos e de obras, avaliar a necessidade de revisão, complementação ou atualização das investigações geotécnicas, quando aplicável, para assegurar a compatibilidade com as condições reais de campo e com as diretrizes atuais.

5 - METODOLOGIA PARA RECONHECIMENTO DO SOLO

5.1 - Anteprojeto

Esta etapa de projeto compreende a coleta das informações preliminares e os trabalhos técnicos devem ter o nível de detalhamento suficiente para um estudo de viabilidade, auxiliando na determinação da concepção mais adequada técnica e economicamente.

5.1.1 - Estudo das Áreas de Implantação

Nesta etapa, devem ser investigadas as áreas que foram indicadas como potencialmente viáveis para a implantação da obra em função das necessidades definidas em outras disciplinas.

Para tanto, devem ser previstos pontos de ensaio, por meio de sondagens, distribuídos de forma a cobrir adequadamente as áreas de interesse, visando à investigação preliminar dos tipos de solos, à determinação da profundidade do nível d'água e ao fornecimento de subsídios para a classificação das regiões mais adequadas à implantação da obra, bem como para a identificação de eventuais zonas críticas.

O quantitativo de sondagens e a locação dos pontos de ensaio deverão ser definidos em função das características do projeto, da tipologia da obra e das condições geotécnicas da região estudada.

Embora o objetivo seja a viabilidade e a concepção preliminar das obras, recomenda-se que a programação de investigações geotécnicas inclua uma estimativa mínima de sondagens por área de implantação. Para obras localizadas, como captações, estações elevatórias e centros de reservação, a previsão é de, no mínimo, três sondagens SPT com profundidade de 15,45 metros. Em Estações de Tratamento de Água (ETA) e Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) inseridas em áreas extensas, esse quantitativo poderá ser ampliado conforme a complexidade geotécnica e as particularidades do terreno.

No caso de barragens, recomenda-se a execução de uma sondagem SPT em cada margem, com a mesma profundidade de 15,45 metros, além de três sondagens adicionais nas estruturas anexas à captação. Situações específicas ou não contempladas neste manual deverão ser avaliadas em conjunto com a fiscalização, considerando as necessidades do projeto.

Em todos os casos, o tipo de sondagem, o número de furos e a profundidade poderão ser ajustados mediante anuência da fiscalização.

A critério das demais disciplinas envolvidas, pode-se determinar que o estudo geotécnico preliminar seja realizado em uma área inicialmente mais vantajosa, e que as demais áreas sejam estudadas subsequentemente.

5.1.2 - Caracterização Preliminar das Áreas de Movimentação na Região de Implantação

Nesta etapa, **podem** ser previstos ensaios de campo e laboratório a fim de caracterizar e estudar o comportamento mecânico do solo. A partir dos resultados obtidos, deve ser avaliada a possibilidade de uso desse material e, consequentemente, a necessidade de utilização de áreas de empréstimo.

A locação dos pontos de ensaio, bem como o número de amostras coletadas devem ser definidos em função das características do projeto e da região estudada. Os ensaios mínimos a serem realizados foram apresentados no Quadro 1, **podendo ser dispensados ou solicitados outros tipos a critério do Projetista com anuência da fiscalização**. Em Obras Predominantemente de Terra, esta etapa é indispensável.

Quadro 1. Ensaios de laboratório para caracterização preliminar do solo.

Amostra	Ensaio
Amostra deformada	Ensaio de granulometria com sedimentação ⁽¹⁾
	Ensaio de limite de liquidez
	Ensaio de limite de plasticidade
	Ensaio de massa específica real dos grãos
	Ensaio de massa específica natural
	Ensaio de umidade natural
	Ensaio de compactação
	Índice de suporte Califórnia

(1) Os ensaios de granulometria devem ser feitos com e sem o uso de defloculante.

5.1.3 - Áreas de Empréstimo (Jazidas) e Destinação de Resíduos

5.1.3.1 - Obras Predominantemente de Terra

Entende-se como Obras Predominantemente de Terra aquelas **cujo material predominante é o solo e que o projeto geotécnico deve especificar características particulares à sua finalidade e funcionamento em obra**, conforme definição da IN00.0444, como, por exemplo, lagoas de estabilização, acessos definitivos (terraplenagem), barragens de pequeno porte, desvio de rio e obras similares.

Caso seja verificado que as características do material movimentado na implantação da obra não permitem seu reaproveitamento ou na hipótese de não haver volume suficiente de material para a conclusão do empreendimento, nesta etapa devem ser estudadas áreas que possam ser utilizadas como jazida de empréstimo. Quando pertinente, devem ser estudados **áreas de destinação de resíduos** para o material não reaproveitado na implantação da obra.

Ainda na fase de Anteprojeto, deverá ser verificada a existências de áreas pertencentes a SANEAGO disponíveis para uso como jazida de empréstimo e/ou destinação de solos de movimentação de terra, além de locais que já atuem com comercialização de material de empréstimo ou áreas públicas passíveis de serem utilizadas como jazidas de empréstimo e/ou destinação de solos de movimentação de terra.

Caso não existam, deverão ser estudadas áreas particulares, localizadas o mais próximo possível da obra, que atendam à finalidade do projeto e requisitos ambientais em termos de volume e características, para que sejam iniciados os procedimentos de regularização fundiária e licenciamento ambiental necessários.

Após a identificação preliminar das potenciais áreas de empréstimo, deve-se planejar a execução de investigações geotécnicas que incluam sondagens a trado, sondagens a percussão, ensaios in situ e ensaios de laboratório. Esses ensaios devem ser distribuídos de forma representativa nas áreas estudadas, com o objetivo de caracterizar, de forma preliminar, o tipo de solo, a profundidade do nível d'água e suas propriedades geotécnicas e geomecânicas.

Para a caracterização geotécnica de jazidas de solo, recomenda-se a realização de sondagens a trado dispostas em malha regular com espaçamento típico de 50,00 metros x 50,00 metros, podendo ser ajustada conforme a extensão da área e a heterogeneidade do terreno. Como complemento, recomenda-se a execução de sondagens SPT em pontos selecionados dessa malha, na proporção aproximada de um ensaio para cada quatro a seis furos a trado, distribuídos de forma homogênea ao longo da jazida.

A profundidade mínima das sondagens SPT deve ser de 10,45 metros, podendo ser estendida até a identificação do limite inferior da camada de solo utilizável ou até a interceptação de material considerado inadequado para o reaproveitamento. A seleção dos pontos para SPT deve considerar zonas de transição entre diferentes tipos de solo, regiões representativas do maciço e áreas com indícios de variação nas características geotécnicas.

A escolha do tipo de ensaio (a trado ou SPT), bem como a quantidade e a profundidade das investigações, poderá ser ajustada conforme a extensão da jazida, o uso pretendido do material e as diretrizes da equipe de fiscalização.

Os ensaios de laboratório deverão ser realizados sobre as amostras coletadas nos pontos da malha de investigação, conforme o conjunto de ensaios exigido para cada tipo de estrutura, conforme especificado neste manual.

5.1.3.2 - Demais Obras

Entende-se como Demais Obras aquelas que não se enquadrem na definição apresentada em , conforme ***disposto na Instrução Normativa IN00.0444.***

Segundo a IN00.0444, a escolha de jazida em obras que **não** sejam predominantemente de terra é realizada na fase de execução de obras (Projeto Geotécnico Executivo).

5.2 - Projeto Básico

Esta fase compreende a coleta das informações básicas e os trabalhos técnicos devem ter o nível de detalhamento suficiente para o estudo geotécnico, permitindo o dimensionamento das obras geotécnicas e de fundação, bem como a classificação dos solos para escavação.

Nesta fase deve-se, sempre que possível e pertinente, aproveitar os ensaios realizados nas etapas anteriores ***ou de cadastros existentes.***

5.2.1 - Obras Localizadas

Para unidades localizadas, tais como edifícios administrativos, centros de reservação, reservatórios, elevatórias e demais unidades localizadas pertencentes a Sistemas de Abastecimento de Água e Sistemas de Esgotamento Sanitário, o número de sondagens a percussão e/ou rotativa (mista), dependerá da área ocupada pela edificação (projeção em planta). Nesses casos, deve-se prever, no mínimo, os quantitativos apresentados no Quadro 2.

Quadro 2. Quantidade de furos a percussão por m².

Área de Projeção	Quantidade de Furos
Até 1200 m²	1 furo SPT para cada 200 m²
De 1201 a 2400 m²	1 furo SPT para cada 400 m² que excederem os primeiros 1200 m²
Acima de 2401 m²	1 furo SPT para cada 400 m² que excederem os primeiros 2400 m² ou conforme plano de investigação específico

Observada a distribuição por área da projeção em planta, devem ainda ser realizados no mínimo a quantidade de ensaios apresentada a seguir, podendo ser reduzidos a critério do Projetista com anuência da fiscalização.

- **Até 200 m²: mínimo de 2 (dois) furos SPT;**
- **De 201 m² a 400 m²: mínimo de 3 (três) furos SPT.**

Cabe ressaltar que a área de projeção deverá ser calculada por meio soma das áreas construídas de todas as subunidades projetadas dentro da área de implantação da sua unidade. Por exemplo, dentro de uma unidade “Centro de Reservação” composto pelas subunidades reservatório apoiado, reservatório elevado, caixas e guarita, devem ser somadas as áreas dessas subunidades.

Os furos de sondagem devem ser distribuídos em planta abrangendo toda a área em estudo, espaçados entre si, **preferencialmente, em** no máximo 25,00 metros. **Além disso, é recomendado dar preferência para subunidades com cargas mais relevantes.** Os furos devem ser sondados até a profundidade mínima de 15,45 metros em relação ao terreno natural, exceto para situações em que haja anuência da fiscalização para a adoção de critérios de paralisação diferentes.

Além disso, para casos de fundações diretas em estruturas de grande porte (como em reservatórios apoiados, modulo de tratamento, reatores UASB) implantadas sobre solos com $N_{SPT} \leq 10$ e/ou em regiões suscetíveis ao colapsoⁱ, é necessário prever a execução de ensaios de campo e de laboratórioⁱⁱ. Essa exigência aplica-se também em situações em que está prevista a substituição do solo (solo natural compactado ou proveniente de jazida), com ou sem melhoramento (por exemplo, com adição de cimento), desde que essa solução seja tecnicamente mais viável que a adoção de fundações profundas.

Os ensaios devem permitir a adequada caracterização geotécnica do solo e a avaliação do seu comportamento mecânico frente às intervenções propostas. A seleção e eventual dispensa de determinados ensaios poderão ser avaliadas pelo projetista, desde que com a anuência da fiscalização.

As quantidades mínimas de pontos ensaiados, bem como a quantidade de amostras coletadas por ponto devem ser estabelecidas em função das características construtivas das estruturas, como carga típica, profundidade e/ou altura, contendo, no mínimo, os ensaios do Quadro 3 **ou** Quadro 4.

- Em especial, as cidades localizadas no entorno do Distrito Federal.**
- Os ensaios de laboratório são dispensados em estruturas de pequeno porte como Canal de Entrada, Caixas em geral (interligação, passagem, medidor de vazão, descarga), Estrutura de Lançamento, Poço de Sucção de pequeno porte.**

Quadro 3. Ensaios de laboratório para o caso de fundações *diretas em solo natural*.

Amostra	Ensaio
Amostra indeformada	Ensaio de adensamento ⁽¹⁾
	Ensaio de cisalhamento direto (3 pontos por envoltória)
	Ensaio de massa específica natural
Amostra deformada	Ensaio de granulometria com sedimentação ⁽²⁾
	Ensaio de limite de liquidez
	Ensaio de limite de plasticidade
	Ensaio de massa específica real dos grãos
	Ensaio de umidade natural

(1) Em regiões suscetíveis ao colapso do solo, prever o ensaio edométrico simples e/ou duplo.

(2) Os ensaios de granulometria devem ser feitos com e sem o uso de defloculante.

Quadro 4. Ensaios de laboratório para o caso de fundações *diretas com melhoramento do solo*

Amostra	Ensaio
Amostra deformada	Ensaio de adensamento ⁽¹⁾
	Ensaio de cisalhamento direto (3 pontos por envoltória) ⁽¹⁾
	Ensaio de granulometria com sedimentação ⁽²⁾
	Ensaio de limite de liquidez
	Ensaio de limite de plasticidade
	Ensaio de massa específica real dos grãos
	Ensaio de umidade natural
	Ensaio de compactação
	CBR ⁽¹⁾

(1) Os ensaios deverão ser realizados na condição da massa específica seca máxima e umidade ótima obtidas no ensaio de compactação.

(2) Os ensaios de granulometria devem ser feitos com e sem o uso de defloculante.

5.2.2 - Estrutura de CONTENÇÃO

Em obras que demandem estruturas de contenção (muros de gravidade, muros de flexão, gabião, cortinas de estacas, entre outras) com altura maior que 3,00 metros, a previsão de furos é função da quantidade dos perfis geológicos (seção) de análise e sua geometria. O espaçamento máximo entre perfis deve ser de 25,00 metros medidos em relação a horizontal. Dessa forma, cada perfil deve conter, no mínimo, 2 furos de sondagem SPT, com profundidade mínima de 15,45 metros, sendo: 1 furo situado na projeção do coroamento da contenção e 1 situado na projeção do pé/fundação da contenção.

Após a execução das sondagens e a definição dos perfis geotécnicos, deve-se estabelecer a quantidade e a profundidade dos pontos de coleta de amostras. Para cada unidade de material distinta identificada no perfil, deverá ser previsto, no mínimo, um ponto de amostragem, no qual serão coletadas uma amostra indeformada e uma amostra deformada. Essas amostras serão destinadas à realização de ensaios voltados à análise das condições de escavação e à avaliação da estrutura de contenção. Os ensaios laboratoriais correspondentes a cada tipo de amostra estão especificados nos Quadros 5 e 6.

Quadro 5. Quantidade de ensaios de laboratório para Estruturas de contenção em solo natural.

Amostra	Ensaio
Amostra deformada	Ensaio de granulometria com sedimentação ⁽¹⁾
	Ensaio de limite de liquidez
	Ensaio de limite de plasticidade
	Ensaio de massa específica real dos grãos
Amostra indeformada (solo natural)	Ensaio de cisalhamento direto ou triaxial (3 pontos por envoltória) ⁽²⁾
	Ensaio de adensamento ⁽²⁾

(1) Deverão ser realizados ensaios de granulometria com e sem o uso de defloculante.

(2) Para os casos de ensaios triaxiais ou de cisalhamento direto prever a execução sob condições de saturação, tensões, drenagem e velocidade de carregamentos preestabelecidos pelo engenheiro civil geotécnico e a fiscalização, para a determinação da resistência ao cisalhamento dos solos.

Quadro 6. Quantidade de ensaios de laboratório para Estruturas de contenção em aterro.

Amostra	Ensaio
Amostra deformada	Ensaio de granulometria com sedimentação ⁽¹⁾
	Ensaio de limite de liquidez
	Ensaio de limite de plasticidade
	Ensaio de massa específica real dos grãos
	Ensaio de compactação
	Ensaio de cisalhamento direto ou triaxial (3 pontos por envoltória) ^{(2) (3)}
	Ensaio de adensamento ⁽²⁾

(1) Deverão ser realizados ensaios de granulometria com e sem o uso de defloculante.

(2) Os ensaios deverão ser realizados na condição da massa específica seca máxima e umidade ótima obtidas no ensaio de compactação. Para contenções em terreno natural, deverão ser coletadas amostras indeformadas no local.

(3) Para os casos de ensaios triaxiais ou de cisalhamento direto prever a execução sob condições de saturação, tensões, drenagem e velocidade de carregamentos preestabelecidos pelo engenheiro civil geotécnico e a fiscalização, para a determinação da resistência ao cisalhamento dos solos.

Caso existam edificações vizinhas que inviabilizem a execução de sondagens e a coleta de amostras para ensaios laboratoriais, os ensaios deverão ser realizados na região em que se tem acesso. Nessa situação, os parâmetros geotécnicos obtidos poderão ser extrapolados para o solo da região não investigada, desde que devidamente justificado pelo projetista e com a anuência da fiscalização.

Para contenções menores que 3,00 metros, as sondagens realizadas para as obras localizadas nas suas proximidades deverão ser utilizadas para sua caracterização geotécnica.

5.2.3 - Taludes Permanentes

Em taludes permanentes (tais como os de urbanização e encostas) **com altura maior que 4,00 metros**, a previsão de furos é função da quantidade dos perfis geológicos (seção) de análise e sua geometria. O espaçamento máximo entre perfis deve ser de 25,00 **metros** medidos em relação a horizontal. Dessa forma, cada perfil deve conter, no mínimo, 2 furos de sondagem SPT, **com profundidade mínima de**

10,45 metros, sendo: 1 furo situado na projeção da crista do talude e 1 situado na projeção do pé do talude.

Após a execução das sondagens e a definição dos perfis geológicos, deve-se determinar a quantidade e a profundidade dos pontos de coleta de amostras. Para cada material distinto identificado no perfil geológico, deverá ser previsto, no mínimo, 1 ponto de **amostragem**, onde serão coletadas 1 amostra indeformada e 1 amostra deformada, destinadas às análises de escavação e estabilidade de taludes. Os ensaios a serem realizados nas amostras coletadas em cada ponto estão especificados a seguir.

Quadro 7. Quantidade de ensaios de laboratório para o caso de taludes permanentes em corte.

Amostra	Ensaio
Amostra indeformada	Ensaio de cisalhamento direto (3 pontos por envoltória)
	Ensaio de massa específica natural
Amostra deformada	Ensaio de granulometria com sedimentação ⁽¹⁾
	Ensaio de limite de liquidez
	Ensaio de limite de plasticidade
	Ensaio de massa específica real dos grãos
	Ensaio de umidade natural

(1) Os ensaios de granulometria devem ser feitos com e sem o uso de defloculante.

Quadro 8. Quantidade de ensaios de laboratório para o caso de taludes permanentes em aterro.

Amostra	Ensaio
Amostra deformada	Ensaio de cisalhamento direto (3 pontos por envoltória) ⁽¹⁾
	Ensaio de granulometria com sedimentação ⁽²⁾
	Ensaio de limite de liquidez
	Ensaio de limite de plasticidade
	Ensaio de massa específica real dos grãos
	Ensaio de umidade natural
	Ensaio de compactação

(1) Os ensaios deverão ser realizados na condição da massa específica seca máxima e umidade ótima obtidas no ensaio de compactação

(2) Os ensaios de granulometria devem ser feitos com e sem o uso de defloculante.

Para taludes menores que 4,00 metros, as sondagens realizadas para as obras localizadas nas suas proximidades deverão ser utilizadas para sua caracterização geotécnica.

5.2.4 - Travessias Aéreas

Em travessia aérea, deve ser previsto no mínimo **pelo menos** 1 furo de sondagem SPT em cada margem, com profundidade mínima de 15,45 metros. **Caso a travessia aérea se estenda além das margens, deverá ser previsto um furo adicional a cada 25,00 metros de avanço em cada margem.**

5.2.5 - Travessias Enterradas

Em travessia enterrada (em rodovia ou ferrovia) e trechos urbanos de obras lineares aplicam-se os

Métodos Não-Destrutivos (MND). Para a investigação do solo deve ser previsto, no mínimo, 1 furo de sondagem SPT em cada Poço de Visita (PV) ou Caixa de Manobra/Passagem **posicionadas a montante e jusante** da travessia ou do trecho urbano. Caso a extensão da travessia seja superior a 25,00 metros, e **houver viabilidade para execução de furos intermediários (por exemplo, em canteiro central), deverão** ser previstos furos adicionais.

Os furos realizados nessas unidades devem atingir a profundidade de 1,00 metro abaixo da cota de fundo do PV ou Caixa, com no mínimo **5,45** metros.

5.2.6 - Obras Lineares

Para obras lineares, tais como Interceptores, Coletores-Tronco, Emissários, Adutoras e Linhas Tronco, as sondagens a serem realizadas serão divididas em quatro tipos.

O conceito de obra linear faz referência somente aos trechos onde serão instaladas tubulações. Ao longo do caminhamento das obras lineares poderão existir obras localizadas (tais como travessias aéreas ou enterradas, elevatórias, TAUs, dentre outras) cujo Plano de Investigação Geotécnica deve ser elaborado conforme abordado no item 5.2.1 desse Módulo.

A investigação do solo nas regiões destinadas à implantação de obras lineares deve ter, como objetivo principal, a determinação da categoria dos materiais a serem escavados, de modo a subsidiar o correto dimensionamento dos serviços de movimentação de terra e a adequada previsão dos custos de escavação.

Critério de Seleção

Em obras lineares que NÃO demandem o dimensionamento de estruturas de ancoragem, a Investigação Geotécnica deve ser programada obedecendo ao disposto no Plano de investigação Tipo A.

Nos casos de obras lineares que exijam o dimensionamento de estruturas de ancoragem, isto é, quando o projeto típico não for aplicável, a Investigação Geotécnica deverá ser programada conforme o Plano de Investigação Tipo B.

Tipos de Plano de Investigação

- **Tipo A:**
 - **Furos de sondagem a trado (ST) a cada 200,00 metros de obra linear, respeitando o mínimo de 2 (dois) furos;**
 - **Nos trechos em que a escavação para implantação da obra linear ultrapassar a profundidade de 4,00 metros, o ensaio de sondagem a trado (ST) pode ser substituído por sondagem a percussão (SPT), a critério da fiscalização.**
- **Tipo B:**
 - **Furos de sondagem a trado (ST) a cada 200,00 metros de obra linear, respeitando o mínimo de 2 (dois) furos;**
 - **Nos trechos em que a escavação para implantação da obra linear ultrapassar a profundidade de 4,00 metros, o ensaio de sondagem a trado (ST) pode ser substituído por sondagem a percussão (SPT);**

- **Execução de 1 (um) furo de sondagem a percussão (SPT), ou outro método que se faça necessário, em cada ponto de mudança de direção da tubulação que exija estruturas a serem dimensionadas para sua ancoragemⁱⁱⁱ. Caso dois ou mais pontos de mudança de direção estejam distantes entre si em até 25,00 metros, é suficiente a realização de apenas um furo.**

Profundidade do Ensaio

A profundidade do ensaio dependerá da geratriz inferior do tubo e será determinada conforme os critérios do Quadro 9.

Quadro 9. Tipo e profundidade do ensaio em função da profundidade da geratriz inferior do tubo (PGIT).

Prof. da Geratriz Inferior do Tubo (PGIT)	Tipo de Ensaio	Prof. da Sondagem
$PGIT \leq 2,70 \text{ m}$	ST	3,00 m
$2,70 \text{ m} < PGIT \leq 4,00 \text{ m}$	ST	4,00 m
$4,00 \text{ m} < PGIT \leq 5,00 \text{ m}$	SPT	5,45 m
$5,00 \text{ m} < PGIT \leq 6,00 \text{ m}$	SPT	6,45 m
$6,00 \text{ m} < PGIT \leq 7,00 \text{ m}$	SPT	7,45 m
$7,00 \text{ m} < PGIT \leq 8,00 \text{ m}$	SPT	8,45 m
$8,00 \text{ m} < PGIT \leq 9,00 \text{ m}$	SPT	9,45 m
$9,00 \text{ m} < PGIT \leq 10,00 \text{ m}$	SPT	10,45 m

Caso a sondagem paralise antes desta profundidade, atendendo aos critérios de paralisação previstos nas normas pertinentes, **poderão ser solicitadas**, a critério da fiscalização, sondagens complementares, tais como trincheiras de inspeção e/ou sondagens rotativas.

A profundidade dos ensaios **SPT** a serem realizados para fins de dimensionamento de estruturas de ancoragem serão estabelecidos pelo Projetista em Plano de Investigação Geotécnica específico a ser aprovado pela fiscalização.

Nos casos de tubulações de grandes diâmetros, que demandem escavações de grande porte e o dimensionamento de escoramentos, caberá ao Projetista estabelecer um Plano de Investigação Geotécnica específico, o qual deverá ser submetido à aprovação da fiscalização.

5.2.7 - Redes de Distribuição de Água e Redes Coletoras de Esgoto

A investigação do solo de regiões onde serão implantadas Redes de Distribuição de Água (RDA) e Redes Coletoras de Esgoto (RCE) deve ser realizada com o objetivo de **subsidiar a identificação da** categoria do material a ser escavado.

O Plano de Investigação de RDAs e/ou RCEs deve ser elaborado observando a quantidade mínima de 9 (nove) ensaios de sondagem a trado por km² de área projetada de rede. **A distribuição dos furos deve**

- iii **A locação dos pontos de sondagem realizados nos pontos de mudanças de direção podem ser contabilizados na previsão dos furos ao longo do caminhamento da tubulação desde que não existam trechos sem investigação com extensão maior que 200,00 metros.**

ser planejada de forma a abranger toda a área da rede, garantindo uma adequada representação espacial. Na ocorrência de complementos, interligações e demais trechos de rede que se assemelhem a obras lineares, poderá ser utilizado o critério descrito no item 5.2.6.

A profundidade mínima do ensaio dependerá da geratriz inferior do tubo ou da profundidade do poço de visita (ou elemento de inspeção equivalente) e será determinada conforme os critérios do Quadro 10.

Quadro 10. Tipo e profundidade do ensaio em função das profundidades da geratriz inferior ou do poço de visita.

Prof. da Geratriz Inferior do Tubo (PGIT) ou do Poço de Visita (PPV)	Tipo de Ensaio	Prof. mínima da Sondagem
$PGIT/PPV \leq 2,70 \text{ m}$	ST	3,00 m
$2,70 \text{ m} < PGIT/PPV \leq 4,00 \text{ m}$	ST	4,00 m
$4,00 \text{ m} < PGIT/PPV \leq 5,00 \text{ m}$	SPT	5,45 m
$5,00 \text{ m} < PGIT/PPV \leq 6,00 \text{ m}$	SPT	6,45 m
$6,00 \text{ m} < PGIT/PPV \leq 7,00 \text{ m}$	SPT	7,45 m
$7,00 \text{ m} < PGIT/PPV \leq 8,00 \text{ m}$	SPT	8,45 m
$8,00 \text{ m} < PGIT/PPV \leq 9,00 \text{ m}$	SPT	9,45 m
$9,00 \text{ m} < PGIT/PPV \leq 10,00 \text{ m}$	SPT	10,45 m

Os pontos de ensaio previstos para obras lineares, conforme definição apresentada no item 5.2.6 desse Módulo, poderão ser aproveitados para a caracterização da área projetada das redes, a critério da fiscalização. Deve-se ainda observar que, nos casos em que houver a sobreposição da área projetada das RDAs e RCEs, os pontos de ensaios previstos devem ser compartilhados para os dois Sistemas, uma vez que caracterizam a mesma área.

5.2.8 - Obras Predominantemente de Terra

Para os projetos que envolvam obras predominantemente de terra, tais como a implantação de lagoas de estabilização, acessos definitivos (terraplenagem), barragens de pequeno porte, desvio de rio e obras similares, devem ser previstos os seguintes ensaios.

5.2.8.1 - Lagoas de Estabilização

Na execução de lagoas de estabilização, o solo natural do terreno a ser escavado deve ser considerado para compor a sua impermeabilização (selo de argila). Para tal, na área da lagoa deve ser previsto uma malha de furos de sondagem a trado (ST) de 50,00 metros x 50,00 metros, podendo ser modificada a critério do Projetista com anuência da fiscalização.

Com o objetivo de conhecimento da profundidade do nível d'água na região, deve ser previsto 1 furo de sondagem a percussão a cada 2500 m² de área investigada, com profundidade mínima de 15,45 metros, espaçadas entre si em 50,00 metros e executados no mínimo 2 furos.

O Quadro 11 apresenta a relação de ensaios a serem realizados nos materiais estudados para compor o selo de argila das lagoas. O número de ensaios a serem realizados deve ser determinado pelo Projetista com anuência da fiscalização, abrangendo uma área e profundidade compatíveis com o volume de

material investigado, de forma que seja suficiente para permitir um controle estatístico das características geotécnicas do material.

Os ensaios realizados em etapas anteriores devem ser considerados para caracterização do material.

Quadro 11. Quantidade de ensaios de laboratório para selo de argila de lagoas.

Amostra	Ensaio
Amostra deformada	Ensaio de granulometria com sedimentação ⁽¹⁾
	Ensaio de limite de liquidez
	Ensaio de limite de plasticidade
	Ensaio de massa específica real dos grãos
	Ensaio de umidade natural
	Ensaio de compactação
	Ensaio de permeabilidade a carga variável ⁽²⁾

(1) Deverão ser realizados ensaios de granulometria com e sem o uso de defloculante.

(2) Os ensaios deverão ser realizados na condição da massa específica seca máxima e umidade ótima obtidas no ensaio de compactação.

Para as lagoas com taludes de altura maior do que 4,00 metros, os ensaios previstos no item 5.2.3 também deverão ser considerados.

Caso os resultados dos ensaios do material natural do terreno indiquem a inadequação do solo para compor o material do selo de argila, as jazidas de empréstimo levantadas na fase de Anteprojeto deverão ser caracterizadas. **Quando não houverem levantamentos de jazidas na fase do Anteprojeto, os ensaios deverão ser realizados na fase do Projeto Básico.** Além disso, deve ser possível determinar se a área de destinação de resíduos possui área suficiente para o material não reaproveitado, bem como identificar a necessidade de projeto específico para este fim.

A solução para impermeabilização de lagoas de estabilização deve considerar a viabilidade técnica e econômica das alternativas, observando a disponibilidade de material, suas características geotécnicas, a necessidade de empréstimo de material de jazidas, as distâncias e custos de transporte, entre outros. Alternativamente, deve ser estudada a solução com uso de mantas plásticas.

Ressalta-se que, segundo recomendações da ABNT NBR 13896 e Funasa (2019), para aterros com impermeabilização inferior através de camada de argila, a distância do lençol freático à camada impermeabilizante não pode ser inferior a 2,50 metros e a camada impermeabilizante deverá ter um coeficiente de permeabilidade menor que 10^{-6} cm/s. Para aterros com impermeabilização inferior, através de manta plástica sintética, a distância do lençol freático à manta não pode ser inferior a 1,50 metros. O nível do lençol freático deve ser medido durante a época de maior precipitação pluviométrica da região.

5.2.8.2 - Avaliação do Sistema de Impermeabilização de Lagoas Existentes

O Quadro 12 apresenta a relação de ensaios a serem realizados nos materiais utilizados para compor o selo de argila das lagoas existentes. O número de ensaios a serem realizados deve ser determinado pelo Projetista com anuência da fiscalização, abrangendo uma área e profundidade compatíveis com o volume de material investigado, de forma que seja suficiente para permitir um controle estatístico das características geotécnicas do material.

Quadro 12. Quantidade de ensaios de laboratório para avaliação do sistema de impermeabilização de lagoas existentes.

Amostra	Ensaio
Amostra indeformada	Ensaio de granulometria com sedimentação ⁽¹⁾
	Ensaio de limite de liquidez
	Ensaio de limite de plasticidade
	Ensaio de massa específica real dos grãos
	Ensaio de compactação
	Ensaio de permeabilidade a carga variável

(1) Deverão ser realizados ensaios de granulometria com e sem o uso de defloculante.

5.2.8.3 - Acessos Definitivos (Terraplenagem)

Nos acessos a serem pavimentados devem ser realizadas sondagens em intervalos de, no máximo, 100,00 metros e ensaios conforme o Quadro 13. A definição do tipo de sondagem (trado e percussão) depende do perfil geométrico do acesso, altura de corte e aterros, bem como das investigações geotécnicas existentes.

A definição das profundidades depende da altura do corte/aterro a ser realizado e mediante anuência da fiscalização. Nos casos em que forem identificados solos moles, a sondagem **a percussão (SPT)** deve prosseguir até a profundidade **de 10,45 metros**.

Para todos os casos, inclusive para melhorias de acessos (não pavimentados), o número de sondagens e ensaios dependem da anuência da fiscalização.

Em projetos que tiverem cortes/aterros maiores do que **4,00 metros** ou assentes sobre solo mole, ensaios complementares (cisalhamento direto, adensamento) poderão ser considerados mediante anuência da fiscalização.

Quadro 13. Ensaios de laboratório para caracterização do material do acesso.

Amostra	Ensaio
Amostra deformada	Ensaio de granulometria com sedimentação ⁽¹⁾
	Ensaio de limite de liquidez
	Ensaio de limite de plasticidade
	Ensaio de massa específica real dos grãos
	Ensaio de umidade natural
	Ensaio de massa específica natural
	Ensaio de compactação (Proctor normal)
	Índice de suporte Califórnia

(1) Deverão ser realizados ensaios de granulometria com e sem o uso de defloculante.

5.2.8.4 - Barragens de Pequeno Porte

Deve ser previsto **um** ponto de ensaio de sondagem **mista (SM)** em cada margem do corpo hídrico onde será construído o barramento. Os pontos de ensaio deverão ser na proximidade do eixo do barramento de forma a melhor categorizar o perfil geológico. Visando a melhor categorização da fundação do barramento, as sondagens devem ocorrer preferencialmente no período de estiagem, respeitando um afastamento máximo de **5,00 metros das margens do** corpo hídrico. Em casos de região com acesso impossibilitado,

outros pontos de ensaio **devem ser definidos pela projetista com anuência da fiscalização.**

Nas sondagens **mistas**, a profundidade mínima **deve ser de 15,45 metros. Na execução da sondagem, se houver a identificação de maciço rochoso, deverá ser executada a investigação de pelo menos 5,00 metros contínuos em rocha. Caso, ao atingir 15,45 metros de profundidade, não seja encontrado maciço rochoso e tenha sido executada apenas a sondagem SPT, não será obrigatória a investigação desses 5,00 metros em rocha.**

Além disso, deve ser realizado ensaio de infiltração no furo de sondagem **a cada 1,00 metro de profundidade ou por litologia identificada no perfil geológico** até a profundidade da sondagem a percussão (**SPT**) para determinação da **permeabilidade** do solo (coeficiente de permeabilidade) *in situ*, conforme a **norma ABGE 107/2024**. O ensaio de infiltração é **preferencialmente** realizado durante a fase de execução da sondagem a percussão, aproveitando todos os materiais já instalados na sondagem, como o revestimento.

Nos casos dos maciços rochosos, **deve-se executar** ensaio de perda de água sob pressão (**norma ABGE 108/2024**) **em trechos de 3,00 a 5,00 metros.**

Os ensaios de infiltração em furo de sondagem e de perda de água sob pressão deverão ser executados em, no mínimo, um furo de sondagem. Caso não seja possível realizar os ensaios de permeabilidade in situ durante a execução da sondagem, estes deverão ser realizados nas suas proximidades, com distância máxima de 5,00 metros tanto do furo já executado quanto das margens do corpo hídrico. Os quantitativos desses ensaios (por sondagem e por profundidade) poderão ser revistos a critério da fiscalização.

Para barragens de terra, deverão ser realizados ensaios complementares destinados à investigação do solo a ser utilizado na construção do aterro do barramento, provenientes de possíveis jazidas. A investigação de jazidas de empréstimo deverá abranger, preferencialmente, a área inundada a montante do eixo do barramento ou as regiões sujeitas a movimentação de terra na área da captação ou em seu acesso, observando as recomendações da Seção 5.2.9. No Quadro 14 estão especificados os ensaios a serem realizados nos solos que comporão o aterro do barramento ou as ombreiras, quando oriundos de jazidas de empréstimo.

Quadro 14. Ensaios de laboratório para caracterização de solos destinados ao aterro do barramento e/ou às ombreiras

Amostra	Ensaio
Amostra deformada	Ensaio de granulometria com sedimentação ⁽¹⁾
	Ensaio de limite de liquidez
	Ensaio de limite de plasticidade
	Ensaio de massa específica real dos grãos
	Ensaio de compactação
	Ensaio de cisalhamento / triaxial ^{(2) (3)} (3 pontos por envoltória)
	Ensaio de adensamento ²
	Ensaio de permeabilidade a carga variável ²

(1) Deverão ser realizados ensaios de granulometria com e sem o uso de defloculante

(2) Os ensaios deverão ser realizados na condição da massa específica seca máxima e umidade ótima obtidas no ensaio de compactação.

(3) Para os casos de ensaios triaxiais ou de cisalhamento direto, prever a execução sob condições de saturação, tensões, drenagem e velocidade de carregamentos preestabelecidos pelo engenheiro civil geotécnico **em conjunto com a fiscalização** para a determinação da resistência ao cisalhamento dos solos.

Para o solo de fundação do barramento, deverão ser realizados os ensaios laboratoriais elencados no Quadro 15, para cada **litologia** identificado na sondagem **mista** executada.

Quadro 15. Ensaios de laboratório para caracterização dos solos da fundação da barragem.

Amostra	Ensaio
Amostra deformada	Ensaio de granulometria com sedimentação ⁽¹⁾
	Ensaio de limite de liquidez
	Ensaio de limite de plasticidade
	Ensaio de massa específica real dos grãos
Amostra indeformada	Ensaio de cisalhamento / triaxial ^{(2) (3)} (3 pontos por envoltória)
	Ensaio de adensamento ^{(2) (4)}
	Ensaio de permeabilidade a carga variável ^{(2) (5)}

(1) Deverão ser realizados ensaios de granulometria com e sem o uso de defloculante

(2) As amostras deverão ser indeformadas e coletadas em blocos ou amostrador tipo Shelby/Denison.

(3) Para os casos de ensaios triaxiais ou de cisalhamento direto, prever a execução sob condições de saturação, tensões, drenagem e velocidade de carregamentos preestabelecidos pelo engenheiro civil geotécnico **em conjunto com a fiscalização** para a determinação da resistência ao cisalhamento dos solos.

(4) Em regiões suscetíveis ao colapso do solo, prever, também, o ensaio edométrico simples e/ou duplo.

(5) No caso da execução de ensaios de infiltração *in situ* e a critério da fiscalização, o ensaio de laboratório de permeabilidade a carga variável pode ser dispensado.

Ensaios de campo **especiais** podem ser previstos de forma a caracterizar a fundação **e ombreiras do barramento**, tais como ensaios de palheta *in situ*, ensaio de cone (CPT) e piezocone (CPTu), desde que justificados e com a anuência da fiscalização.

5.2.8.5 - Desvio de Rio

Além das investigações previstas nas proximidades do eixo do barramento, deverão ser realizadas duas sondagens mistas a 50,00 metros desse eixo – uma a montante e outra a jusante – na margem onde ocorrerá o desvio do rio. Caso não haja definição sobre qual margem será utilizada para o desvio, recomenda-se a execução dessas sondagens em ambos os lados do curso d'água. A distância de 50,00 metros poderá ser ajustada conforme as características da topografia local e do próprio barramento, desde que haja aprovação da fiscalização. A profundidade prevista para as sondagens deverá ser de 10,45 metros.

Dependendo da solução adotada para o desvio do rio (ensecadeira, canal, túnel ou galeria), ensaios complementares poderão ser requeridos, também sujeitos à aprovação da fiscalização.

5.2.8.6 - Demais Obras de Terra

Devem ser previstos pontos de ensaios de sondagem, bem como ensaios *in situ* e de laboratório, distribuídos nas áreas estudadas, de maneira a investigar e caracterizar o tipo de solo, a profundidade do nível d'água e suas características geotécnicas e geomecânicas. O quantitativo de sondagens e a locação dos pontos de ensaio devem ser definidos em função das características do material necessário ao projeto e da região a ser estudada.

5.2.9 - Jazidas de Empréstimos de Solo

Para os projetos que envolvam o empréstimo de materiais, na área da jazida deve ser previsto uma malha

de furos de sondagem de 50,00 metros x 50,00 metros, podendo ser modificada a critério do Projetista com anuência da fiscalização. O tipo de sondagem (a trado, percussão ou rotativa) realizada deve ser determinado em função da destinação do material da jazida (para terraplenagem, agregados, drenagem).

Em jazidas de material predominantemente argiloso, com o objetivo de conhecimento da profundidade do nível d'água na região, deve ser previsto 1 furo de sondagem a percussão a cada 2500 m² de área investigada, com profundidade mínima de 15,45 metros, espaçados entre si de 50,00 metros e, no mínimo, 2 furos.

Em regiões onde tenham sido realizados estudos geotécnicos preliminares (Anteprojeto) e caso a locação das unidades previstas nesta fase seja confirmada pelo Estudo de Alternativas, a malha deve ser implantada de forma a aproveitar ao máximo os pontos já ensaiados. Além disso, as informações sobre a profundidade do nível d'água poderão, se possível, ser extraídas dos ensaios já elaborados na região.

Devem ser previstos ensaios de campo e laboratório a fim de caracterizar e estudar o comportamento geotécnico e geomecânico da área de estudo. O número de ensaios a serem realizados deve ser determinado pelo Projetista com anuência da fiscalização, abrangendo uma área e profundidade compatíveis com o volume de material necessário, de forma que seja suficiente para permitir um controle estatístico das características geotécnicas do material.

Os ensaios **mínimos** recomendados a serem realizados estão apresentados no Quadro 16 em função do tipo de material desejado, e tem objetivo de verificar se o material de empréstimo apresenta características compatíveis com sua utilização na obra.

Quadro 16. Ensaios de laboratório para estudo de jazida de empréstimo de solo.

Tipo de material	Ensaio
Material para terraplenagem	Ensaio de granulometria com sedimentação
	Ensaio de limite de liquidez
	Ensaio de limite de plasticidade
	Ensaio de massa específica real dos grãos
	Ensaio de massa específica natural
	Ensaio de umidade natural
	Ensaio de compactação
	Índice de suporte Califórnia
Material arenoso	Ensaio de granulometria por peneiramento
	Ensaio de equivalente de areia
	Ensaio de teor de matéria orgânica
	Ensaio de permeabilidade a carga constante ⁽¹⁾
Material pétreo	Ensaio de abrasão "Los Angeles"
	Ensaio de adesividade
	Índice de forma
	Durabilidade
	Ensaio de massa específica real

(1) Ensaio de permeabilidade poderão ser previstos no caso de aplicação de areia para estruturas de drenagem.

Para os casos em que o projeto geotécnico utiliza solos com características específicas e indispensáveis para o funcionamento conforme projetado (tais como permeabilidade, composição mineralógica, natureza, resistência ao cisalhamento, dentre outras), os tipos de ensaios previstos na elaboração do Plano de

Investigação devem ser definidos em função da(s) característica(s) limitante(s) do projeto, com anuência da fiscalização.

Nesta fase, a partir dos ensaios de caracterização, deve ser possível definir se as jazidas estudadas dispõem dos volumes necessários para empréstimo e definir se será necessário explorar outras áreas.

5.3 - Projeto Executivo (Concomitantemente à Execução de Obra)

Na fase de projeto executivo e execução de obra, o controle tecnológico é obrigatório na execução de aterros em qualquer dos seguintes casos:

- a) aterros com responsabilidade de suporte de fundações, pavimentos ou estruturas da contenção;**
- b) aterros com alturas superiores a 1,00 metro;**
- c) aterros com volumes superiores a 1000 m³.**

Para a realização desse controle, devem ser realizados os ensaios necessários obedecendo aos quantitativos determinados pela ABNT NBR 5681, citados no Quadro 17.

Quadro 17. Ensaios a serem quantificados na fase de projeto executivo concomitantemente à execução da obra.

Tipos de Ensaios	Quantidade de Ensaios
Ensaios de compactação	9 ensaios para cada 1000 m ³ de um mesmo solo; 1 ensaio para cada 1000 m ³ que excederem os primeiros 9000 m ³
Ensaios para determinação de massa específica seca in situ	9 ensaios para cada 500 m ³ de material compactado; 1 ensaio para cada 500 m ³ que excederem os primeiros 4500 m ³
Ensaios de granulometria, sedimentação e limites de liquidez de plasticidade	9 ensaios para cada grupo de quatro amostras de compactação; 1 ensaio para cada 1000 m ³ que excederem os primeiros 9000 m ³

Além dos ensaios geotécnicos referidos no Quadro 17, devem ser controlados no local no mínimo os seguintes aspectos:

- a) Preparação adequada do terreno para receber o aterro, especialmente a retirada de vegetação ou de restos de demolições eventualmente existentes;**
- b) Emprego de materiais selecionados para os aterros, não podendo ser utilizados turfas, argilas orgânicas, nem solos com matéria orgânica, devendo ainda ser evitado o emprego de solos expansivos;**
- c) As operações de lançamentos, homogeneização, umedecimento ou areação e compactação do material, de forma que a espessura da camada compactada seja de no máximo 20 cm;**
- d) As camadas devem ser compactadas, estando o material na umidade ótima do correspondente ensaio de compactação, admitindo-se uma variação desta umidade de no máximo 2% para mais ou para menos, ou menor faixa de variação conforme especificações especialmente elaboradas para a obra;**
- e) O grau de compactação a ser atingido é de no mínimo 95% ou mais elevado, conforme**

especificações especialmente elaboradas para a obra;

f) As camadas que não tenham atingido as condições mínimas de compactação, ou estejam com espessura maior que a máxima especificada, devem ser escarificadas, homogeneizadas, levadas à umidade adequada e novamente compactadas, antes do lançamento da camada sobrejacente.

6 - BARRAGEM

Para o projeto de barragens de médio e grande porte, devido à complexidade e interdisciplinaridade das decisões, o estudo geotécnico e geomecânico, em nível de Estudos Preliminares, Anteprojeto, Projeto Básico e Projeto Executivo, deve ser elaborado especificamente para cada caso.

Como referência para tais estudos e fases de concepção, devem ser consultados:

- Manuais do Empreendedor Sobre Segurança de Barragens, da Agência Nacional de Águas (ANA), principalmente o Volume V;
- Manuais e Diretrizes para Estudos e Projetos da Eletrobrás.

7 - USO DE DADOS HISTÓRICOS PARA CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

Os dados históricos poderão ser utilizados como informações geotécnicas válidas **para fins de classificação do solo para orçamentação**, nas seguintes situações e condições, observadas a pertinência, relevância e influência do lapso temporal na utilização dessas informações.

7.1 - Ensaios Realizados em Estudos e Projetos Existentes

Os dados de ensaios realizados no âmbito de estudos e projetos existentes podem ser utilizados para fins de classificação do solo, desde que os pontos de ensaio estejam no Cadastro Técnico de Sondagens mantido pela SUESP, acompanhados do devido Documento de Responsabilidade Técnica.

A critério da fiscalização pode ser solicitada a realização de novos ensaios para a caracterização do material de escavação das áreas.

7.2 - Dados de Medições de Obras Executadas

Em regiões **cujos** dados de medições de obras de RDAs e RCEs – executadas anteriormente na região de intervenção ou em regiões adjacentes à obra em contratação – apontem **integralmente** solos de primeira categoria, **estes** podem ser utilizados para classificação do solo de **pequenas porções** de redes remanescentes, observadas a pertinência e relevância de utilização dessas informações.

Para tanto, as obras anteriores devem ter sido executadas no regime de empreitada por preço unitário, sendo **mandatória** a apresentação das Anotações de Responsabilidade Técnica (ARTs) dos responsáveis técnicos de execução e fiscalização da obra original.

A critério da fiscalização, observando a relação entre a área de redes implantadas e a área projetada para a implantação total das redes, bem como o tipo e a variação da categoria do material de escavação observado nas regiões executadas, pode ser solicitada a realização de novos ensaios para a caracterização do material de escavação da área remanescente.

8 - CLASSIFICAÇÃO E TRANSPORTE DE SOLOS

Os materiais decorrentes das escavações em áreas de cortes serão classificados para efeito de projeto e **orçamento**, de acordo com as definições do Manual Geral de Obras da SANEAGO.

A metodologia para estabelecimento de distâncias de jazidas de empréstimo de materiais e **áreas de destinação de resíduos** estão estabelecidas na IN00.0444.

9 - NOMENCLATURA DOS PONTOS DE ENSAIO

A nomenclatura padronizada emprega um código alfanumérico com campos fixos, separados por delimitadores (hifens) para facilitar a legibilidade.

Todos os pontos de ensaio devem ser nomeados de acordo com a codificação apresentada nesta Seção.

O Quadro 18 ilustra o arranjo com o significado dos campos, que serão explicados na sequência.

Quadro 18. Codificação dos pontos de ensaio.

AAA-BBB-CCC-DD-EEEE				
AAA	BBB	CCC	DD	EEEE
Campo 1	Campo 2	Campo 3	Campo 4	Campo 5
Cidade	Tipo da unidade	Nome da unidade	Tipo de ensaio	Número do ponto

CAMPO 1 – CIDADE

Campo no código: **AAA**-BBB-CCC-DD-EEEE

O campo “CIDADE” deve ser preenchido com o código de três caracteres definido no Cadastro de Localidades SANEAGO, apresentados no APÊNDICE 1 – Código das Cidades do Módulo 01.03.

Ex.: Goiânia – Código SANEAGO (001)

CAMPO 2 – TIPO DA UNIDADE

Campo no código: AAA-**BBB**-CCC-DD-EEEE

Este campo deve ser usado para identificar qual unidade refere-se o ponto ensaiado, sendo composto por três caracteres como mostra o Quadro 19.

Quadro 19. Código do tipo da unidade.

Tipo da unidade	Código
Acesso	ACS
Administração	ADM
Adutora de Água Bruta	AAB
Adutora de Água Tratada	AAT
Barragem	BRR

Tipo da unidade	Código
Blocos de Ancoragem	BLC
Booster	BOO
Caixa	CXA
Calha Parshall	CPH
Captação Superficial	CPS
Casa de Cloração	CLR
Casa de Química	QUI
Centro de Reservação de Água	CRA
Coletor Tronco	COL
Decantador	DEC
Depósito	DEP
Desarenador / Caixa de Areia	DES
Digestor de Lodo	DGL
Emissário	EMS
Escritório	ECT
Estação de Tratamento de Água	ETA
Estação de Tratamento de Esgoto	ETE
Estação Elevatória de Água Bruta	EAB
Estação Elevatória de Água Tratada	EAT
Estação Elevatória de Esgoto	EEE
Estação Elevatória de Lodo	ELD
Estação Elevatória de Recirculação	EER
Filtro	FTR
Flotador	FLT
Galpão	GAL
Grupo Gerador de Energia	GGE
Guarita / Portaria	GUA
Interceptor	INT
Laboratório	LAB
Lagoa de Tratamento de Esgoto	LAG
Linha de Recalque de Esgoto	LRE
Medidor de Vazão	MVZ
Monovia Metálica	MOM
Muro de Arrimo	MAR
Outros	OUT

Tipo da unidade	Código
Poço Tubular Profundo	PTP
Rede Coletora de Esgoto	RCE
Rede de Distribuição de Água	RDA
Reservatório Apoiado	RAP
Reservatório Elevado	REL
Reservatório Enterrado	REN
Reservatório Hidropneumático	RHO
Reservatório Semienterrado	RSE
Sifão	SIF
Subestação de Energia	SEE
Tanque de Amortecimento Unidirecional (TAU)	TAU
Tanque de Contato	TQC
Tanque de Equalização	TEQ
Tratamento Preliminar	TPR
Travessia	TRA
UASB	UAB
Unidade de Tratamento de Resíduos	UTR

CAMPO 3 – NOME DA UNIDADE

Campo no código: AAA-BBB-**CCC**-DD-EEEE

Este campo corresponde ao nome da unidade e permite diferenciar duas unidades do mesmo tipo. Pode ser preenchido com números ou letras (com limite de 3 caracteres) sendo todos em maiúsculo. Não pode ser utilizado espaços ou caracteres especiais.

CAMPO 4 – TIPO DE ENSAIO

Campo no código: AAA-BBB-CCC-**DD**-EEEE

Este campo deve ser usado para identificar o tipo de ensaio previsto para o ponto identificado. É composto por 2 caracteres, como mostra o Quadro 20.

Nos casos em que a amostra deformada for coletada por meio de ensaios de sondagem a trado, deve-se utilizar o código referente à sondagem a trado acompanhado de um asterisco e especificação dos ensaios a serem realizados.

Quadro 20. Código para tipo de ensaios.

Código	Tipo
AD	Amostra Deformada
AI	Amostra Indeformada
SR	Sondagem Rotativa

Código	Tipo
SP	Sondagem a Percussão
ST	Sondagem a Trado
SM	Sondagem Mista

CAMPO 5 – NÚMERO DO PONTO

Campo no código: AAA-BBB-CCC-DD-**EEEE**

Este campo deve ser usado para identificar o número do ponto de ensaio. É composto por 4 caracteres e deve ser sequencial em função do tipo de obra, como mostra o Quadro 21. Não é permitido que a numeração seja repetida para um mesmo Projeto.

Quadro 21. Numeração dos pontos de ensaio.

Código	Tipo
0001 – 0099	Obras Localizadas
0100 – 0999	Obras Lineares
1000 – 9999	Obras de Redes (RDA/RCE)

Nos casos em que houver deslocamento do furo conforme o item 5.2.4.7 da NBR 6484, deverá ser adicionado aos nomes dos furos deslocados os complementos “A” e “B”.

10 - CONTEÚDO DOS DOCUMENTOS

Em geral, devem ser apresentados os arquivos listados no Módulo 01.03, que devem conter no mínimo as informações descritas nesta Seção.

Para qualquer fase de investigação, deve-se elaborar o respectivo Plano de Investigação Geotécnica (PIG), que consiste no planejamento com as informações necessárias e suficientes para a execução dos serviços de sondagens, ensaios de reconhecimento e caracterização do solo nas áreas de estudo e de projeto.

Após a execução dos serviços, deve-se elaborar o Relatório de Investigação Geotécnica (RIG), contendo a **Apresentação**, o **Relatório de Ensaio** e o(s) **Desenho(s)**.

10.1 - Plano de Investigação Geotécnica (PIG)

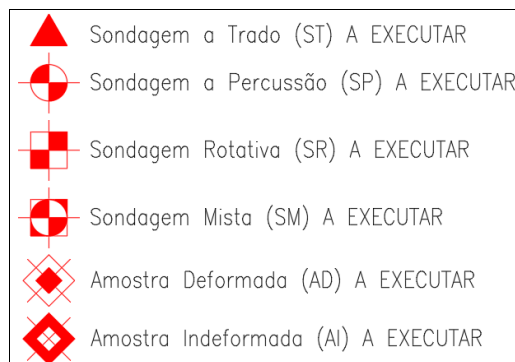
10.1.1 - Memorial Descritivo

- Normas técnicas (indicar a versão utilizada) e **demais** referências;
- **Relação** dos ensaios necessários nesta fase;
- Dimensionamento do quantitativo necessário para os serviços previstos.

10.1.2 - Desenhos

- Mapa Chave, **se houver**:
 - Projeção da área do sistema, destacando as unidades **a serem investigadas**;
 - **Tabela resumo contendo a relação das unidades a serem investigadas e seus respectivos pontos de ensaio.**
- **Desenhos Específicos:**
 - **Desenhos de locação das unidades. Caso os projetos de referência (Hidráulico, Arquitetônico ou Elétrico) estejam disponíveis, utilizá-los como desenho base, retirando as informações desnecessárias;**
 - **Locação planialtimétrica georreferenciada (UTM – SIRGAS 2000) dos pontos de ensaio previstos, com o nome e a simbologia correspondente (em cor vermelha, com legenda “A EXECUTAR”), conforme Figura 1;**
 - **Tabela(s) com os nomes dos pontos de ensaio, coordenadas (SIRGAS 2000 com a zona UTM), cota da boca do furo e profundidade estimada, separadas por tipo de ensaio.**

Figura 1: Simbologia a ser utilizada para os pontos de ensaio do PIG.



10.2 - Relatório de Investigação Geotécnica (RIG)

10.2.1 - Relatório de Ensaio

- Normas técnicas (indicar a versão utilizada) e **demaís** referências;
- Número da(s) ART(s) relativa(s) ao(s) ensaio(s), **nome do responsável técnico e número do registro profissional**;
- **Relação** dos ensaios executados nesta fase (semelhante ao apresentado no PIG);
- **Registro fotográfico da execução do ensaio mostrando o equipamento em operação para cada ensaio**;
- Boletins ou outros documentos elaborados a partir das informações coletadas em campo e laboratório;
- Os **boletins de sondagem a percussão (SP)** devem necessariamente conter as informações previstas na NBR 6484 e as listadas a seguir, exemplificadas no APÊNDICE 1 – Modelo de Boletim de

Sondagem.

- Nome do furo;
 - Cota da boca do furo;
 - Coordenadas do ponto de ensaio **em UTM (com a zona) SIRGAS 2000**;
 - Dados dos equipamentos de ensaio;
 - **Profundidade** final ensaiada;
 - Sistema de sondagem utilizado: manual ou mecanizado;
 - Número de golpes por penetração **de cada 15 cm** do amostrador;
 - Processos de perfuração empregados (**trado concha, trado helicoidal, circulação de água**);
 - Classificação do material amostrado;
 - Critério de **paralisação** do ensaio, referenciando o item da NBR 6484 **correspondente**;
 - Anotação dos dados de lavagem na cota de paralisação;
 - Anotação dos dados de observação (data e profundidade) do nível d'água no furo;
 - Data de início e fim do ensaio;
 - Nome do contratante;
 - Local e natureza da obra;
 - Nome do responsável técnico e seu número de registro no conselho profissional;
 - Número do documento de responsabilidade técnica relativo ao serviço.
- Os **boletins de sondagem a trado (ST)** devem necessariamente conter as informações previstas na NBR 9603 e as listadas a seguir.
 - Nome do furo;
 - **Cota da boca do furo**;
 - Coordenadas do ponto de ensaio **em UTM (com a zona) SIRGAS 2000**;
 - Dados do equipamento de ensaio;
 - Profundidade final ensaiada;
 - Classificação do material amostrado;
 - **Motivo do término da sondagem**;
 - Anotação dos dados de observação (data e profundidade) do nível d'água no furo;
 - Data de início e fim do ensaio;
 - Nome do contratante;
 - Local e natureza da obra;

- Nome do responsável técnico e seu número de registro no conselho profissional;
- Número do documento de responsabilidade técnica relativo ao serviço;
- **Os boletins de sondagem rotativa (SR) devem necessariamente conter as informações previstas em DNER-PRO 102/1997 e as listadas a seguir.**
 - **Nome do furo;**
 - **Cota da boca do furo;**
 - **Coordenadas do ponto de ensaio em UTM (com a zona) SIRGAS 2000;**
 - **Equipamento utilizado: tipo de avanço da sonda, tipos de coroas e barriletes;**
 - **Diâmetros de sondagem e profundidade dos revestimentos;**
 - **Comprimento de cada manobra;**
 - **Recuperação dos testemunhos (efetiva e/ou RQD);**
 - **Graus de fraturamento, de alteração e de coerência da rocha;**
 - **Classificação geológica das rochas;**
 - **Profundidade final ensaiada;**
 - **Anotação dos dados de observação (data e profundidade) do nível d'água no furo;**
 - **Motivo do término da sondagem;**
 - **Data de início e fim do ensaio;**
 - **Nome do contratante;**
 - **Local e natureza da obra;**
 - **Registro fotográfico dos testemunhos;**
 - **Nome do responsável técnico e seu número de registro no conselho profissional;**
 - **Número do documento de responsabilidade técnica relativo ao serviço;**
- **Os boletins de sondagem mista (SM) devem necessariamente conter a composição das informações previstas para os boletins de sondagem a percussão e rotativa nos trechos correspondentes.**

10.2.2 - Desenhos

- **Mapa Chave, se houver:**
 - **Projeção da área do sistema, destacando as unidades investigadas;**
 - **Tabela resumo contendo a relação das unidades investigadas e seus respectivos pontos de ensaio.**
- **Desenhos Específicos:**
 - **Desenhos de locação das unidades. Converter o(s) desenho(s) do PIG com as devidas**

adequações conforme executado;

- **Locação planialtimétrica georreferenciada (UTM – SIRGAS 2000) dos pontos de ensaio executados, com o nome e a simbologia correspondente (em cor verde, com legenda “EXECUTADA”), conforme Figura 2;**
- **Tabela(s) com os nomes dos pontos de ensaio, coordenadas (SIRGAS 2000 com a zona UTM), cota da boca do furo e profundidade sondada, separadas por tipo de ensaio.**

Figura 2: Simbologia a ser utilizada para os pontos de ensaio do RIG.

	Sondagem a Trado (ST) EXECUTADA
	Sondagem a Percussão (SP) EXECUTADA
	Sondagem Rotativa (SR) EXECUTADA
	Sondagem Mista (SM) EXECUTADA
	Amostra Deformada (AD) EXECUTADA
	Amostra Indeformada (AI) EXECUTADA

11 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **ABGE 107/2024: Ensaios de permeabilidade em solos utilizando furo de sondagem;**
- **ABGE 108/2024: Ensaio de perda d'água sob pressão;**
- ABNT NBR 5681: Controle tecnológico da execução de aterros em obras de edificações;
- ABNT NBR 6457: Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização;
 - ABNT NBR 6458: Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura 4,8 mm – Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água;
- ABNT NBR 6459: Solo – Determinação do limite de liquidez;
- ABNT NBR 6484: Solo – Sondagem de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio;
- ABNT NBR 6502: Solos e rochas – Terminologia;
- ABNT NBR 6508: Solo – Determinação da massa específica aparente;
- ABNT NBR 7180: Solo – Determinação do limite de plasticidade;
- ABNT NBR 7181: Solo – Análise granulométrica;
- ABNT NBR 7182: Solo – Ensaio de compactação;
- ABNT NBR 7185: Solo – Determinação da massa específica aparente, *in situ*, com emprego do frasco de areia;
- ABNT NBR 8044: Projeto geotécnico – Procedimento;
- ABNT NBR 9603: Sondagem a trado – Procedimento;

- ABNT NBR 9604: Abertura de poço e trincheira de inspeção em solo, com retirada de amostras deformadas e indeformadas – Procedimento;
- ABNT NBR 9813: Solo – Determinação da massa específica aparente *in situ*, com emprego de cilindro de cravação;
- ABNT NBR 9820: Coleta de amostras indeformadas de solos de baixa consistência em furos de sondagem – Procedimento;
- ABNT NBR 9895: Solo – Índice de suporte Califórnia (ISC) – Método de ensaio;
- ABNT NBR 10905: Solo – Ensaio de palheta *in situ* – Método de ensaio;
- ABNT NBR 11682: Estabilidade de encostas – Procedimento;
- ABNT NBR 12052: Solo ou agregado miúdo – Determinação do equivalente de areia – Método de ensaio;
- ABNT NBR 13292: Solo – Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos granulares à carga constante;
- NBR 13896: Aterros de resíduos não perigosos – Critérios para projeto, implantação e operação;
- ABNT NBR 14545: Solo – Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos à carga variável;
- ABNT NBR 16097: Solo – Determinação do teor de umidade – Métodos expeditos de ensaio;
- ABNT NBR 16853: Solo – Ensaio de adensamento unidimensional;
- ASTM D2166: *Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil*;
- ASTM D2850: *Standard Test Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils*;
- ASTM D3080: *Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions*;
- ASTM D4767: *Standard Test Method for Consolidated Undrained Triaxial Compression Test for Cohesive Soils*;
- ASTM D5778 – 07: *Standard Test Method for Electronic Friction Cone and Piezocone Penetration Testing of Soils*;
- ASTM D7181: *Standard Test Method for Consolidated Drained Triaxial Compression Test for Soils*;
- DNIT 381/2022 – Projeto de aterros sobre solos moles para obras viárias – Procedimento;
- Funasa/2019 – Manual de Saneamento;
- **IN00.0444 – Definição, orçamentação e controle de distância de jazidas e áreas de descarte ou bota-fora;**
- Lei nº 12334/2010 – Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PSNB) e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB).

12 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este documento integra o Manual de Projetos e é de titularidade exclusiva da SANEAGO para elaboração de projetos internos e externos. Este Módulo poderá ser alterado, suspenso ou cancelado a critério exclusivo da Superintendência de Estudos e Projetos, sendo qualquer atualização publicada no *site* da companhia. É de responsabilidade do usuário a utilização da última versão publicada. Sugestões e comentários devem ser enviados ao e-mail manualdeprojetos@saneago.com.br.

13 - CONTROLE DE REVISÕES

REVISÃO	DATA	HISTÓRICO
00	04/2023	Emissão inicial
00 01	03/2026	Revisão Geral 1

APÊNDICE 1 – MODELO DE BOLETIM DE SONDAAGEM A PERCUSSÃO

Nome do furo 001-EAT-1-SP-01		Cota da boca do furo ELV. 1000 m		REVESTIMENTO: Ø2.1/2" PROF: -13,63 m	
685599,00 m E 8151969,00 m S		UTM - 22K - SIRGAS 2000		AMOSTRADOR: Øint=1.3/8" Øext=2"	
ÍNDICE DE RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO DETERMINADO PELO NÚMERO DE GOLPES CORRESPONDENTE A 30 CM DO AMOSTRADOR-PADRÃO, APÓS A CRAVAÇÃO INICIAL UTILIZANDO MARTELO DE 65 KG.		Sistema de projeção e sistema de coordenadas		PESO: 65 Kgf ALTURA DE QUEDA: 75 cm	
COTAS		N.A.		NA - INICIAL: -3,18 m NA - APÓS 24h: -2,33 m	
Nº GOLPES		AVA		SISTEMA DE SONDAAGEM: Mecanizado	
0 20 40 60		PEI		CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL	
Número de golpes pela penetração (em cm) do amostrador		PROFUND.		ARGILA ARENOSA, MARROM MÉDIO.	
0 0 1 1 1 6 10 19 23 26 27 33 46		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17		Dados dos equipamentos de ensaio e profundidade final	
Critério de paralisação		TC CA		Sistema de sondagem utilizado	
Observação do nível d'água		Processos de perfuração empregados		ARGILA SILTOSA, MUITO MOLE, PRETA.	
Dados da lavagem - paralisação		AREIA ARGILOSA SILTOSA, VARIANDO DE FOFA A MUITO COMPACTA, MARROM ESCURO.			
OBSERVAÇÕES: Sondagem paralisação na profundidade - 13,63m conforme item 5.2.4.5 da NBR 6484.		NÍVEL D'ÁGUA		ENSAIO DE LAVAGEM POR TEMPO EM IMPENETRÁVEL	
DATA: 11/03/2020 HORA: 09:30 PROFUNDIDADE: -3,18 m		DATA: 11/03/2020 HORA: 09:40 PROFUNDIDADE: -2,75 m		INTERVALO PROFUNDIDADES AVANÇO	
DATA: 11/03/2020 HORA: 09:50 PROFUNDIDADE: -2,55 m		DATA: 12/03/2020 HORA: 09:30 PROFUNDIDADE: -2,33 m		00 A 10 min -13,61 A -13,62 m 0,01 m	
				10 A 20 min -13,62 A -13,63 m 0,01 m	
				20 A 30 min -13,63 A -13,63 m 0,00 m	
MÉTODO DE AVANÇO: PE-PERCUSSÃO		DATA: 11/03/2020		LOGO DA EMPRESA EXECUTORA	
TC - TRADO CONCHA TH-TRADO HELICOIDAL CA-CIRCULAÇÃO DE ÁGUA		ESCALA: 1:100			
CLIENTE: Nome do contratante SANEAMENTO DE GOIÁS S.A. - SANEAGO		FOLHA Nº: 01/01			
OBRA: Local e natureza da obra Endereço ou nome da obra		ART. Nº: XXXXXXXXXX		Número do documento de responsabilidade técnica	
R.T.: Responsável Técnico e nº de registro Nome do Engenheiro responsável - CREA XXXXXXXXXX					

APROVAÇÃO

Este documento normativo foi aprovado conforme as diretrizes da Política de Alçadas e Limites da Saneago – PL00.0125.



Documento assinado eletronicamente por BRUNO BARBOSA CAZORLA, SUPERINTENDENTE na SUPERIN. DE ESTUDOS E PROJETOS - SUESP, em 13/03/2026 15:40:12, horário oficial de Brasília, conforme Art. 2º, § 2º, III, “b”, da Lei Estadual nº 17.039/2010 e Art. 4º, II da Lei Federal nº 14.063/2020.