



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

*Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016*  
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

**João Gabriel Maia Pedreira**

**EXECUÇÃO DO SERVIÇO DE PAVIMENTAÇÃO DAS ALAMEDAS 14 E 16 DA  
ARSE 151 NA CIDADE DE PALMAS – TOCANTINS: estudo de caso de um  
empreendimento imobiliário do tipo loteamento residencial urbano**

Palmas - TO  
2018

**João Gabriel Maia Pedreira**

**EXECUÇÃO DO SERVIÇO DE PAVIMENTAÇÃO DAS ALAMEDAS 14 E 16 DA  
ARSE 151 NA CIDADE DE PALMAS – TOCANTINS: estudo de caso de um  
empreendimento imobiliário do tipo loteamento residencial urbano**

Monografia apresentada como requisito parcial da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II) do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas.

Orientador: Prof. *M.Sc* Edivaldo dos Santos.

JOÃO GABRIEL MAIA PEDREIRA

**EXECUÇÃO DO SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO DAS ALAMEDAS 14 E 16 DA  
ARSE 151 NA CIDADE DE PALMAS – TOCANTINS: estudo de caso de um  
empreendimento imobiliário do tipo loteamento residencial urbano**

Monografia apresentada como requisito parcial da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II) do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas.

Orientador: Prof. *M.Sc*, Edivaldo dos Santos.

Aprovado em     de     de 2018

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Orientador Edivaldo dos Santos, *M.Sc.*  
Centro Universitário Luterano de Palmas

---

Prof. Examinador Euzir Chagas  
Centro Universitário Luterano de Palmas

---

Prof. Examinador Fernando Moreno Suarte Júnior, *M.Sc.*  
Centro Universitário Luterano de Palmas

**Palmas - TO  
2018**

## DEDICATÓRIA

É hora de olhar para trás, sentir um pouco de orgulho por todo caminho percorrido, e de agradecer aos meus pais que além de me darem a vida e proporcionarem a minha formação educacional e acadêmica, obrigada por serem exemplos de vida. Meu pai exemplo de humildade, força, sabedoria, disciplina. Minha mãe exemplo de fé, solidariedade, amor, enfim pessoas especiais que Deus me deu a felicidade e orgulho de ter como pais e minha irmã sempre com um bom conselho para me dar e me ajudar.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos Amigos e pessoas presentes pois ninguém triunfa sem ajuda e o melhor de cada vitória é poder dividi-la com quem é importante para nós. Por isso, neste dia tão marcante, eu quero compartilhar minha alegria e dedicar minha gratidão a todos que fazem parte da minha vida.

## EPÍGRAFE

A fé na vitória tem que ser inabalável

## RESUMO

PEDREIRA, João Gabriel Maia. Trabalho de Conclusão de Curso. 2018. **Acompanhamento na execução dos serviços de terraplenagem na cidade de Palmas – Tocantins: estudo de caso de um empreendimento imobiliário do tipo loteamento residencial urbano.** Curso de Engenharia Civil. Centro Universitário Luterano de Palmas. Palmas – Tocantins.

O presente estudo teve como principal objetivo demonstrar a importância do estrito cumprimento das normas e diretrizes que incidem sobre os procedimentos e processos inerentes a execução de terraplenagem para fins de implantação de sistema viário urbano. Foram analisadas as condições construtivas e estruturais de duas alamedas de uma quadra residencial e comercial localizada na região sul da cidade de Palmas – Tocantins. A terraplenagem é a atividade de engenharia caracterizada basicamente pela movimentação de terra, seja pela retirada ou alocação de volumes de materiais selecionados em áreas específicas com a finalidade de sustentar e distribuir cargas. A metodologia adotada na elaboração do presente trabalho se baseou no estudo de caso das alamedas 14 e 16 da quadra ARSE 151 (antiga 1501) em Palmas. O acompanhamento das atividades construtivas, bem como o resultado das análises das amostras de material coletado nas alamedas em estudo, demonstrou a importância do cumprimento integral das diretrizes e parâmetros normativos vigentes para os processos que compõem a terraplenagem, em especial as normas DNIT 104/2009 – ES; DNIT 105/2009 – ES; DNIT 106/2009 – ES e DNIT 107/2009 – ES, que se fazem as principais nesse segmento construtivo e garantem a qualidade final do aterro construído.

Palavras-chave: Terraplenagem. Normas. Processos. Solos.

## ABSTRACT

PEDREIRA, João Gabriel Maia. Final Project. 2018. **Monitoring implementation of the earthwork services in the city of Palmas-Tocantins: case study of a real estate development of urban residential allotment type.** Civil Engineering course. Lutheran University Center of Palmas. Palmas-Tocantins.

The present study had as main objective to demonstrate the importance of strict compliance with rules and guidelines on the procedures and processes inherent in the execution of earthworks for urban road system deployment. Constructive conditions were analyzed and two lanes of a structural block residential and located in the southern region of the city of Palmas-Tocantins. The earthworks are engineering activity characterized essentially by the movement of Earth, either by withdrawal or allocation of volumes of selected materials in specific areas in order to support and distribute loads. The methodology adopted in the preparation of this study based on the case study of 14 and 16 lanes of block 151 ARSE (1501) in Palmas. The monitoring of construction activities, as well as the result of the analyses of the samples of material collected in the malls in study, demonstrated the importance of full compliance with the guidelines and regulatory parameters for processes that make up the embankment, in particular the norms 104/2009-ES DNIT; DNIT 105/2009-ES; DNIT 106/2009-S and-ES, and DNIT 107/2009, are the main constructive in this segment and guarantee the final quality of the embankment built.

Key Word: Earthwork. Standards. Processes. Soils.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Perfil de Solo Residual.....	17
Figura 2 - Estrutura de Pavimento Flexível. ....	24
Figura 3 – Seções esquemáticas de corte e aterro .....	31
Figura 4 - Estimativa de terraplenagem na construção de vias.....	32
Figura 5 – Modelo esquematizado de elementos de micro drenagem .....	35
Figura 6 – Modelo esquematizado de macro drenagem urbana .....	36
Figura 7 – Área de estudo - Quadra residencial e comercial na região sul de Palmas	42
Figura 8 – Esboço esquemático para estimativa de terraplenagem.....	44
Figura 9 - Determinação das espessuras em função do N e dos IS. ....	50
Figura 10 - Simbologia de identificação das espessuras. ....	53
Figura 11 – Resumo dos resultados dos ensaios - Sub-leito .....	54
Figura 12 – Resumo dos resultados dos ensaios - Base .....	55
Figura 13 – Resumo dos resultados dos ensaios – Base – Solicitado pela Prefeitura	56
Figura 14 – Vista de área de supressão de vegetação e depósito de material selecionado .....	60
Figura 15 – Bota fora nas proximidades do empreendimento imobiliário.....	61
Figura 16 – Vista da porção oeste da alameda 14 após a escavação .....	62
Figura 17 – Distribuição de camada fina .....	63
Figura 18 – Alameda após a escarificação e revolvimento do material.....	64
Figura 19 – Trecho da alameda após etapa de rolagem com rolo pé de carneiro ....	65
Figura 20 – Distribuição de material.....	66
Figura 21 – Trecho da alameda com primeira camada compactada.....	67
Figura 22 – Trator de pneu com grade de arrasto.....	68
Figura 23 – Nivelamento .....	69
Figura 24 – Vista de trecho da alameda em fase de acabamento .....	70
Figura 25 – Área impactada pela ação da chuva .....	71
Figura 26 – Trecho de alameda com solo exposto e surgimento de processo erosivo	72

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Granulometrias para os materiais da camada de base .....	50
Tabela 2 - Notas de quantitativo de terraplenagem.....	53
Tabela 3 – Relação do maquinário utilizado nos serviços de terraplenagem no empreendimento .....	58

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	12
1.1 Objetivos .....	14
1.1.1 Objetivo Geral .....	14
1.1.2 Objetivos Específicos.....	14
1.2 Justificativa .....	15
1.3 Problema .....	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1 Solos: Conceito e definição.....	17
2.1.1 Propriedades do solo .....	18
2.1.2 Ensaios laboratoriais para determinação da resistência do solo .....	19
2.2 Ensaios de Caracterização e Classificação .....	20
2.2.1 Ensaio de Granulometria .....	20
2.2.2 Limites de liquidez e plasticidade.....	21
2.2.3 Ensaio de umidade .....	22
2.3 Definições de pavimento.....	23
2.4 Tipos de pavimento.....	23
2.5 Camadas constituintes do pavimento flexível .....	24
2.5.1 Revestimento ou camada de rolamento .....	25
2.5.2 Base.....	25
2.5.3 Sub-Base .....	25
2.5.4 Subleito .....	25
2.5.5 Reforço do Subleito .....	26
2.5.6 Regularização do Subleito .....	26
2.5.7 Leito .....	26
2.6 Classificação dos revestimentos.....	27
2.7 Terraplenagem: Conceito e características .....	28
2.7.1 Cálculo do volume de terraplenagem .....	30
2.7.2 Método de seção média.....	30
2.7.3 Método Trapezoidal .....	32
2.7.4 Método Piramidal .....	32
2.8 Movimentação de solo: Corte e aterro .....	33

2.9 Seção de preenchimento .....	34
2.10 Conceito e definição de Drenagem.....	34
2.10.1 Tipos de drenagem urbana .....	35
2.10.1.1 Micro Drenagem Urbana .....	35
2.10.1.2 Macro Drenagem Urbana.....	36
2.10.2 Elementos estruturais do sistema de drenagem urbana .....	37
2.11 A importância da Drenagem Urbana.....	38
3 METODOLOGIA.....	41
3.1 Caracterização do empreendimento .....	41
3.2 Métodos de coleta de dados .....	43
3.3 Coleta das amostras e Análise laboratorial.....	45
3.3.1 Coleta de dados Estatísticos de Tráfego .....	45
3.3.2 Coleta de Amostras .....	45
3.3.3 Preparações das Amostras.....	46
3.4 Realização dos ensaios .....	46
3.4.1 Análise Granulométrica.....	46
3.4.2 Limite de liquidez (LL).....	46
3.4.3 Limite de plasticidade (LP).....	47
3.4.4 Ensaio de Compactação .....	47
3.4.5 Índice de Suporte Califórnia (CBR) .....	47
3.5 Dimensionamento do aterro.....	47
3.6 Etapas de acompanhamento da execução de terraplenagem .....	48
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
4.1 Dimensionamento do aterro.....	49
4.2 Análise laboratorial do material empregado na terraplenagem.....	51
4.3 Acompanhamento da execução dos trabalhos de terraplenagem .....	58
4.1 Limpeza e supressão de vegetação .....	59
4.2 Remoção de estruturas existentes.....	61
4.3 Escavação para implantação de vias.....	62
4.4 Aterro .....	65
4.5 Cuidados necessários na execução de terraplenagem .....	70
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	73
REFERÊNCIAS.....	76

## 1 INTRODUÇÃO

O presente estudo objetivou acompanhar os trabalhos acerca da execução dos serviços de terraplenagem em um empreendimento do tipo loteamento residencial e comercial, localizado na região sul de Palmas – Tocantins, no primeiro semestre de 2018.

A pesquisa apresentada demonstrará os processos, etapas e partes constituintes da terraplenagem e suas normas técnicas especificadas para cada uma delas com base no manual e confiáveis sobre os processos de terraplenagem e com isso apontar possíveis meios de melhoria na eficiência dos movimentos de terra graças a uma melhor utilização da patrulha empregada na construção e um fluxo de informação melhorado.

Os processos de trabalho de movimentação de solo e terraplenagem são influenciados por uma ampla gama de fatores, incluindo condições edafoclimáticas e pedológicas entre outras variáveis como os fatores relacionados à máquina, condições do trânsito, restrições de locação ou o próprio local em si e outros fatores humanos relacionados. Escavadeiras hidráulicas, rolos pneumáticos, caminhões em geral são equipamentos pesados e por isso se faz necessário otimizar sua eficiência operacional de forma que a qualidade final do serviço executado não seja comprometida em curto, médio ou longo prazo.

Dada a natureza dinâmica do local da obra bem como a repentina variação das condições climáticas como a temperatura, precipitação vento, podem levar a perturbações do processo, como restrições completas nas estradas do canteiro ou um abrandamento considerável na execução das etapas da terraplenagem. Portanto, é necessário que se obtenham dados precisos nas etapas das operações no decorrer da execução dos serviços para que se consiga reduzir o desperdício nos processos de terraplenagem.

Os setores envolvidos na mecanização do solo contam, atualmente, com uma vasta gama de ferramentas voltadas para o controle tecnológico na execução da terraplenagem e soluções comerciais para permitir operações telemáticas durante esse processo (por exemplo, suporte remoto, gerenciamento de frotas, controle de classificação das operações), ainda que o custo de aquisição e aplicação dessas soluções seja restritivo.

As observações no canteiro de obras e as informações colhidas irão demonstrar o tempo de espera para escavadeiras e caminhões basculantes nos procedimentos operacionais adotados pela empresa executora da obra.

No entanto, apesar desta evidência, há uma falta de dados em tempo real ou de arquivamento disponíveis nas operações em obras de terraplenagem além de não ser gasto o esforço suficiente para coletar dados confiáveis e precisos que possam permitir uma melhor aferição do que é empregado na execução dos processos. Para permitir um processo otimizado, é evidente a necessidade de uma coleta automatizada de dados em tempo real em canteiros de obras.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo Geral

Estudar os serviços e processos constantes da execução de terraplenagem em duas alamedas de um empreendimento imobiliário do tipo loteamento de quadra residencial e comercial urbana localizada na região sul da cidade de Palmas – Tocantins.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Estudar a terraplenagem e suas especificidades técnicas;
- Coletar e analisar em laboratório, amostras de material do aterro das alamedas estudadas;
- Descrever o maquinário empregado na execução dos processos e etapas da terraplenagem;
- Transcrever as etapas dos processos e serviços necessários a execução da terraplenagem nas alamedas 14 e 16 do loteamento em estudo.

## 1.2 Justificativa

A execução dos serviços de terraplenagem também chamado de movimentação de solo, é um dos principais processos na implantação de obras e estruturas no setor da engenharia civil. Essa atividade específica representa a preparação de uma área ou terreno afim de possibilitar a materialização de uma obra ou construção em geral, seja estrada, barragem, ponte, casa, prédio, etc.

Considerando que o estado do Tocantins e principalmente a capital Palmas se encontra em plena fase de implantação, o estudo voltado para a terraplenagem mostra total relevância, já que a implantação de rodovias, pavimentação de estradas de terra já existente e no caso de Palmas, a pavimentação de quadras e vias de acesso são ações rotineiras para o poder público.

Dessa forma, a total observância das normas técnicas na execução dos processos de terraplenagem se mostra indispensável para que se ganhe produtividade e ao mesmo tempo diminua custos em face da diminuição de perdas e desperdícios na operacionalização de máquinas e equipamentos, sem que se perca a qualidade da obra executada, prevenindo assim, o surgimento de patologias na base que dará suporte para a obra angariada.

A terraplenagem em si é uma exigência da grande maioria das obras, seja qual for a natureza, extensão e finalidade da mesma. No presente estudo, o plano central está focado no controle tecnológico de terraplenagem para implantação de pavimentação asfáltica nas alamedas de uma quadra residencial de Palmas – Tocantins, onde se encontra em fase de implantação um empreendimento imobiliário no seguimento de loteamento residencial e comercial (área mista).

O presente estudo se justifica pela importância dessa temática na rotina de todos os profissionais envolvidos na execução de obras de terraplenagem e principalmente para o engenheiro civil, que é o profissional responsável por aplicar nas obras em geral, as tecnologias desenvolvidas para o setor, além da preocupação com o grau de exigência por parte das normas técnicas que regulam esse setor construtivo no Brasil.

Para a comunidade acadêmica a pesquisa servirá como fonte de dados e informações visando a elaboração de novos estudos e aprofundamento nessa mesma temática, que se faz presente na rotina dos profissionais da construção civil.

### **1.3 Problema**

A cidade de Palmas e o estado do Tocantins demonstram grande potencial no setor de obras públicas, e dentre elas o de pavimentação em geral, havendo uma demanda considerável por serviços dessa natureza. Com isso se faz necessário o aprimoramento dos procedimentos e técnicas de execução de serviços de terraplenagem.

Dessa forma tem-se o seguinte questionamento: Qual o grau de observância das normas regulamentadoras voltadas para a terraplenagem por parte da empresa executora dos serviços de implantação do empreendimento em estudo?

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

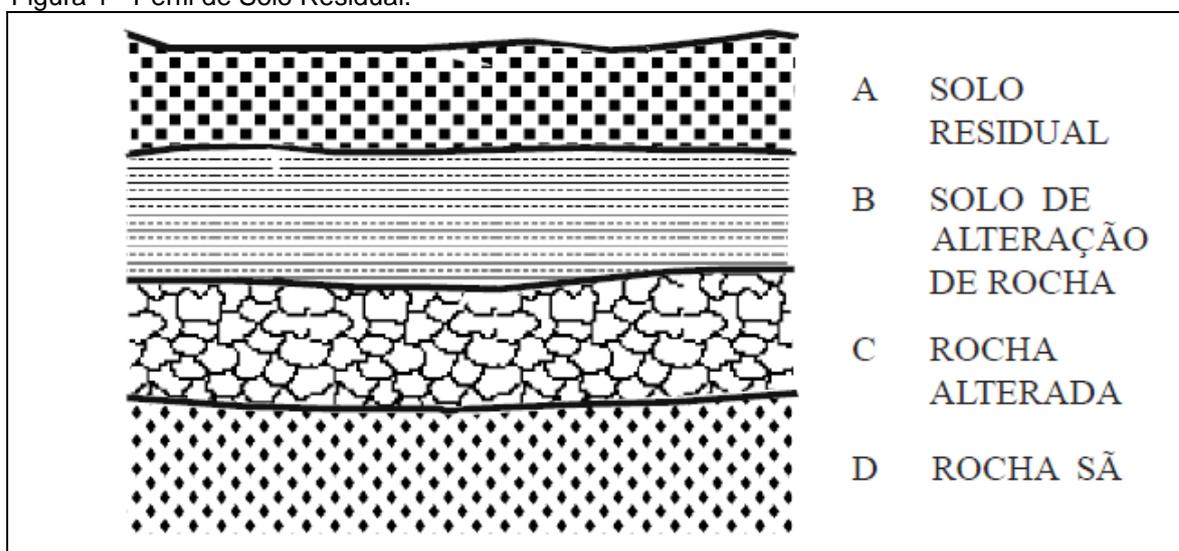
### 2.1 Solos: Conceito e definição

Solo é a massa composta de materiais existentes na crosta terrestre, principalmente as rochas e fragmentos desintegrados natural ou mecanicamente. Esses materiais são componentes da litosfera (parte superior da crosta terrestre) e não oferecesse resistência intransponível à escavação mecânica que a faça perder totalmente sua resistência, quando em contato prolongado com a água (DAS, 2007).

Segundo descreve Fernandes (2014), as rochas e minerais que compõem a crosta terrestre fornecem matéria-prima para o desenvolvimento da maioria dos solos do mundo. Os processos de desintegração (fragmentação, divisão e desprendimento) e decomposição (formação de substâncias mais simples de substâncias complexas) são responsáveis pela produção de materiais aparentes e soltos não consolidados a partir de rochas e minerais, recebendo esse processo a denominação intempérie.

E originado da decomposição de uma matriz rochosa a qual e denominada de rocha mãe ou matriz, este solo e caracterizado por permanecer no local de origem, sem sofre transporte por agentes físicos, como explica DNIT (2006).

Figura 1 - Perfil de Solo Residual.



Fonte: DNIT (2006)

Fiori (2009), explica que somente alguns solos desenvolvem-se a partir de materiais originais orgânicos que são formados por deposição de resíduos de vegetação passada, geralmente acumulada em condições úmidas.

Para a engenharia civil, no estudo geotécnico especificamente, os solos são considerados materiais trifásicos, composto por: partículas de rocha ou minerais, água e ar. Os vazios de um solo (espaços entre partículas minerais) são complementados com água ou ar, ou ambos (MASSAD, 2010).

As propriedades de engenharia dos solos são afetadas por quatro fatores principais: o tamanho predominante das partículas minerais, o tipo de partículas minerais, a distribuição do tamanho do grão e as quantidades relativas de mineral, água e ar presentes na matriz do solo. As partículas finas são definidas como partículas com menos de 0,075 mm de diâmetro (GERSCOVICH, 2012).

Os solos consistem em uma mistura de partículas de diferentes tamanhos, forma e mineralogia. Como o tamanho das partículas obviamente tem um efeito significativo no comportamento do solo, o tamanho do grão e a distribuição do tamanho do grão são usados para classificar os solos. A distribuição do tamanho do grão descreve as proporções relativas de partículas de vários tamanhos. O tamanho do grão é muitas vezes visualizado em um gráfico de distribuição cumulativa que, por exemplo, traça a porcentagem de partículas mais finas do que um determinado tamanho em função do tamanho (PINTO, 2008).

### 2.1.1 Propriedades do solo

No entendimento de Queiroz (2009), algumas das propriedades importantes dos solos que são utilizados pelos engenheiros geotécnicos para analisar as condições do local e design de terraplenagem, estruturas de retenção e fundações são:

**Peso específico ou peso unitário** - Peso cumulativo das partículas sólidas, água e ar do volume unitário do solo. Note-se que a fase do ar é frequentemente assumida como sem peso.

**Porosidade** - Relação do volume de vazios (contendo ar, água ou outros fluidos) em um solo ao volume total do solo. A porosidade está matematicamente relacionada à razão de vazio, por aqui  $e$  é o índice de vazios e  $n$  é a porosidade

**Taxa de vazio** - A proporção do volume de vazios para o volume de partículas sólidas em uma massa de solo. O índice de vazio é matematicamente relacionado à porosidade.

**Permeabilidade** - Uma medida da capacidade da água para fluir através do solo. É expresso em unidades de velocidade.

**Compressibilidade** - A taxa de mudança de volume com estresse efetivo. Se os poros estiverem cheios de água, então a água deve ser espremida dos poros para permitir a compressão volumétrica do solo; Esse processo é chamado de consolidação.

**Força de cisalhamento** - O esforço de cisalhamento máximo que pode ser aplicado na massa do solo sem causar falha de cisalhamento.

**Limites Atterberg** - Limite de líquido, limite plástico e limite de encolhimento. Esses índices são utilizados para estimar outras propriedades de engenharia e para a classificação do solo.

### 2.1.2 Ensaios laboratoriais para determinação da resistência do solo

Os parâmetros de força podem ser medidos em laboratório através da utilização de alguns protocolos específicos para essa finalidade, quais sejam o teste de cisalhamento direto, teste de cisalhamento triaxial, teste de cisalhamento simples, teste de cone de queda e teste de palheta (mão) (SCHNAID, 2000).

Segundo explica Almeida (2014), existem inúmeros outros dispositivos e variações sobre esses dispositivos usados na prática atualmente. Os testes

realizados para caracterizar a resistência e a rigidez dos solos incluem o teste de penetração com cone e o teste de penetração padrão ou SPT (*Standart Penetration Test*, em inglês).

## **2.2 Ensaios de Caracterização e Classificação**

Para a realização dos ensaios de caracterização dos índices físicos são colocados em prática de acordo com o padrão operacional vigentes nas normas brasileiras nos seguintes quesitos:

- Granulometria - NBR 7181/2016;
- Limites de liquidez - NBR 6459/2016;
- Limites de plasticidade - NBR 7180/2016;
- Determinação do teor de umidade do solo - anexo A da NBR 6457/2016.

### 2.2.1 Ensaio de Granulometria

O ensaio de granulometria é aplicado na classificação do solo em face das dimensões apresentadas pelos grãos, com o percentual de massa seca de cada classe representada. O procedimento experimental é desenvolvido de acordo com a NBR 7181/2016, para obter a curva granulométrica e caracteriza-los.

O ensaio é segmentado em dois tópicos distintos, de acordo com a característica do solo e o propósito da pesquisa, dividindo-se em análise granulométrica por peneiramento e análise granulométrica por sedimentação. Materiais que serão utilizados na realização do ensaio são: amostra de solo, balança de precisão 0,1g, serie de peneiras ABNT, bandeja, cronômetro e estufa.

### 2.2.2 Limites de liquidez e plasticidade

O ensaio que determina o limite de liquidez (LL) tem como objetivo identificar qual o teor de umidade para que ocorra a transição do estado do solo, de líquido para o plástico. O experimento será realizado de acordo com a NBR que determina tal procedimento, a NBR 6459/2016 - Determinação do Limite de Liquidez de Solos.

Para realização do ensaio, são utilizados os seguintes materiais: aparelho de Casagrande, espátula, balança de precisão de 0,1g, estufa, cinzel, vasilhame de porcelana, cápsulas para determinar a umidade e amostras de solo. Uma amostra de solo de 200 gramas já pesada previamente é disposta em um vasilhame de porcelana, em seguida são adicionadas pequenas porções de água à amostra e mistura-se com auxílio da espátula, para realizar a homogeneização do material. Parte dessa amostra então é colocada no aparelho Casagrande, e nivelada. Com o cinzel é feito um sulco no centro da amostra de forma perpendicular à ação da concha que efetua os golpes.

A altura da queda da concha é de 1,0 cm, com frequência de duas quedas por segundo, de forma que a manipulação seja uniforme durante todo o ciclo. Os golpes devem ser repetidos até que ambas as partes de solo separadas pelo vinco se unam novamente. O número de golpes necessário para unir as partes deverá ser contabilizado e registrado.

A amostra de solo onde ocorreu a junção deverá ser colocada em uma cápsula para realizar a pesagem do material, sendo o peso da cápsula desconsiderado. Em seguida o material será levado para a estufa a uma temperatura de 110°C, para determinação da umidade. O restante do material deve ser colocado no recipiente, acrescido água e homogeneizado novamente para repetir todo o procedimento. Esse experimento deverá ser realizado com as demais amostras também.

Para o cálculo do teor de umidade ( $W_o$ ) usa-se a função:  $W_o (\%) = (\text{Peso de água} / \text{Peso do solo seco}) \times 100$  e com os pares de valores (número de golpes, teor de umidade) constrói-se um gráfico relacionando teores de umidade, em escala aritmética (eixo y) com o número de golpes em escala logarítmica (eixo x). O teor de umidade para 25 golpes, obtido por interpolação linear é o LL.

Já o experimento do limite de plasticidade (LP), visa obter o teor de umidade limite de transição do solo do seu estado plástico para o estado semissólido, quando o solo torna-se quebrável. O ensaio será realizado nas conformidades da NBR-7180/2016 - Determinação do Limite de Plasticidade de Solos.

Para realização do ensaio do limite de plasticidade, os seguintes materiais serão utilizados: placa de vidro fosco, espátula, balança de precisão de 0,1g, estufa, vasilhame de porcelana, gabarito de formato cilíndrico e amostras de solo.

Inicialmente, uma pequena porção da amostra será acrescida água e homogeneizada, em seguida a amostra deverá ser modelada buscando uma forma cilíndrica de 3mm de diâmetro e 10cm de comprimento e consistência plástica. Caso a amostra fissure antes de chegar as dimensões estabelecidas, deve-se coloca-la no recipiente, acrescentar água e homogeneizar novamente e então repetir todo o processo. A amostra será moldada até obter forma que se assemelhe a do gabarito. A atividade será finalizada quando a amostra se dividir em pequenos fragmentos com as dimensões estabelecidas, que serão colocadas em um recipiente, depois aferido o peso e por fim as amostras levadas para estufa entre temperaturas de 105 a 110°C por 24 horas para verificar a umidade. Repete-se o procedimento para as demais amostras.

A média dos valores de umidade deverá ser calculada aceitando valores cuja variação seja de até 5% da média, esse valor encontrado é o (LP).

### 2.2.3 Ensaio de umidade

Este ensaio objetiva a quantificação de líquido presente na amostra de solo, com base na NBR-6457/2016 - Determinação do Teor de Umidade do Solo. Os materiais que serão utilizados são: cápsulas metálicas, bandeja metálica grande, almofariz, mão de grau, peneiras

19mm e 4,8mm, balança de precisão de 0,1g, estufa e amostra de solo.

As cápsulas metálicas deverão ser identificadas e pesadas previamente, para então receber as amostras de solo que devem ser misturadas no almofariz. Ao receber o solo, as cápsulas deverão ser novamente pesadas. O solo a ser utilizado

no teste deverá ser homogeneizado de forma que não sejam alteradas suas características naturais.

As cápsulas preenchidas com solo em estado natural depois de pesadas devem ser levadas para estufa, onde permanecerão por 24h. Passado esse período, com o solo já seco, o procedimento de pesagem deverá ser realizado novamente. O procedimento deve ser feito ao menos com três amostras, para obtenção dos parâmetros. O resultado final será a média aritmética do resultado das três amostras.

O teor de umidade do solo é calculado com a seguinte expressão:  $W = [(\text{Peso do solo úmido} - \text{Peso do solo seco}) / \text{Peso do solo seco}] \times 100$ .

### **2.3 Definições de pavimento**

O pavimento constitui-se de uma estrutura construída sobre a superfície, sendo obtida pelos serviços de terraplenagem e destinada a utilização dos usuários, onde suas funções básicas são, resistir e distribuir ao subleito, os esforços verticais oriundos da superfície, produzidos pelo tráfego, melhorando as condições de rolamento, quanto à comodidade e segurança, e resistir aos esforços horizontais que nela atuam, tornando-a mais durável (ABNT, 1982).

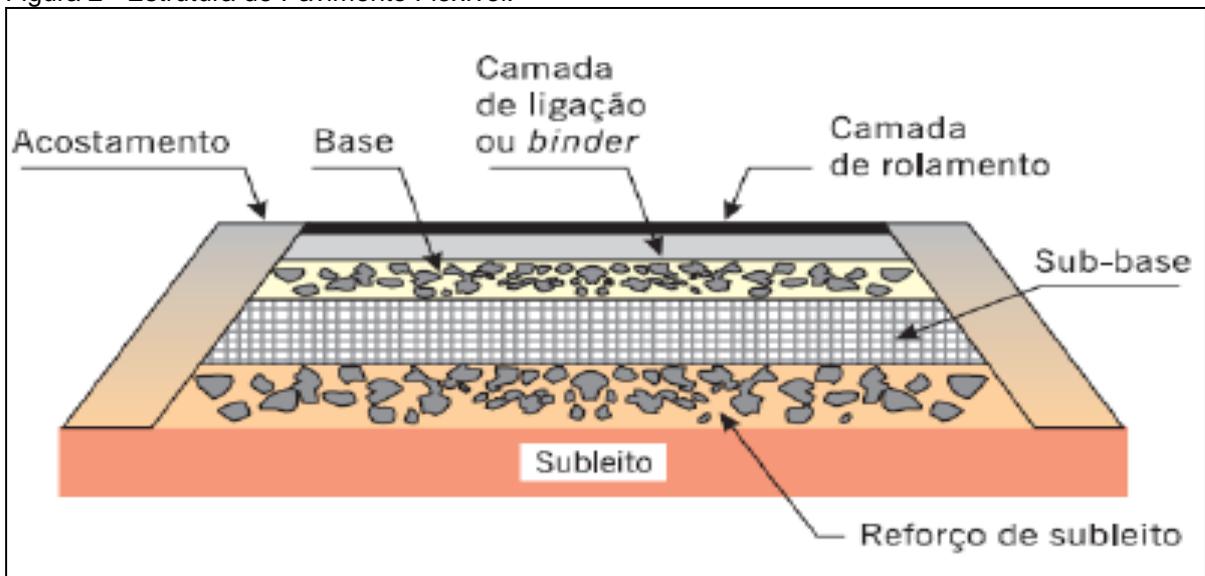
Segundo descreve Brasil (2006), o pavimento é uma estrutura constituída por um sistema de camadas na qual suas espessuras são finitas, assentes sobre um semi-espaço considerado teoricamente como infinito, sendo a infraestrutura ou terreno de fundação, a qual é denominada subleito.

### **2.4 Tipos de pavimento**

Os pavimentos podem ser classificados em três categorias principais, de acordo com DNIT (2006);

- Flexível - onde pode haver deformações elásticas significativas em todas as camadas sob o carregamento aplicado, pois as cargas se distribuem em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas.
- Semi-rígido - é conhecido como uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias, e sendo revestida por uma camada asfáltica.
- Rígido - é caracterizado por possuir uma elevada rigidez em seu revestimento em relação às camadas inferiores, podendo absorver praticamente todas as tensões provenientes do carregamento exercido.

Figura 2 - Estrutura de Pavimento Flexível.



Fonte: Bernuci (2006)

Nos pavimentos há situações intermediárias em que é difícil estabelecer um limite entre as duas famílias de pavimentos. No entanto, além de certas misturas betuminosas, os materiais como cimento e a cal, resistem apreciavelmente a tração. A consideração de deformabilidades simultâneas e resistência dos diferentes materiais, permitirá fazer um melhor conhecimento da rigidez ou flexibilidade dos pavimentos (SOUZA, 1980).

## 2.5 Camadas constituintes do pavimento flexível

### 2.5.1 Revestimento ou camada de rolamento

É a camada destinada a impermeabilizar o pavimento e resistir diretamente às ações do tráfego, melhorar as condições de rolamento quanto ao conforto, segurança e comodidade, e transmitir os esforços horizontais, às camadas inferiores, de forma atenuada, tornando assim, a superfície de rolamento mais durável (DNIT, 2006).

### 2.5.2 Base

É a camada considerada estruturalmente a mais importante, com a função de resistir e redistribuir os esforços oriundos dos veículos, de forma atenuada as camadas subjacentes (subleito), podendo ser construída com materiais estabilizados granulometricamente ou quimicamente, utilizando-se a cal, cimento, betume e dentre outros (DNIT, 2006).

### 2.5.3 Sub-Base

É a camada complementar á base, só executada quando não for conveniente executar a própria base diretamente sobre a fundação regularizada (leito), por razões de ordem econômica, reduzindo a espessura da base, podendo exercer as mesmas funções da base, drenar infiltrações e controlar a ascensão capilar da água, quando for o caso (DNIT, 2006).

### 2.5.4 Subleito

É a própria fundação dita (terreno), onde a mesma tem a função de resistir os esforços oriundos transmitidos pelas camadas superiores (DNIT, 2006).

#### 2.5.5 Reforço do Subleito

É a camada executada sobre o leito regularizado, tendo como objetivo de reduzir as camadas superiores e melhorar as características do subleito, através de compactações realizadas com base no CBR, obtido através de controle de qualidade (DNIT, 2006).

#### 2.5.6 Regularização do Subleito

É uma camada de espessura variável, executada quando necessário, a conformar o leito, transversalmente ou longitudinalmente, com o objetivo de receber o pavimento. Entretanto, nas antigas estradas não pavimentadas é viável fazer a regularização, evitando-se o corte e a escarificação de uma camada superficial já existente pelo o tráfego (DNIT, 2006).

#### 2.5.7 Leito

É a própria superfície do subleito, oriunda através da terraplenagem ou pelo o terreno natural (DNIT, 2006). Embora, o pavimento asfáltico tem suas generalidades, possuindo um processo de camadas que as tornam um pavimento flexível, como na

## 2.6 Classificação dos revestimentos

Os revestimentos flexíveis betuminosos podem ser caracterizados por penetração e por mistura. Por penetração: tratamentos superficiais betuminosos e macadames betuminosos. Por mistura: pré-misturado de graduação tipo aberta, pré-misturado de graduação tipo densa, areia betume e concreto betuminoso, de acordo com (DNIT, 2006):

- a) Revestimentos flexíveis betuminosos – por penetração é caracterizada pelas modalidades de penetração direta, penetração invertida e mistura de materiais betuminosos.
- Revestimentos betuminosos por penetração direta – são revestimentos executados através do espalhamento e compactação de camadas de agregados com granulometria e forma apropriada, submetida a uma aplicação de material betuminoso e com uma aplicação final de agregado miúdo na última camada. O macadame betuminoso é um revestimento típico por penetração direta, no qual o seu processo construtivo é parecido ao tratamento duplo, podendo também ser utilizado como camada de base.
  - Revestimentos betuminosos por penetração invertida - são revestimentos executados através de uma ou mais aplicações de material betuminoso, com várias repetições de espalhamento e compressão de camadas de agregados com granulometrias apropriadas. Os revestimentos característicos intitulados através do número de camadas são tratamento superficial simples, tratamento superficial duplo e tratamento superficial triplo.
  - Revestimentos betuminosos por mistura – os agregados são envolvidos com o material betuminoso, antes da compressão, resultando-os em pré-misturados na própria usina e os pré-misturados na pista, conhecido também como Road mixes, podem ser usados como bases de pavimento e como revestimento. Além dos seus processos construtivos podem ser adotados, pré-misturado a frio, pré-misturados a quente, pré-misturados areia-betume, com sua designação Sheet-asphalt, e a designação de Concreto betuminoso

usinado a quente tem sido reservada para os pré-misturados a quente de graduação densa.

No entanto, há também os revestimentos flexíveis por calçamento caracterizados por alvenaria poliédrica, paralelepípedos e blocos de concreto pré-moldados e articulados. Os paralelepípedos por sua vez, são constituídos por: pedra, betume, concreto e cerâmica, de acordo com DNIT (2006):

- b) Revestimentos flexíveis por calçamento – por ser um tipo de pavimento que quase não se utiliza mais consideravelmente, de uma maneira geral, a sua execução se restringe a pátios de estacionamentos, vias urbanas e alguns acessos viários, se caracterizando como revestimento por calçamento.

## **2.7 Terraplenagem: Conceito e características**

Terraplenagem são trabalhos de engenharia criados através da execução e processamento de partes da superfície terrestre envolvendo quantidades de solo ou rocha não formada. Os trabalhos de terraplenagem típicos incluem estradas, caminhos ferroviários, calçadas, barragens, diques, canais e bermas. Outros tipos de terraplenagens comuns são a classificação de terra para reconfigurar a topografia de um terreno ou para estabilizar encostas (TULER; SARAIVA, 2014).

Segundo Jaworski (2011), os equipamentos de construção pesada são utilizados devido aos grandes volumes de material a serem removidos ou movimentados, chegando a casa dos milhões de metros cúbicos. O processo construtivo de terraplenagem foi revolucionado pelo desenvolvimento do raspador (Fresno) que deu origem ao *Moto Scraper* e outras máquinas de movimentação de terra, como o carregador, o caminhão basculante, a niveladora, a escavadora, a retroescavadeira e a escavadora de draga.

Os profissionais da engenharia precisam se preocupar com questões de engenharia geotécnica (como densidade e força do solo) e com estimativa de

quantidade para garantir que os volumes do solo nos cortes correspondam aos dos enchimentos, minimizando a distância do movimento (MASSAD, 2010).

Segundo descreve Massad (2010), essa preocupação se deve ao alto valor gasto com esse processo de trabalho, já que o custo da terraplenagem é uma função da “quantidade transportada x distância transportada”. Dessa forma o planejamento de transporte massa objetiva determinar volumes possibilitem a redução do custo, minimizando o orçamento final consequentemente.

As especificações constantes nas normativas do DNIT quanto a execução de serviços de terraplenagem, fazem previsão de construção de modelos experimentais de aterro com a finalidade de se avaliar o comportamento do maciço quanto a capacidade de compactação (BORGES, 2013).

A terraplenagem é parte integrante de muitos projetos de construção. Envolve a limpeza do local, o carregamento e espalhamento do solo, e a compactação e nivelamento do solo. A orientação heterogênea das partículas do solo e a interação das partículas do solo com a umidade desempenham um papel importante no comportamento do solo sob o equipamento de terraplenagem (QUEIROZ, 2009).

Após os serviços de terraplenagem em obras viárias, tem-se então uma estrutura construída sobre a superfície de um leito natural obtida com a implementação das etapas necessárias sobre um determinado terreno, e sobre essa estrutura é feito então a etapa de revestimento superficial dando origem ao pavimento (TULER; SARAIVA, 2014).

O início e o desenvolvimento dos serviços de execução dos aterros deverão obedecer rigorosamente à programação de obras estabelecida e consignada na “Segmentação do Diagrama de Bruckner” enfocada na subseção 4.2.7 da Norma DNIT/ES - Serviços Preliminares.

Uma vez atendida esta condição, a execução dos aterros deve ser procedida depois de devida autorização da Fiscalização, mediante a utilização dos equipamentos, obedecendo aos elementos técnicos constantes no Projeto de Engenharia e atendendo ao contido nas subseções 5.3.1 a 5.3.18 (BRASIL, 2013, p.4).

Conforme descrito por Brasil (2013), as normas DNIT, estabelecidas para os serviços de terraplenagem envolvem os processos e etapas inerentes a implantação do maciço preparado. Essas especificações têm a finalidade de proporcionar indicativos padronizados e metodológicos na execução de aterros e leito para trânsito de pessoas e veículos, com ou sem pavimentação utilizando abordagem específica quanto as etapas de terraplenagem para vias urbanas ou rodoviárias.

No processo preparativo de superfície para assentamento de terraplenagem, deve-se manter uma junção homogênea entre os materiais empregados no aterramento. Esse procedimento se faz indispensável para uma disposição da talude em patamares após a aplicação de camadas granulares que tenham a capacidade de suportar a movimentação de máquinas e equipamentos, do início até a recompactação do material com base na pressão necessária para o tipo de aterro a ser implantado (BORGES, 2013).

### 2.7.1 Cálculo do volume de terraplenagem

Para a execução dos serviços de terraplenagem são adotadas as seguintes equações (FREU,2012):

Volume de terraplenagem = área de seção \* comprimento

a) quando há piso nivelado e o nível de formação da estrada não tem gradiente, então o volume de terraplenagem é:

$$V = (Bd + sd^2) * L$$

b) quando há inclinação transversal ou o nível de formação tem um gradiente uniforme, o volume de trabalho de terra pode ser calculado por qualquer um dos seguintes métodos:

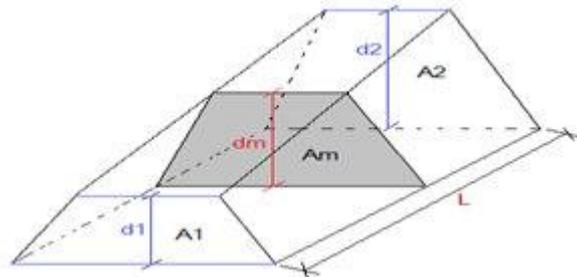
- Método de seção média
- Método trapezoidal ou método da área de final média ou método da área da seção média.
- Método Prismoidal

### 2.7.2 Método de seção média

A fórmula de seção média é usada para calcular o volume de trabalho de terraplenagem (MATTOS, 2010).

Ao calcular a média das profundidades de duas seções consecutivas, a profundidade média é calculada primeiro e, a partir da profundidade média, a área da seção média é calculada e, finalmente, o volume de terraplenagem é calculado multiplicando a área da seção média pela distância entre as duas seções originais (FREU, 2012).

Figura 3 – Seções esquemáticas de corte e aterro



Fonte: Freu (2012)

Volume de terraplenagem = área de seção média \* distância entre duas seções consecutivas

$$= A_m * L$$

$A_m$  = área de seção média + área de dois lados

$$A_m = B_{dm} + S_{dm}^2$$

$$d_m = (d_1 + d_2) / 2$$

Dessa forma; volume de terraplenagem =  $(B_{dm} + S_{dm}^2) * L$

### 2.7.3 Método Trapezoidal

Segundo Nery (2011), este método assumiu que a área média da pirâmide é metade da área média das seções finais e as seções finais estão em planos paralelos.

A1 e A2 são as áreas das seções de extremidade e L é o comprimento entre duas seções, então o volume de terraplenagem é dado por:

$$V = A_m * L$$

$A_m$  = área de seção média

$$A_m = (A_1 + A_2) / 2$$

$$\text{Portanto, } V = L (A_1 + A_2) / 2$$

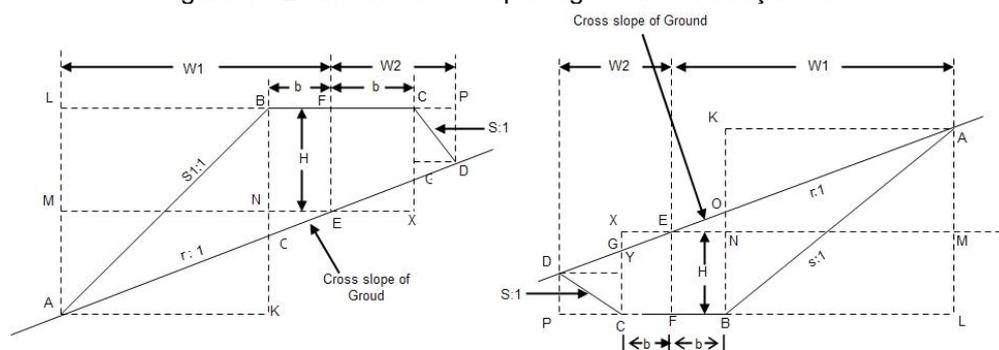
### 2.7.4 Método Piramidal

Este método pressupõe que A1 e A2 são as áreas nas seções finais e  $A_m$  é a área de seção média paralela a extremidades, L = comprimento entre as seções finais (OLIVEIRA, 2007).

$$\text{Volume de terraplenagem} = L * (A_1 + A_2 + 4A_m) / 6$$

Estimativa de Terraplenagem na Construção Rodoviária na Área Montanhosa Para Enchimento Completo ou Corte Completo

Figura 4 - Estimativa de terraplenagem na construção de vias



Fonte: Oliveira (2007)

Área de banca = Área de triângulo sob ABE e declive lateral no banco é s: 1

Área de corte = Área de triângulo sob DCE e inclinação lateral em corte é p: 1

Área de Banca ABE =

$$\frac{1}{2} (B - r) H - s \frac{1}{2} (b - r) H$$

Área de corte, DCE =

$$\frac{1}{2} (b + r) H - p \frac{1}{2} (b + r) H$$

Largura do lado,  $W_1 =$

$$b - r - Hs - s \frac{Rb - rHr - s^2 r}{H}$$

Largura do lado,  $W_2 =$

$$b + r - Hp - p \frac{Rb + pHr - p^2 r}{H}$$

No caso de E estar no lado direito da linha central F, então

Área bancária, ABE =

Área de corte, DCE =

## 2.8 Movimentação de solo: Corte e aterro

Na movimentação de solo, cortar e aterrar é o processo de construção natural para implantação ou melhoria das condições de fluxo de uma ferrovia, rodovia ou canal, pelo que a quantidade de material de cortes coincide aproximadamente com a quantidade de preenchimento necessária para fazer aterros próximos, minimizando assim a quantidade de trabalho de construção (BORGES, 2013).

Conforme descreve Fernandes (2014), as seções cortadas para a via são caracterizadas pelo fato da estrada ser mais baixa do que o terreno circundante. Do ponto de vista operacional, existem efeitos ambientais únicos associados às seções cortadas da via. Por exemplo, os poluentes do ar podem se concentrar nos "vales" criados pela seção cortada. Por outro lado, a poluição sonora é atenuada pelas seções cortadas, uma vez que um bloqueio efetivo da propagação do som da linha de visão é criado pelo traçado da estrada suprimida.

## 2.9 Seção de preenchimento

As seções de preenchimento se manifestam como seções elevadas de uma estrada ou trilhos. Os efeitos ambientais das seções de enchimento são geralmente favoráveis em relação à dispersão da poluição do ar, mas, em matéria de propagação de som, a exposição dos residentes próximos geralmente é aumentada, uma vez que as paredes sonoras e outras formas de bloqueio do som são menos efetivas nesta geometria (ALMEIDA; MARQUES, 2014).

Há uma variedade de razões para a criação de preenchimentos, dentre eles a redução do grau ao longo de uma rota ou elevação da rota acima da água, terreno pantanoso ou áreas onde as derivações de neve frequentemente se acumulam. Os enchimentos também podem ser usados para cobrir tocos de árvores, pedras ou solos instáveis, caso em que o material com maior capacidade de rolamento é colocado no topo do obstáculo para transportar o peso da estrada ou do caminho-de-ferro e reduzir a compensação diferencial (FIORI; CARMIGNANI, 2009).

## 2.10 Conceito e definição de Drenagem

A Drenagem pode ser conceituada como a técnica que objetiva recuperar grandes superfícies e extensões de terra inundada, podendo citar as regiões de alagadiço, charco, áreas pantanosas e pontos de alagamento sazonal, regulando os níveis de umidade do solo seja para a implantação de projetos de agricultura bem como aqueles voltados para a construção civil (TUCCI, 2000).

Braga; Tucci; Tozzi, (1998), explicam que a tecnologia empregada na construção somada aos procedimentos modernos de drenagem garante a idealização e execução de projetos minimamente detalhados. O padrão usual de projetos de drenagem utiliza dispositivos coletores, coletores de transporte ou galerias e os aquedutos emissários, cada um de acordo com sua finalidade precípua. Com isso, a drenagem se faz um procedimento altamente eficiente na manutenção dos níveis de salubridade das áreas urbanas ou destinadas à urbanização, e que sejam passíveis de alagamento ou escoamento superficial.

A execução de obras de drenagem nas áreas urbanas e adjacentes faz parte de um conjunto de obras de infraestrutura necessária à garantia da integridade física das propriedades urbanas e evitar a perda de bens e vidas humanas (CANHOLI, 2014).

### 2.10.1 Tipos de drenagem urbana

Segundo descreve Canholi (2014), o modelo mais usual de drenagem urbana é composto por dois padrões distintos e passam por etapas específicas e critérios individualizados no planejamento e dimensionamento de projeto e são divididos em Micro Drenagem e Macrodrenagem.

#### *2.10.1.1 Micro Drenagem Urbana*

A composição do sistema de Micro Drenagem é formada pelos coletores de águas pluviais, que podem ser as vias com pavimentação projetada para essa finalidade, as bocas de lobo, guias e sarjetas, galerias de escoamento de águas pluviais e os canais de seção reduzida. O dimensionamento desse modelo de drenagem urbana é baseado em vazão de escoamento com tempo de retorno estimado em até uma década (CANHOLI, 2014).

Figura 5 – Modelo esquematizado de elementos de micro drenagem



Fonte: <http://www.ebanataw.com.br/drenagem/sarjeta.htm>

A Micro Drenagem deve ser implantada seguindo minuciosamente as normativas construtivas, para que associada a um plano de manutenção bem estruturado e eficientemente aplicado contribua para a eliminação de fatos inconvenientes ou paralização da mobilidade urbana em decorrência de falhas no sistema de escoamento das águas pluviais (GRIBBIN, 2014).

#### 2.10.1.2 Macro Drenagem Urbana

Conforme descreve Gribbin (2014), o sistema de Macro Drenagem Urbana é composto geralmente por linhas de canal aberto ou canal de contorno isolado, com maior dimensionamento de volume de água em escoamento, e seu projeto de capacidade de vazão é baseado em período de retorno variando entre 20 e 100 anos.

Figura 6 – Modelo esquematizado de macro drenagem urbana



Fonte: <http://www.sustentareviver.blogspot.com.br/2014/06/importancia-da-drenagem-no-saneamento.html>.

O seu pleno funcionamento garante melhor estabilidade do solo nas proximidades, minimização de acumulação de água em poças e valas, prevenção contra doenças por transmissão vetorial hídrica (GRIBBIN, 2014).

### 2.10.2 Elementos estruturais do sistema de drenagem urbana

No sistema viário urbano os elementos que compõem o sistema de drenagem de águas pluviais seguem um padrão construtivo com poucas alterações de projeto, e são constituídos por um condutor (sarjeta), captador (boca de lobo, boca de leão), Área de acesso para vistorias e manutenções (poço de visita – PV) e transportador e lançador (canalização tubular ou em células) (AZEVEDO NETTO; FERNÁNDEZ, 2015).

Canholi (2014), explica que em situação normal de funcionamento, os elementos hidráulicos estão restritos a sarjeta, boca de lobo, poço de visita e dutos da canalização. As dimensões dos elementos são baseadas nas dimensões da via onde o sistema é implantado, variando geralmente entre 30 cm para vias de tráfego local e de 50 cm para vias com largura de pista acima de 7 metros. A boca de leão é

utilizada quando o local não possibilita a implantação de boca de lobo no seguimento das sarjetas.

A padronização dos PV's se dá em função das dimensões da rede tubular de escoamento e emissão das águas pluviais no corpo hídrico receptor. A rede de tubulação é calculada em consideração a cada ramal do trecho drenado. A dimensão máxima calculada em diâmetro para tubulação comercial é de 1,50 metro e nos casos em que o canal for de dimensão superior a essa dimensão, adota-se o sistema de galeria celular de concreto (AZEVEDO NETTO; FERNÁNDEZ, 2015).

## **2.11 A importância da Drenagem Urbana**

A ausência do planejamento urbano na grande maioria das cidades brasileiras traz inúmeros problemas para a população que nelas residem, em decorrência dos impactos da urbanização sobre o meio ambiente. Podemos citar, como exemplo, os problemas relativos às enchentes urbanas, que podem desabrigar milhares de pessoas, gerar altos prejuízos econômicos e desenvolver doenças de veiculação hídrica, como a leptospirose e malária, por exemplo, e aqueles relativos a produção e transportes de cargas difusas de poluição que podem prejudicar os corpos de água (PORTO, 2001).

Porto (2001), diz que a urbanização e seus impactos sobre os recursos hídricos e o meio ambiente, requerem abordagem integrada, trazendo para um mesmo núcleo de ações aquelas relativas à quantidade e qualidade da água, os aspectos de planejamento urbano, as interações entre os diversos usos do solo urbano e, principalmente, os aspectos institucionais e legais necessários para o embasamento e a sustentabilidade das ações de prevenção e controle.

As enchentes urbanas são um problema crônico no Brasil, devido principalmente a gerência inadequada do planejamento da drenagem, e à filosofia errônea dos projetos de engenharia. A filosofia errônea se reflete na idéia preconcebida de engenheiros de que, a boa drenagem, é aquela que permite escoar rapidamente a água precipitada sobre a área de intervenção. As conseqüências desses erros têm produzidos custos extremamente elevados para a sociedade como

um todo. No entanto, a melhor drenagem é aquela que drena o escoamento sem produzir impactos no local nem a jusante (TUCCI, 1995).

Ainda, segundo Tucci (1995), com o desenvolvimento urbano, ocorre a impermeabilização do solo através de telhados, ruas, calçadas e pátios, entre outros. Dessa forma, a parcela de água que infiltrava passa a escoar pelos condutos, aumentando o escoamento superficial. O volume que escoava lentamente pela superfície do solo e ficava retido pelas plantas, com a urbanização, passa a escoar no canal, exigindo maior capacidade de escoamento das seções. Os efeitos principais da urbanização são: o aumento da vazão máxima, a antecipação do pico e o aumento do volume do escoamento superficial. As enchentes ampliadas pela urbanização, em geral, ocorrem em bacias de pequeno porte, de alguns quilômetros quadrados, como é o caso da Bacia do Córrego Vaca Brava, com área de 4,78 Km<sup>2</sup>, objeto de nosso estudo.

Para Andrade (2004), as enchentes podem ser combatidas de duas formas: uma que atue na diminuição da ocorrência (medidas estruturais) e outra que busque a redução das perdas (não estruturais). As medidas não estruturais, geralmente possuem custos menores quando comparadas com as estruturais.

Para Tucci (1995), as medidas estruturais envolvem custos maiores que as medidas não estruturais. A solução ideal deve ser definida para cada caso em função da característica do rio, do benefício da redução das enchentes e dos aspectos sociais de seu impacto. Certamente, para cada situação, medidas estruturais e não estruturais podem ser combinadas para uma melhor solução. De qualquer forma, o processo de controle inicia pela regulamentação do uso do solo urbano através de um plano diretor que contemple as enchentes (Tucci, 1995).

De acordo com Andrade (2004), são exemplos de medidas não estruturais: zoneamento das áreas de risco, planejamento do uso do solo, sistemas de previsão e alerta, seguro contra enchentes, além de projetos de conscientização e educação ambiental junto à população. Infelizmente, no Brasil, essas leis de uso e ocupação do solo, ficam restritas à suas criações, não sendo efetivamente implementadas em função da falta de fiscalização.

O zoneamento engloba os resultados relativos ao processo político-administrativo, onde o domínio técnico, aliado a outros critérios, é empregado utilizado para fundamentar a adoção de diretrizes e normas legais, visando atingir objetivos socialmente negociados, que implicam em um conjunto de sanções ou

incentivos sociais que restringem o uso de recursos e a ocupação do território (SCHUBART, 1999).

### **3 METODOLOGIA**

O trabalho aqui apresentado é um estudo de caso, elaborado por meio do acompanhamento das etapas que compõem a terraplenagem das alamedas 14 e 16 do loteamento da quadra ARSE 151 em Palmas – Tocantins. Realizou-se uma pesquisa bibliográfica em paralelo, de forma que o estudo prático fosse baseado em pesquisas técnicas e científicas, bem como nas normas relativas aos processos envolvidos na terraplenagem de projetos viários.

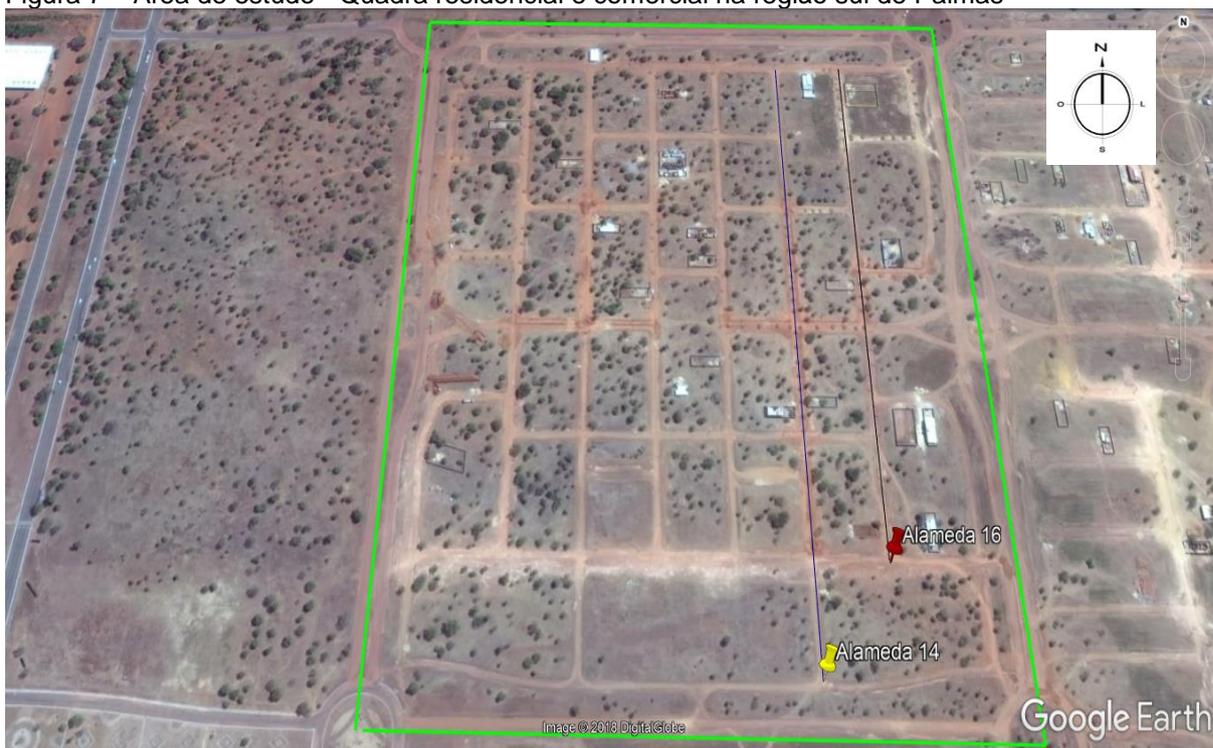
A empresa executora apresentou os projetos com levantamento de dados a respeito da topografia e do perfil de solo constituinte nas alamedas estudadas. A metodologia estabelece o roteiro que foi seguido para alcançar os objetivos de maneira correta. A mesma foi desenvolvida em etapas, apresentadas a seguir.

#### **3.1 Caracterização do empreendimento**

A pesquisa desenvolvida objetivou acompanhar as etapas de execução dos serviços de terraplenagem em duas alamedas (14 e 16) de uma quadra residencial e comercial localizada na região sul de Palmas – Tocantins.

Por se tratar de uma quadra em fase de implantação de infraestrutura e com poucas edificações prontas, não apresentou maiores problemas na execução do trabalho e conseqüentemente não houve alteração na composição do custo, já que não ocorreram quaisquer tipos de interferências nas etapas de execução da terraplenagem.

Figura 7 – Área de estudo - Quadra residencial e comercial na região sul de Palmas



Fonte: Adaptado pelo autor de Google Earth (2018)

A área de estudo (quadra ARSE 151, antiga 1501 Sul) se encontra entre as seguintes coordenadas geográficas:

Esquerda superior -  $10^{\circ} 16' 22.55''$  S –  $48^{\circ} 19' 26.55''$  O;

Esquerda Inferior -  $10^{\circ} 16' 46.28''$  S –  $48^{\circ} 19' 26.29''$  O;

Direita Superior -  $10^{\circ} 16' 22.51''$  S –  $48^{\circ} 19' 03.59''$  O;

Direita Inferior -  $10^{\circ} 16' 50.59''$  S –  $48^{\circ} 19' 03.25''$  O;

Não foi aferido volume significativo de veículos transitando na extensão viária das alamedas em fase de execução, e por isso não se tinha qualquer dificuldade na mobilidade do maquinário, caminhões e movimentação dos colaboradores. Também não é preciso que se faça qualquer tipo de remanejamento ou resgarde de redes de serviços públicos (dutos, aquedutos, esgoto, rede de transmissão de energia ou cabos ópticos).

Também foram considerados os fatores climáticos como limitadores de produtividade na execução dos serviços, considerando para isso o primeiro

semestre de 2018, período em que o estado do Tocantins e a região central em que se localiza a cidade de Palmas, encontra-se em forte atividade pluviométrica.

Foram aplicadas as técnicas de controle de processos em Terraplenagem, objetivando detalhar cada etapa executada de acordo com os parâmetros normativos constantes nas NBR's e normas DNIT que englobam essa atividade especificamente.

Os fatores considerados no acompanhamento dos serviços de execução da terraplenagem das alamedas em estudo foram divididos em: cálculos para todas as camadas do aterro; material adequado, classificação de agregados, e parâmetros da análise laboratorial.

### **3.2 Métodos de coleta de dados**

Os dados do solo (características pedológicas e granulometria) foram obtidos através das estações de coleta de amostras para ensaio laboratorial implementadas pela empresa executora da obra, ao longo das linhas das alamedas em estudo. Os dados coletados foram utilizados para se chegar nas estimativas dos volumes de material de aterro bem como dos trabalhos de terraplenagem executados pela empresa.

Para uma estimativa precisa dos volumes de terraplenagem para vias e estradas, o programa mais utilizado é o Modelo Digital de Elevação de alta Resolução, porém a empresa executora da obra acompanhada adotou o método tradicional de estimação de trabalhos de terraplenagem. O método tradicional é dividido nos seguintes métodos:

- Método de seção transversal: - método universalmente aplicável
- Método dos níveis pontuais: - às vezes aplicado a grandes escavações
- Método das linhas de contorno: - estimativa aproximada pode ser feita por este método. Especialmente utilizado na determinação da capacidade do reservatório.

Pontos de referência:

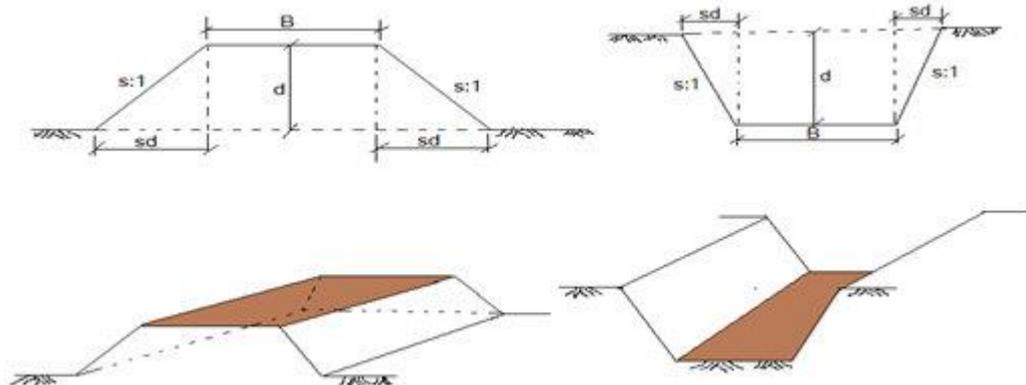
- Nível de formação da estrada
- Nível do solo
- Encostas laterais: -Interrupção para evitar o colapso da terra dos slides, são proporcionadas pistas laterais. O declive lateral é medido na forma horizontal: vertical.

A altura do banco, a profundidade de corte é projetada considerando os seguintes fatores:

- Alto Nível de Inundação;
- Gradiente de decisão;
- Para atingir a economia máxima.

Estimativa dos trabalhos de terraplenagem para a estrada em área simples:  
Cálculo da área da seção transversal sem área transversal:

Figura 8 – Esboço esquemático para estimativa de terraplenagem



Fonte: Freu (2012).

Se não houver inclinação transversal, então área C / S para operação bancária e corte =  $B * d + 2 * (s * d * d)$

$$= Bd + sd^2$$

Onde B = largura da crista da estrada

d = profundidade de corte ou bancário

s: 1 = relação das inclinações laterais como horizontal: vertical

### **3.3 Coleta das amostras e Análise laboratorial**

A presente pesquisa foi baseada no acompanhamento dos trabalhos de terraplenagem e os procedimentos envolvidos na execução dessa atividade. As amostras foram coletadas em trechos das alamedas 14 e 16 do loteamento da quadra ARSE 151, na região sul da cidade de Palmas - Tocantins.

Foram realizadas visitas a campo a fim de determinar os pontos de coletas das amostras, bem como para registrar fotograficamente os trabalhos executados nas alamedas em estudo.

#### 3.3.1 Coleta de dados Estatísticos de Tráfego

A empresa executora da obra usou a projeção de fluxo de veículos para viabilizar o dimensionamento de pavimentos e assim, determinar os parâmetros a serem seguidos na escolha dos materiais empregados na terraplenagem.

#### 3.3.2 Coleta de Amostras

A Coleta de amostras de solo será obtida de acordo com o manual do DNIT de 2006, o qual preconiza a sistemática a ser empregada na coleta de amostras para projetos de pavimentação.

As amostras serão coletadas com a realização de sondagem a trado e utilização de pá, picareta ou cavadeira manual. Será seguida a seguinte sequência de coleta, bordo esquerdo, eixo e bordo direito, com espaçamento máximo de 200 m entres os pontos de sondagem, no qual está previsto a coleta de 3 amostras.

### 3.3.3 Preparações das Amostras

Após a coleta, as amostras passaram por um processo de preparação conforme estabelecido na NBR 6457/2016, a qual preconiza procedimentos a serem realizados:

- Secagem prévia ao ar até se atingir a umidade higroscópica;
- Destorroamento da amostra;
- Quarteamento para o parcelamento da amostra;
- Separação das quantidades para a realização dos ensaios.

## **3.4 Realização dos ensaios**

### 3.4.1 Análise Granulométrica

Após a preparação da amostra foi separada uma quantidade de aproximadamente 5 kg, para a realização dos ensaios. Determinou-se a umidade higroscópica e em seguida foi realizado o peneiramento com a utilização das peneiras indicadas na NBR 7181/2016. Com o peneiramento efetuado determina por meio de cálculo as frações em porcentagem passante em cada peneira, afim de permiti a confecção de um gráfico.

### 3.4.2 Limite de liquidez (LL)

Para a determinação do limite de liquidez fez-se uso da metodologia prescrita na NBR 6459/2016, a qual preconiza os procedimentos a serem adotados na realização do ensaio.

### 3.4.3 Limite de plasticidade (LP)

O procedimento para a determinação do limite de plasticidade está prescrito na NBR 7180/2016, a qual estabelece que deve ser tomada uma porção de solo passante na peneira de nº 40, na qual essa devesse sofrer acréscimos de água afim de se obter uma mistura bastante plástica e que possa ser moldada com as mãos, ao se perceber a fissuração previa da amostra umidade essa estar apta a realização do ensaio, o qual consiste na moldagem de pequenos bastões sobre uma placa de vidro.

### 3.4.4 Ensaio de Compactação

Para a realização dos ensaios de compactação se fez uso da NBR 7182/2016 a qual estabelece a sistemática a ser empregada para a realização dos ensaios de compactação. Para o mesmo foram separadas 5 amostras, cada uma com 7 kg, para proceder o ensaio.

### 3.4.5 Índice de Suporte Califórnia (CBR)

Após a realização do ensaio de compactação os cilindros contendo a amostras compactadas foram imersos em água durante o período de 4 dias, para posteriormente ser executado o ensaio penetrométrico, conforme a NBR 9895/2016.

## **3.5 Dimensionamento do aterro**

O dimensionamento do aterro foi dado pelo método empírico proposto o qual e denominado de dimensionamento tipo DNER, levando em consideração:

- A capacidade de suporte do subleito e materiais do pavimento
- Qualidade dos materiais;
- Parâmetro de Tráfego;
- Fator de eixo;
- Fator de carga;
- Fator climático;
- Coeficientes de equivalência estrutural;
- Espessura do revestimento a ser implantado sobre o aterro.

### **3.6 Etapas de acompanhamento da execução de terraplenagem**

Levantamento planialtimétrico cadastral do terreno e definição das cotas e definição do greide de terraplenagem onde estão sendo implantadas as vias urbanas na quadra em estudo;

Serviços de Drenagem - Escavação; Preparo do berço; Assentamento dos tubos; Rejuntamento; Reaterro;

Serviços de Terraplenagem - Acompanhamento da avaliação de sondagem do terreno, ensaio laboratorial das amostras de solo, definição das características e comportamento do solo, dimensionamento de corte e aterro, estabilidade de talude, verificação da suscetibilidade à erosão do solo;

Patrulha Mecanizada – Descrição do maquinário e dos equipamentos empregados nas etapas de desenvolvimento das intervenções que antecedem a terraplenagem bem como na execução da mesma.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Dimensionamento do aterro

Para o dimensionamento das camadas de aterro, foram empregados os métodos de cálculo de dimensionamento para a finalidade a que é proposta a estrutura de aterro, que, no caso das alamedas 14 e 16, a finalidade primária é a implantação de pavimentação asfáltica em ambas. O método de dimensionamento de terraplenagem recomendado para a finalidade de pavimentação é o constante na Norma DNIT 108/2009 – ES e as descritas nessa norma como coligadas.

Esse método sugerido pelo DNIT tem como fundamentação a espessura total em função do CBR do subleito (SL) e da carga por roda, ou seja, baseia-se no ensaio de CBR, no número de repetições do eixo simples padrão de 8,2 tf (N), e é introduzido, assim como a pressão de contato de 5,6 kgf/cm<sup>2</sup>.

Os materiais granulares empregados na terraplanagem das alamedas foram classificados de forma que atendessem às seguintes condições:

- Materiais para reforço de subleito, CBR < 20% e superior ao do subleito.
- Materiais para sub-base, CBR ≥ 20%.
- Materiais para base:
  - CBR ≥ 60%, aceitando-se à época até 40%, para  $N \leq 10^6$ .
  - Expansão ≤ 0,5%.
  - Limite de Liquidez (LL) ≤ 25%.
  - Índice de Plasticidade (IP) ≤ 6%.
  - Equivalência de areia (EA) ≥ 20%.

Quando o LL for > 25 e IP > 6, ficou determinado que o material só seria empregado na base, se EA for > 30%, o que não ocorreu em nenhuma das alamedas em estudo.

Na Tabela 1 são mostradas as granulometrias para os materiais da camada de base, sugeridos pela Norma DNIT108/2009 - ES.

Tabela 1 – Granulometrias para os materiais da camada de base

Tipos	I			II		
	A	B	C	D	E	F
2"	100	100	-	-	-	-
1"	-	75-90	100	100	100	100
3/8"	30-65	40-75	50-85	60-100	-	-
Nº 4	25-55	30-60	35-65	50-85	55-100	70-100
Nº 10	15-40	20-45	25-50	40-70	40-100	55-100
Nº 40	8-20	15-30	15-30	25-45	20-50	30-70
Nº 200	2-8	5-20	5-15	10-25	6-20	8-25

Fonte: DNIT (2009)

Os coeficientes estruturais (K) adotados, tiveram como referência o de base (KB) e o de Sub-base (KS) = 1,0, para as camadas granulares.

O dimensionamento do aterro foi feito em função do N e do CBR do subleito, conforme a necessidade, determinando a espessura total de pavimento (H<sub>m</sub>) a ser implantado na alameda. As demais H<sub>n</sub> e H<sub>20</sub> foram calculadas em relação aos respectivos CBR's do reforço do subleito e da sub-base.

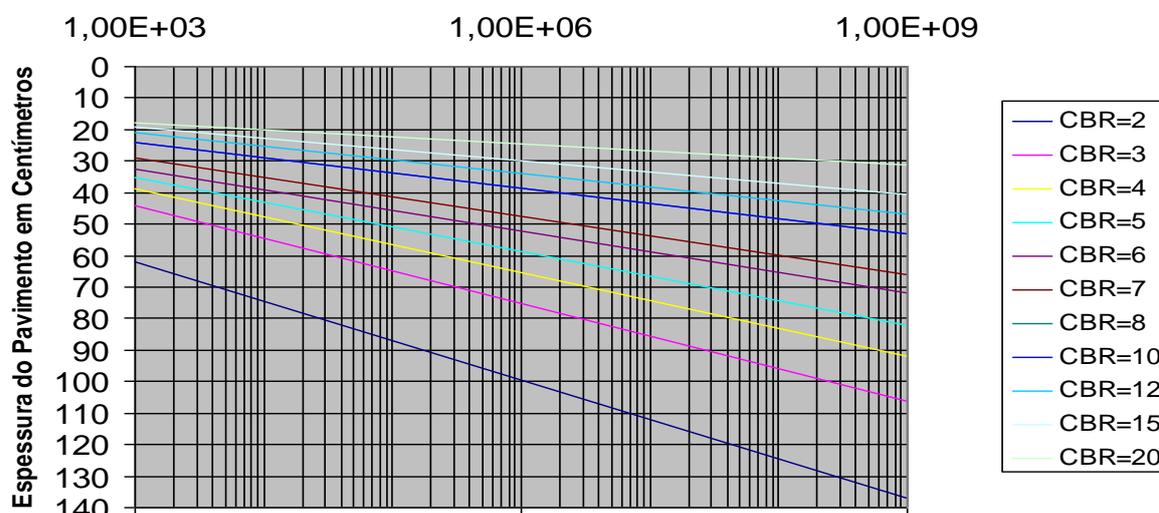
As espessuras da base (B), sub-base (h<sub>20</sub>) e reforço do subleito (h<sub>n</sub>) foram calculadas seguindo as seguintes inequações:

$$R K_R + B K_B \geq H_{20}$$

$$R K_R + B K_B + h_{20} K_S \geq H_n$$

$$R K_R + B K_B + h_{20} K_S + h_n K_{Ref} \geq H_m$$

Figura 9 - Determinação das espessuras em função do N e dos IS.



Fonte: DNIT (2009).

## 4.2 Análise laboratorial do material empregado na terraplenagem

O ensaio realizado em laboratório teve como finalidade apontar os valores a serem considerados para a escolha dos materiais empregados na execução do aterro das duas alamedas em estudo. Realizou-se a abertura de poços de inspeção, distribuídos de forma que toda a extensão das duas alamedas fosse englobada na análise dos materiais coletados e analisados em laboratório. O terreno analisado não apresentou um desnível considerável, devido a isso foi necessário realizar aterros com diferentes alturas para atingir as cotas solicitadas em projeto.

O ensaio de Proctor se dá por meio da aplicação de um número de golpes de um soquete padronizado responsável por transmitir energia sobre o solo a ser compactado, a partir da aplicação destes golpes é possível prever qual o teor de umidade ideal para atingir a máxima compactação em campo, bem como qual o máximo peso específico que deverá ser alcançado em campo com a compactação do material. Com o ensaio do frasco de areia verifica-se o grau de compactação do solo em campo após as passagens do equipamento de compactação, este ensaio permite determinar se as condições exigidas em projeto foram atendidas em campo quanto ao grau de compactação.

Foram determinadas através de ensaios de laboratório realizados em amostras de solos extraídas de pontos das alamedas em estudo, propriedades de resistência, compressibilidade, e permeabilidades.

Os ensaios laboratoriais realizados pela empresa executora a serem analisados foram: Ensaio de compactação (Proctor), Índice de Suporte Califórnia (ISC ou ainda CBR), expansibilidade, análise granulométrica por peneiramento e ensaio físico para determinação dos limites de liquidez (LL) e plasticidade (LP).

Inicialmente uma porção de solo foi disposta na bandeja e exposta ao ar para secar, e posteriormente foi realizada a homogeneização do material, desfazendo os torrões. Em seguida realizou-se a pesagem do material e colocou-se na peneira #10 (2,00mm), o material retido foi denominado solo grosso, e o que passou foi classificado como solo fino.

No procedimento de peneiramento grosso, o material retido na peneira #10 foi lavado para retirada dos finos, e em seguida levado para a estufa. As peneiras com aberturas maiores ou iguais a #10 (2,00mm) foram empilhadas na ordem

crescente de baixo para cima com relação ao tamanho da abertura da malha e acrescido um prato sob a peneira #10 que armazenou o material filtrado, sendo colocada uma tampa sobre a peneira de maior abertura para evitar a perda de materiais. Então o aglomerado de peneiras foi introduzido no agitador. Em seguida foi feita a pesagem do material retido em cada uma das peneiras.

Já no procedimento de peneiramento do material fino (que passou na peneira #10) foi empregado cerca de 120g de solo, dispondo o material na peneira de malha #200 (0,075mm), lavando-o e em seguida e colocando na estufa. Então repetiu-se o mesmo procedimento realizado para o material grosso, agora com as peneiras que ficam entre a malha #10 e a de malha #200 (0,075mm). As peneiras foram colocadas de baixo para cima na ordem crescente, dispostas no vibrador e pesado o material retido em cada uma respectivamente.

Baseados nos procedimentos descritos foram obtidos os valores calculados conforme a conclusão de cada etapa dos experimentos, possibilitando também que fosse traçada a curva de distribuição granulométrica. Realizando marcações no eixo horizontal, com escala logarítmica, as partículas com seus respectivos diâmetros e no eixo vertical com a escala natural, as partículas com percentuais inferiores do que os diâmetros classificados, ou seja, os percentuais de solo que cruzam nas peneiras.

Foram utilizados os mesmos corpos de prova para realização dos ensaios de Proctor, CBR e expansibilidade, e os resultados foram apresentados nos resumos dos resultados dos ensaios de laboratório, de acordo com a recomendação da Norma DNIT 164/2013-ME – Compactação utilizando amostras não trabalhadas

Tabela 2 - Notas de quantitativo de terraplenagem

Logradouro	Terraplenagem									
	Escavação (m <sup>3</sup> ) (Nota serviço)	Transporte Bota fora DMT = 2 km empo: = 1,25 (m3 x km)	Compact de aterro 95% pn m3	Regularização do subleito (m2)	Base (m <sup>3</sup> )	Sub base (m <sup>3</sup> )	Limpeza da jazida m <sup>3</sup>	Escavação jazida m <sup>3</sup>	Transporte jazida dmt = 6 km Empo. = 1,25 (m3 x km)	
	Corte	Aterro								
(151) - Ala. 14	2.109,08	14,12	5.308,00	14,12	3.855,00	771,00	578,25	1.799,00	1.686,56	10.119,38
(151) - Ala. 16	1.626,98	12,01	4.097,48	12,01	2.477,56	495,51	371,64	1.156,20	1.083,94	6.503,63

Informações Complementares				
Distância total das vias (m)	Largura med. da via	Base espe. (cm)	Sub-base espe. (cm)	Orientação da via
514,00	7,00	0,20	0,15	Chapada
313,67	7,44	0,20	0,15	Chapada

Fonte: Do autor (2018)

Figura 10 - Simbologia de identificação das espessuras.

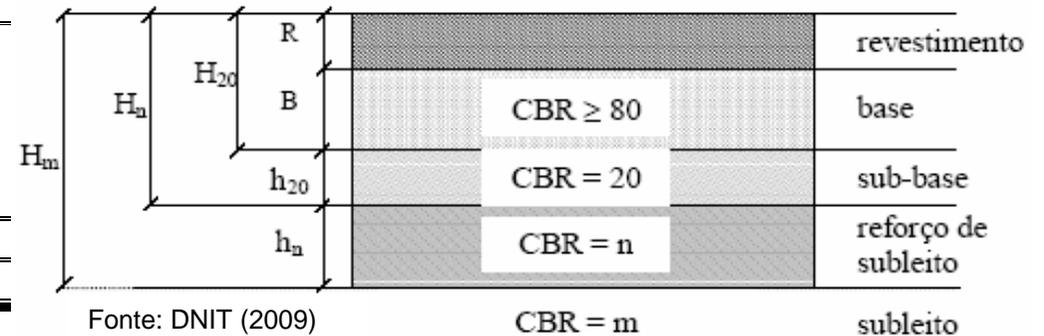


Figura 11 – Resumo dos resultados dos ensaios - Sub-leito

LBS		RESUMO DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS											JAZIDAS ATERRO, PRINCIPAL, SUBLEITO, REFORÇO DO SL SUB-BASE E BASE									
		INTERESSADO: JOAO GABRIEL MAIA PEDREIRA				OBRA: ARSE 151				TRECHO: ALAMEDAS			EMPREIT: TERRA TO									
ESTUDO: SUB LEITO		PERÍODO:		MATERIAL: ARG. COM PEDREGULHO				ENERGIAGOLPES: 12		POSIÇÃO JAZIDA:		DATA: MÊS/ANO										
DATA	ESTACA OU FURO	POSICÃO	ESP. CM	ÍNDICES FÍSICOS		GRANULOMETRIA						EA	ENSAIO DE COMPACTAÇÃO						ENSAIO DE ISC			
				LL %	IP %	MATERIAL QUE PASSA NAS PENEIRAS							LABORATÓRIO			CAMPO			Exp.	ISC		
						1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200	HRB	MAT. RET.	Hot	D. máx. kg m3	H. in situ %	D. in situ kg m3	G. C. %			
<b>ALAMEDA 14</b>																						
		LD	0.20	NL	NP											11,6	1.836	11,9	1.858	101,2	0,0	23,1
		EX	0.20	NL	NP											11,6	1.836	11,9	1.878	102,3		
<b>ALAMEDA 16</b>																						
		LD	0.20													15,2	1.850	15,6	1.853	100,2		
		EX	0.20													15,2	1.850	15,6	1.868	100,9		
		LE	0.20													15,2	1.850	15,6	1.881	101,7		
		EX	0.20													15,2	1.850	15,6	1.892	102,3		

---

 Eng. Fiscal

**Daniel Pereira Alencar**  
 Tec. de Laboratório de Solos

---

 Laboratorista Fiscal

**Daniel Pereira Alencar**  
 Tec. de Laboratório de Solos

---

 Enc. de Laboratório

Fonte: Solicitado pelo autor de Laboratório de solos LBS (2018).

Figura 12 – Resumo dos resultados dos ensaios - Base

LBS		RESUMO DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS											JAZIDAS ATERRO, PRINCIPAL, SUBLEITO, REFORÇO DO SL, SUB-BASE E BASE								
		INTERES: JOAO GABRIEL MAIA PEDREIRA				OBRA: ARSE 151				TRECH: ALAMEDAS 14; 16			EMPRESA: TERRA TO		ENERGIAS GOLPES: 26		POSICÃO JAZIDA: LOCAL		DATA: MÊS/ANO abr/18		
REPRESENTAÇÕES		ESTUDO: BASE		PERÍODO: abr/18		MATERIAL: CASC. LAT. ARENOSO					EA		ENSAIO DE COMPACTAÇÃO				ENSAIO DE ISC				
DATA	ESTACA OU FURO	POSICÃO	ESP. CM	ÍNDICES FÍSICOS		GRANULOMETRIA						LABORATÓRIO				CAMPO		DE ISC			
				LL %	IP %	1" %	3/4" %	3/8" %	4 %	10 %	40 %	200 %	HRB %	MAT. RET. %	Hot %	D. máx. kg m3	H. in situ %	D. in situ kg m3	G. C. %	Exp. %	ISC %
<b>ALAMEDA 16</b>																					
		LD	0,20	NL	100,0	98,1	84,8	55,2	55,2	37,6	32,6	14,6	A-1B	55,6	8,9	2,014	9,2	2,043	101,4	0,0	51,1
		EX	0,20	NL	100,0								A-1B	55,6	8,9	2,014	9,2	2,024	100,5	0,0	51,1
		LE	0,20	NL	100,0								A-1B	55,6	8,9	2,014	9,2	2,057	102,1	0,0	51,1
		EX	0,20	NL	100,0								A-1B	55,6	8,9	2,014	9,2	2,016	100,1	0,0	51,1
<b>ALAMEDA 14</b>																					
		EX	0,20	NL	NP	100,0	98,9	83,6	53,5	34,4	33,2	13,3	A-1B	61,1	10,9	2,066	11,1	2,054	101,3	0,0	53,5
		LE	0,20	NL	NP								A-1B	61,1	10,9	2,066	11,1	2,115	102,3	0,0	53,5
		LD	0,20	NL	NP								A-1B	61,1	10,9	2,066	11,1	2,075	100,4	0,0	53,5

**Daniel Pereira Alencar**  
Tec. de Laboratório de Solos

Laboratorista Fiscal

**Daniel Pereira Alencar**  
Tec. de Laboratório de Solos

Enc. de Laboratório

Eng. Fiscal

Fonte: Solicitado pelo autor junto a construtora responsável pelo empreendimento imobiliário (2018).

Figura 13 – Resumo dos resultados dos ensaios – Base – Solicitado pela Prefeitura

SM CONSTRUTORA		RESUMO DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS											JAZIDAS A TERRO, PRINCIPAL, SUBLEITO E BASE								
		OBRA: ARSE 151 INTERESSADO: PREFEITURA				TRECHO: ALAMEDAS EMPREIT: TERRA TO															
ESTUDO: BASE		PERÍODO: 01/09 A 30/09		MATERIAL: CASCALHO LATERITICO ARENOSO				ENERGIAGOLPES: 26		POSIÇÃO JAZIDA:		DATA: MÊS/ANO set/17									
DATA	ESTACA OU FURO	POSICÃO	ESP. CM	ÍNDICES FÍSICOS		GRANULOMETRIA MATERIAL QUE PASSA NAS PENEIRAS						EA	ENSAIO DE COMPACTAÇÃO					ENSAIO DE ISC			
				LL %	IP %	1" %	3/4" %	3/8" %	4 %	10 %	40 %		200 %	HRB %	LABORATÓRIO		CAMPO			Exp %	ISC %
ALAMEDA 15																					
04/set		LD	0,20	NL	NP	100,0	91,3	88,6	67,9	55,0	38,3	16,3	A1-b	61,3	11,1	2.022	10,1	2.060	101,9	-	62,3
ALAMEDA 5																					
08/set		EX	0,20												11,4	2.032	12,8	2.022	99,5	-	-
ALAMEDA 14																					
13/set		LD	0,20	NL	NP	100,0	97,0	89,1	70,3	66,0	29,0	11,8	A1-b	59,9	10,8	2.155	11,8	2.180	101,2	-	60,8
		EX	0,20	NL	NP	100,0	97,0	89,1	70,3	66,0	29,0	11,8	A1-b	59,9	10,8	2.155	11,8	2.155	100,0	-	60,8
ALAMEDA 11																					
18/set		LD	0,20												9,8	2.030	10,1	2.069	101,9	-	-
		EX	0,20												9,8	2.030	10,1	2.047	100,8	-	-
ALAMEDA 12																					
22/set		LD	0,20	NL	NP	100,0	94,0	73,9	63,1	54,0	31,3	16,0	A1-b	61,8	11,6	2.051	10,8	2.063	100,6	-	66,3
		EX	0,20	NL	NP	100,0	94,0	73,9	63,1	54,0	31,3	16,0	A1-b	61,8	11,6	2.051	10,8	2.078	101,3	-	66,3
ALAMEDA 03																					
25/set		LE	0,20	NL	NP	100,0	98,3	88,4	75,0	67,3	42,0	20,0	A-b	55,0	11,5	2.053	12,3	2.051	99,9	-	58,7

Eng. Fiscal

Laboratorista Fiscal

*Fábio da Costa Silva*  
 Engenheiro Civil  
 CREA-RJ 0710473-5  
 Voto 70 5843-9

*Edivaldo R. Silva*  
 (Terceira)  
 Téc. de Solo e Análise  
 Enc. de Laboratório

Fonte: Solicitado pelo autor junto a construtora responsável pelo empreendimento imobiliário (2018).

Conforme recomendado pela Norma DNIT 107/2009 – ES, as camadas granulares foram preparadas com espessura de 15 cm, acima do valor mínimo sugerido pela norma, que é de 10 cm e todas as condições de drenagem da área em que foram alocadas as alamedas 14 e 16 passaram por verificação de condições de drenagem. O material do subleito que apresentou CBR inferior a 2% foi expurgado até 1,00 m de profundidade e substituído por outro de CBR  $\geq$  2%.

### 4.3 Acompanhamento da execução dos trabalhos de terraplenagem

O acompanhamento da execução das atividades no loteamento em estudo incluiu as etapas de supressão e limpeza da área que compõe as alamedas 14 e 16 do empreendimento imobiliário. Foram realizados os serviços de escavação necessária para a implantação das vias, bem como para a instalação da infraestrutura urbana obrigatória.

A formação de aterros e preenchimentos e aterros; escavação para bueiros, estruturas de drenagem, valas; preparação, área e acabamento do subleito classificação; transporte, alocação de material e compactação; eliminação de materiais excedentes e resíduos; e todas as operações diversas e incidentais necessárias para construir e concluir o trabalho de acordo com as dimensões, linhas e notas, conforme dimensionado no projeto.

Tabela 3 – Relação do maquinário utilizado nos serviços de terraplenagem no empreendimento

<b>RELAÇÃO DE MÁQUINAS</b>	<b>ETAPA DE EMPREGO</b>
Trator de esteira	Supressão de vegetação; Corte.
Escavadeira hidráulica	Escavação e supressão de vegetação
Retroescavadeira	Escavação e supressão de vegetação
Pá Carregadeira de rodas	Corte e aterro
Motoniveladora	Corte e aterro
Trator de pneu com grade e vassoura	Supressão de vegetação; Corte e aterro

Rolo compactador pata (pé de carneiro)	Aterro
Rolo compactador Liso	Aterro
Caminhão caçamba	Escavação, supressão de vegetação, corte e aterro
Caminhão pipa	Aterro

Fonte: Do autor (2018)

A tabela 3, apresenta o maquinário utilizado nos serviços que compuseram a terraplenagem das duas alamedas estudadas e as etapas em que cada máquina foi empregada na execução de atividades.

#### **4.1 Limpeza e supressão de vegetação**

Essa etapa consistiu na limpeza e arranque da vegetação existente nos limites de locação das alamedas estudadas, incluindo a eliminação de materiais orgânicos existentes nas áreas dentro dos limites designados em projeto respeitando as diretrizes da norma DNIT 104/2009-ES – Terraplenagem – Serviços preliminares.

A limpeza e o arranque consistiram na limpeza da superfície do solo original das áreas designadas para implantação das alamedas 14 e 16, que são vias de circulação de veículos e pedestres, onde houve escavação e aterro. Foram retiradas todas as árvores, tocos, madeira, troncos, arbustos, grama, ervas daninhas, cercas, e detritos diversos a uma profundidade mínima de até meio metro abaixo do subleito, e a deposição de todos os materiais resultantes da operação de limpeza das alamedas.

Figura 14 – Vista de área de supressão de vegetação e depósito de material selecionado



Fonte: Do autor (2018)

A figura 9, apresenta uma área em que foram realizados os serviços de supressão de vegetação e limpeza do perímetro delimitado para a implantação da alameda 14. Ficam demonstradas as condições do solo sem a proteção da vegetação e exposto a ação das atividades da natureza (incidência solar direta, processo erosivo causado pelo escoamento da água da chuva).

Por essa razão a forma e a localização do descarte dos materiais provenientes dessas áreas devem cumprir as leis ambientais específicas para o setor da construção civil (Resolução nº. 307 do CONAMA). A empresa deve seguir as determinações quanto a localização da área de disposição fora dos limites do local do empreendimento conforme determinação de área de deposição final de resíduos sólidos de construção civil não reutilizáveis.

## 4.2 Remoção de estruturas existentes

Foi realizada a remoção e o descarte satisfatório de estruturas existentes, conforme previsto no projeto cumprindo com as regras estabelecidas no plano de trabalho e nas especificações da norma DNIT 104, no seu item 3.3.

Figura 15 – Bota fora nas proximidades do empreendimento imobiliário



Fonte: Do autor (2018)

Restos de vegetação, sistemas radiculares e material excedente foram removidos, com o devido cuidado durante a limpeza e retira, evitando a formação de áreas com risco de colapso de solo. O material extraído do local foi transportado e acondicionados em área de bota fora para emprego futuro conforme a necessidade e compatibilidade do mesmo com a finalidade apontada.

Todos os materiais que não eram considerados de valor ou importância de reuso foram descartados sob as mesmas disposições listadas para a limpeza e supressão de vegetação e ainda, o material excedente escavado que não foi utilizado para alargar uniformemente os aterros das alamedas foram reservados para o aterramento por trás de meio-fio, aplainar desníveis ou então depositado em locais específicos para essa finalidade.

### 4.3 Escavação para implantação de vias

Nessa etapa foram feitas as escavações planejadas e projetadas, onde se removeu todos os materiais existentes nos limites da área de projeto de vias.

Figura 16 – Vista da porção oeste da alameda 14 após a escavação



Fonte: Do autor (2018)

Foram executadas as valas de entrada e saída de rede de coleta de esgoto e drenagem, canais, conformação e inclinação de aterros, escavação para retorno combinado de meio-fio e calha, rua, avenidas e becos, estritamente ao alinhamento, grau e seções requeridos em projeto. Todos o material considerado adequado que foi retirado da escavação teve reaproveitamento ou foi utilizado para alguma finalidade nos limites do empreendimento na medida do possível, na formação dos aterros das alamedas, subleito e demandas do próprio empreendimento, ou conforme solicitação pontual.

Durante a construção, o leito foi mantido em tal condição que possibilitou uma drenagem satisfatória em todos os momentos. Material de leito inadequado encontrado em cortes foram retirados dos limites de área de uso durante a etapa de escavação e deposição dos materiais sólidos. Em locais em que o material removido

não era compatível com a necessidade, foi substituído por material de aterro adequado, quando assim indicado no projeto e nas especificações.

Após a etapa de escavação com corte do terreno e distribuição do material selecionada de 1ª categoria chegou-se ao plano de regularização do sub leito e em seguida ao nivelamento da sub-base.

Figura 17 – Distribuição de camada fina



Fonte: Do autor (2018)

O subleito foi escavado em alguns pontos e preenchido em outros, de forma que se chegasse ao grau de compactação adequado, ou na elevação que o terreno se mostrou em conformidade com o nível estabelecido para pavimentação, como especificado no projeto.

Foi incluído na escavação do solo todo o trabalho incidental como gradeamento, escarificação, modelagem, corte, rega, compactação, redefinição de válvulas, caixas e todos os trabalhos preliminares necessários para tornar o local pronto para pavimentação.

Nos casos em que o projeto não indicou o uso de um tratamento específico para a área a ser pavimentada, foi utilizada a escarificação a uma profundidade de

40 centímetros com discos e lâminas para assegurar uma profundidade uniforme de material compactado.

Figura 18 – Alameda após a escarificação e revolvimento do material



Fonte: Do autor (2018)

Após a escarificação estar completa, toda a área foi compactada como especificado, e um rolamento final por meio de um rolo pneumático e rolo liso. Os Rolos pneumáticos foram empregados para fornecer um peso bruto de pelo menos cem quilogramas por centímetro quadrado da área em compactação. O Rolo liso por sua vez trabalha com peso de compressão de 150 quilogramas por centímetro quadrado de área em compactação.

Todas as irregularidades e depressões que ocorreram durante a rolagem foram corrigidas revolvendo o material nesses locais e adicionando, removendo ou substituindo material e rolando até que a seção transversal adequada e densidade fossem obtidos. As porções de área que não possibilitaram acesso aos rolos foram compactado com a densidade requerida por meio de compactadores mecânicos manuais certificados.

Figura 19 – Trecho da alameda após etapa de rolagem com rolo pé de carneiro



Fonte: Do autor (2018)

Nas áreas que receberão pavimentação ou revestimento, o topo do subleito foi mantido de tal suavidade que, quando testado com uma régua de três metros aplicada paralelamente e em ângulos retos para a linha central, não mostrou qualquer desvio em excesso como estabelecido em norma. Foram estabelecidos sistemas de proteção do subleito de danos por meio de curvas de nível, e drenagem em áreas de acúmulo de água. No caso de sulcos e formação de erosão com o escoamento das águas pluviais, o subleito passa por serviço de reformulação, preenchimento e compactação conforme a necessidade apresentada para cada local.

#### **4.4 Aterro**

Nesse item é tratado da implantação de aterros nas áreas do empreendimento em que a destinação será o uso para circulação de veículos e

pedestres, incluindo a preparação das áreas em que foram colocadas, de acordo com as especificações e com as linhas, classes e seções mostradas no projeto.

Imediatamente antes da colocação dos materiais de enchimento em toda área sobre a qual o aterro foi compactado, exceto onde houve limitação por rocha, foi feita a escarificação e quebrado por meio de uma grade de disco ou arado, ou outro equipamento apropriado para tal finalidade, a uma profundidade de 15 centímetros. A escarificação foi feita aproximadamente paralela ao eixo do preenchimento, obedecendo a cota de projeto.

Figura 20 – Distribuição de material



Fonte: Do autor (2018)

A figura 15, demonstra uma alameda do empreendimento em fase de aterramento do corpo de aterro, com material selecionado (MS) de 1° categoria, a ser distribuído com espessura de 30 cm após a compactação, devendo levar em consideração o empolamento do material.

O material empregado apresentou grau de compactação (GC) de aproximadamente 95%, Proctor Normal e desvio de umidade de +/- 2%, estando todos os elementos dentro das especificações da norma. Nessa etapa a cota primitiva foi vencida até alcançar a cota de projeto.

Figura 21 – Trecho da alameda com primeira camada compactada



Fonte: Do autor (2018)

Os aterros que requerem compactação foram construídos de acordo com os itens de compactação para terraplenagem. O material não utilizado foi colocado em camadas horizontais uniformes, não excedendo 30 centímetros de espessura em toda a largura do aterro. Cada camada foi laminada até que estivesse nivelada e uniforme antes da camada sucessora.

A quantidade e a qualidade do equipamento em uso no projeto e a quantidade de lâminas e a rolagem realizada foi dimensionada em quantidade suficiente para processar a quantidade de material entregue na área de aterro.

A figura 22, mostra a distribuição do material para compactação feita por trator de pneu e grade de arrasto. O equipamento utilizado é compatível com a finalidade do aterro preparado, de forma que o peso próprio da máquina e do implemento não ocasione qualquer problema para o corpo de aterro.

Figura 22 – Trator de pneu com grade de arrasto



Fonte: Do autor (2018).

Durante a construção do aterro, foram disponibilizados os equipamentos e máquinas, de forma que o resultado final fosse um aterro em condições de distribuição de material em camadas uniformes em toda a sua extensão e largura. As camadas iniciais foram colocadas em partes mais profunda nos locais de preenchimento.

Figura 23 – Nivelamento



Fonte: Do autor (2018)

A figura 23, demonstra um trecho da alameda onde o subleito é nivelado pela motoniveladora após passar pelo processo de decapagem mecânica e manual contidas nas operações de regularização da área.

Após o processo de decapagem, o solo superficial deve ficar totalmente livre de matéria orgânica ou de outros corpos estranhos, que devem ser retirados e dispensados de forma adequada. O material orgânico recolhido foi armazenado em locais aprovados, em áreas que não foram requeridas para escavação ou aterro.

Na figura 19, encontra-se exposto um trecho da alameda 16 na etapa final de distribuição de material na chamada terceira camada. A motoniveladora é utilizada na distribuição na distribuição e nivelamento do maciço aterrado, de forma que nas etapas seguintes sejam executados serviços sem a necessidade de novas regularizações do terreno, seja qual for a finalidade da terraplenagem.

Figura 24 – Vista de trecho da alameda em fase de acabamento



Fonte: Do autor (2018)

Nessa parte do processo é necessário que se faça o controle da umidade das camadas, de forma que as mesmas não venham a perder a umidade necessária e, dessa forma não se faça necessário repetir o processo de umidificação.

#### **4.5 Cuidados necessários na execução de terraplenagem**

A exposição do solo desprotegido causa sérios problemas a todos. É fato comum a empresa executora dos serviços de terraplenagem, realizar serviços simultâneos em empreendimentos imobiliários do tipo loteamento, ou seja, com base na lucratividade pela capacidade produtiva, acaba executando movimentação de terra em várias áreas do empreendimento, realizando cortes e aterros com a finalidade de construir o sistema viário e infraestrutura do local.

A adoção dessa prática faz com que os terrenos desprotegidos em suas superfícies sofram com processos degradantes como carreamento de material pela ação da enxurrada, lixiviação e erosão, que em alguns casos pode resultar na

necessidade de repetição de todo o serviço de terraplenagem, fazendo com que o custo do empreendimento seja aumentado significativamente.

Figura 25 – Área impactada pela ação da chuva



Fonte: Do autor (2018)

Conforme visto na figura 25, a exposição constante do solo desprotegido causou danos em grande extensão do empreendimento. Parte de um trecho pronto para receber o revestimento superficial foi danificado pela ação do escoamento da água das chuvas. O grande volume pluviométrico fez com que os materiais de trechos de aterros fossem carregados para áreas em cotas mais baixas.

Alguns trechos afetados pelo carregamento do material já estavam pavimentados, o que obriga a empresa a realizar dois serviços não previstos em projeto, que são o reateramento completo de alguns trechos e a remoção do material carregado para os trechos com pavimentação asfáltica.

Esse exemplo encontrado no empreendimento estudado expõe a importância e a necessidade de planejamentos bem elaborados e da adoção de modelos preventivos de execução de serviços, além da implantação de sistemas de micro e macro drenagem eficientes, colocando em foco, a preocupação com os solos que

ficam em exposição durante as chuvas sem a devida construção de estruturas de contenção da água escoada superficialmente.

Figura 26 – Trecho de alameda com solo exposto e surgimento de processo erosivo



Fonte: Do autor (2018)

A figura 26, expõe um trecho de uma alameda onde parte do solo ficou exposto e em decorrência da ação de fatores climáticos veio a sofrer processo erosivo severo. O carreamento do material pela água da chuva causou danos no trecho de aterramento e também na pavimentação asfáltica existente na continuidade da alameda em questão.

Todas as etapas de terraplenagem têm peculiaridades e importância no processo de formação de aterro, devendo cada parâmetro e método ser seguido dentro do que estabelece o conjunto de normas. O correto manuseio e conhecimento do maquinário utilizado nos serviços de terraplenagem, bem como do material utilizado e a realização de ensaios preciosos em laboratório são de fundamental necessidade para que se tenha um resultado satisfatório no corpo de aterro.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo objetivou demonstrar a importância da eficiência nas operações de terraplenagem, através da correta adoção das normas DNIT, específicas para esse tipo de obra, além da melhor utilização das máquinas e equipamentos somados a um fluxo maior e mais intenso de informações. Para isso, foram analisadas duas alamedas (14 e 16) de uma quadra residencial em fase de implantação na região sul de Palmas – Tocantins.

Foi realizado o acompanhamento da execução de obras de terraplenagem no local, onde ficou claro o envolvimento direto de um fator bastante decisivo na questão dos resultados finais a serem alcançados, que é a interação entre os indivíduos envolvidos no processo construtivo, já que seu ciclo depende, em todas as etapas, do senso crítico e da tomada de decisões dos responsáveis por cada procedimento operacional que compõe a terraplenagem.

Desde o operador de máquinas, que deve ser experiente e atento à calibragem do seu equipamento, até o engenheiro chefe, que deve ser dinâmico e atualizado, a atuação de cada um desses atores, deve ser pautada na estrita observância das diretrizes que norteiam as ações e procedimentos executivos nas obras de terraplenagem, considerando que a própria norma estabelece os requisitos concernentes aos materiais a serem empregados, a especificação dos equipamentos, os procedimentos adotados na execução dos serviços, até mesmo as condicionantes ambientais.

A correta observância de normas e diretrizes, evidenciam que mesmo não havendo atividades ou serviços de extrema complexidade no processo construtivo em terraplenagem, a questão da precisão dos dados, controle de qualidade procedimental, condições de conformidade e não-conformidade são determinantes na obtenção de uma estrutura de aterro plenamente satisfatória.

Difícilmente os dados obtidos *in loco* são plausíveis ou totalmente suficientes do ponto de vista da confiabilidade. A necessidade de dados fidedignos em serviços de terraplenagem advém da finalidade da estrutura a ser construída, e por isso a preocupação primária com fatores extra canteiro.

O estudo relativo aos procedimentos e processos que compõem a terraplenagem possibilita ampliar a visão crítica sobre esse serviço tão corriqueiro e

essencial na vida profissional do engenheiro civil. A terraplenagem ou movimentação de solo aparenta ser uma atividade simples aos olhos de quem não conhece sua verdadeira funcionalidade, pois sua complexidade encontra-se naquilo que não é visto diretamente no corpo de aterro em canteiros de obras, ou por baixo de pavimentos de vias.

Por se tratar de estruturas responsáveis por absorver e distribuir cargas, seu estudo aprofundado se faz necessário para os profissionais que atuam nesse setor, já que parâmetros físicos, mecânicos e de conformação estrutural de solos variam de lugar para lugar, ou seja, não é uma constante equacional, que pode ser repetida a cada novo empreendimento que envolva a movimentação de solos.

A pesquisa realizada e as análises laboratoriais solicitadas em anexo, demonstraram que os processos de terraplenagem são influenciados por uma grande variedade de fatores, incluindo variáveis de solo e condições edafoclimáticas, bem como do tipo de maquinário utilizado, o que determinará o desempenho do aterro preparado conforme as condições de tráfego a qual será submetido, além das restrições de canteiro local e outros fatores relacionados aos agentes humanos que atuam na cadeia construtiva.

Caminhões, escavadeiras hidráulicas, entre outras máquinas por si só já são capazes de comprometer a estrutura de aterro construída caso não sejam compatíveis com as características de projeto do maciço de terra em execução, e por isso existe a necessidade basilar de compatibilização do maquinário e a otimização da eficiência operacional na relação máquina/homem.

Dada a natureza dinâmica do processo construtivo em terraplenagem e das mudanças repentinas nas condições climáticas de Palmas, onde os picos de temperatura são bastante elevados assim como os volumes pluviométricos somados aos ventos, ocasionam processos degradantes em trechos preparados e que estejam sob ação direta dos fatores acima citados, como é o caso das alamedas estudadas e apresentadas no presente trabalho. Portanto, se faz necessária a captura de dados precisos que alimentem as tomadas de decisões, com base em planejamento prévio sistemático e direcionamento científico de normas específicas, visando a alta produtividade operacional e redução de perdas nos processos de terraplenagem.

Como sugestão para trabalhos futuros, propõe-se a realização de estudo aprofundado específico sobre a capacidade de suporte de áreas sob influência do

reservatório da usina do Lajeado, enfatizando as alterações decorrentes do processo de enchimento e inundação do mesmo.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Márcio de Souza S.; MARQUES, Maria Esther Soares. **Aterros sobre solos moles: projeto e desempenho**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

ALONSO, Urbano Rodriguez. **Exercícios de Fundações**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1983. 202 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457**: Amostras de Solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro: ABNT, 1986. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6458**: Grãos de pedregulho retidos na peneira de 4,8 mm - Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção da água. Rio de Janeiro: ABNT, 1984. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181**: Solos – Análise Granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 1984. 13 p.

AZEVEDO NETTO, J. M; FERNÁNDEZ, M. F. **Manual de Hidráulica**. 9 ed. São Paulo: Ed. Edgard Blucher, 2015.

BASTOS, Izabel Gomes. **Estabilização de Encosta através de Drenagem Profunda: Estudo de um caso de estabilização com túnel de drenagem**. 2006. 219 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

BORGES, Alberto de Campos. **Topografia: Aplicada a Engenharia Civil**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2013. 191 p. Volume 1.

BRAGA, B; TUCCI, C. E. M; TOZZI, M. **Drenagem urbana: gerenciamento, simulação, controle**. Porto Alegre: EdUFRGS, 1998.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Norma DNIT 006 – 2003. PRO**. Brasília: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2013.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Norma DNIT 104 – 2009. ES. Terraplenagem – Serviços preliminares Especificação de serviço**. Brasília: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2009.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Norma DNIT 105 – 2009. ES. Terraplenagem – Caminhos de serviço - Especificação de Serviço**. Brasília: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2009.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Norma DNIT 106 – 2009. ES. Terraplenagem - Cortes Especificação de serviço.** Brasília: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2009.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Norma DNIT 107 – 2009. ES. Terraplenagem - Empréstimos - Especificação de serviço.** Brasília: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2009.

CANHOLI, Aluísio. **Drenagem urbana e controle de enchentes.** São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações.** 6ª, ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

CARDOSO, J.G; ERDMANN, R.H. **Planejamento e controle da produção na gestão de serviços: O Caso do Hospital Universitário de Florianópolis.** Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Salvador, 2001.

DAS, Braja M. **Fundamentos de Engenharia Geotécnica.** 6 ed. São Paulo: Thomson Learnig, 2007.

DNIT. **Manual de Pavimentação.**3.ed. Pulb. 719. Rio de Janeiro: IPR, 2006.

FERNANDES, Manuel de Matos. **Mecânica dos solos: introdução à Engenharia Geotécnica.** São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

FIORI, Alberto Pio; CARMIGNANI, Luigi. **Fundamentos de mecânica dos solos e das rochas: aplicações na estabilidade de taludes.** 2. ed. 2009: UFPR, 2009. 604 p.

FREU, Pedro Henrique Alves. **Estudo para Projeto de Estabilização de uma Encosta do Morro da Glória II, Angra dos Reis – RJ.** 2012. 110 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Angra dos Reis, 2012.

GALAS, Naruna Dias. **Uso de vegetação para contenção e combate à erosão em taludes.** 2006. 64 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2006.

GERSCOVICH, Denise. **Estabilidade de taludes.** São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 166 p.

GRIBBIN, J. E. **Introdução à Hidráulica, Hidrologia e Gestão de Águas Pluviais.** 2. Ed. São Paulo: CTP, 2014.

LIBRELOTTO, L. I; MEIRA, A.R; BERTOL, A. A; ALBERTON, L. **Planejamento e controle da produção: um estudo de caso na construção civil.** Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho II SIBRAGEQ. Recife: UPE, 1999.

MASSAD, Faíçal. **Obras de terra: curso básico de geotecnia**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 216 p.

MATTOS, Thiago Brito de. **Retroanálise de ruptura planar em talude rodoviário – BR 101 Rodovia Rio Santos**. 2010. 116 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

NBR 6457. **Amostra de solos – Preparação para Ensaio de Caracterização e Compactação**. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

NBR 6459. **Solo – Determinação do Limite de Liquidez**– Método de Ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

NBR 7180. **Solo – Determinação do Limite de Plasticidade**– Método de Ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

NBR 7181. **Solo – Análise Granulométrica** – Método de Ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

NBR 7182. **Solo – Ensaio de Compactação**– Método de Ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

NBR 9603. **Sondagem a Trado**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

NBR 9895. **Solo – Índice Suporte California** – Método de Ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

NERY, Tullius Dias. **Avaliação da Sucetibilidade e Escorregamentos Translacionais Rasos na Bacia da Ultrafértil, Serra do Mar (SP)**. 2011. 170 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia Física, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

OLIVEIRA, Felipe de Paiva Nascimento e; SAMPAIO, Marconi Neves. **Projeto de estrutura de contenção em solo reforçado e em solo grampeado na cidade de São Fidélis**. 2007. 130 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2007.

OLIVEIRA, Vanessa Scoz. **Análise De Estabilidade bi e Tridimensional de Talude Estabilizado em Solo Grampeado**. 2006. 170 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico - Ctc, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

PINTO, Homero Caputo. **Mecânica dos solos: e suas aplicações**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

PORTO, M. F. A. **Drenagem Urbana**. V.5 Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 1995.

QUARESMA, Arthur Rodrigues et al. **Fundações: Teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998. 751 p.

QUEIROZ, Rudney C. **Geologia e geotecnia básica para a engenharia civil**. São Carlos: Rima, 2009. 406 p.

RIBEIRO JUNIOR, Carlos Alberto. **Análise numérica de escorregamentos em encostas**. 2011. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia e Ciência, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

ROESNER, Fernando John. **Retroanálise e proposta de estabilização de um talude na Rodovia SC-435**. 2015. 87 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Infraestrutura, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2015.

SANTOS, Rodrigo Cezar Xavier dos. **Estabilização de talude através de técnica de solo grampeado - Estudo de caso**. 2009. 146 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense - Unesc, Criciúma, 2009.

SCHNAID, Fernando. **Ensaio de Campo: e suas aplicações à Engenharia de Fundações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. 189 p.

SENÇO, Wlastemiler. **Manual de técnicas de pavimentação**. 1v. São Paulo: PINI, 2007.

TAKARA, Alexandre Hiroaki et. al. **Estabilização de taludes com solo reforçado com elementos geossintéticos**. 2011. 90 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2011.

TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosângela. **Desastres Naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. 196 p.

TUCCI, C. E. M; MARQUES, D. M. L. M. **Avaliação e controle da drenagem urbana**. Porto Alegre: UFRGS, 2000.

TUCCI, C. E. M; PORTO R. L. L; BARROS, M. T. **Drenagem urbana**. Porto Alegre: EdUFRGS, 1995.

TULER, Marcelo; SARAIVA, Sérgio. **Fundamentos de Topografia: Série Tekne**. São Paulo: Bookman Editora, 2014.

TURCARELLI, Tomaz. **Aspectos de projeto, execução e comportamento de cortinas atirantadas**. 2013. 124 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.

VALLE, Juliana Borges de Senna. **Avaliação de modelo simplificado para previsão de curva de retenção de umidade de solos em análises de estabilidade de taludes**. 2013. 223 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geotecnia e Transportes, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

ZANARDO, Bruno Felipe. **Análise de estabilidade de taludes de Escavação de Mina de Bauxita**. 2014. 38 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, 2014.