



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

FELIPE DA SILVA SANTOS

**CUSTOS DE SERVIÇOS EM TERRAPLENAGEM: DETERMINAÇÃO
EXPEDITA DO CUSTO DE UM ATERRO RODOVIÁRIO**

JOÃO PESSOA

2015



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

FELIPE DA SILVA SANTOS

**CUSTOS DE SERVIÇOS EM TERRAPLENAGEM: DETERMINAÇÃO
EXPEDITA DO CUSTO DE UM ATERRO RODOVIÁRIO**

TCC apresentado por **Felipe da Silva Santos**
como exigência do curso de graduação em
Engenharia Civil da Universidade Federal da
Paraíba sob a orientação do professor **Pablo Brillante
de Sousa**

JOÃO PESSOA

2015

**CUSTOS DE SERVIÇOS EM TERRAPLENAGEM: DETERMINAÇÃO
EXPEDITA DO CUSTO DE UM ATERRO RODOVIÁRIO**

FELIPE DA SILVA SANTOS

Aprovado em ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Pablo Brilhante de Sousa (orientador)

Professor Doutor - UFPB

Ricardo Almeida de Melo

Professor Doutor - UFPB

Fabio Lopes Soares

Professor Doutor - UFPB

CONCEITO FINAL: _____

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, sem o qual não chegaria até aqui.

À minha família, que sempre me incentivou e deu forças para nunca desistir.

À minha esposa e ao meu filho que sempre estiveram comigo, principalmente nas horas difíceis.

A todos os meus amigos e professores que contribuíram de várias maneiras para minha formação.

Ao Professor Pablo Brilhante, que me acompanhou e dedicou parte do seu tempo a me orientar.

RESUMO

O presente trabalho busca desenvolver o custo de um serviço de terraplenagem, especificamente, de um aterro rodoviário a partir de procedimentos e equipamentos usualmente utilizados; da metodologia utilizada pelo DNIT para a obtenção dos custos unitários envolvidos em serviços de terraplenagem. Foram apresentados os procedimentos para execução/compactação de aterros, os principais equipamentos utilizados em obras de terraplenagem e a conceituação dos componentes dos custos unitários de transportes: equipamentos, mão-de-obra e materiais. Foram mensurados os parâmetros empregados pela metodologia adotada pelo DNIT para a composição de custos. Finalmente, foi apresentado o custo unitário para a construção de um aterro necessário a pavimentação de uma rodovia.

PALAVRAS-CHAVE: Equipamentos. Terraplenagem. Análise de Custos.

ABSTRACT

This study aims to develop the cost of a moving service, specifically a road embankment from: procedures and equipment commonly used; and the methodology used by DNIT to obtain the unit costs involved in earthworks. Procedures were submitted for execution / landfill compaction, the main equipment used in earthwork and the conceptualization of the components of the unit costs of transport: equipment, hand labor and materials. The parameters used by the methodology adopted by the DNIT to the cost composition were measured. Finally, we have presented the unit cost for the construction of a landfill site in need of paving a roadway.

Key-Words: Equipments. Earthmoving. Cost Analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Estrutura do canteiro de obra padrão	18
Figura 2.2 – Elementos para locação dos aterros	20
Figura 2.3 – Compactação com rolo pé-de-carneiro	24
Figura 2.4 – Procedimento de execução de aterro	25
Figura 2.5 – Trator montado sobre esteiras	28
Figura 2.6 – Scraper rebocado por trator de pneus	30
Figura 2.7 – motoscraper	30
Figura 2.8 – Carregadeira de pneus	31
Figura 2.9 – Escavadeira com caçamba frontal	32
Figura 2.10 – Motoniveladora	33
Figura 2.11 – Rolo pé-de-carneiro	36
Figura 3.1 – Fluxograma da pesquisa	49
Figura 4.1 – Mapa de situação PB-111 Boa Vista (Araruna)	52
Figura 4.2 – Localização das áreas de empréstimo	53
Figura 4.3 – Perfil longitudinal do trecho	53
Figura 4.4 – Seção transversal	54
Figura 4.5 – Custo Unitário de Referência de Serviços (Desm. Dest. Limpeza áreas c/arv. Diam. Até 0,15m)	55
Figura 4.6 – Composição percentual do custo unitário de serviço (Desm. Dest. Limpeza áreas c/arv. Diam. até 0,15m).	56
Figura 4.7 – Custo Unitário de Referência de Serviços (Esc. carga tr. mat 1a c. DMT 600 a 800m c/carreg)	57
Figura 4.8 – Composição percentual do custo unitário de serviço (Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria para DMT 600 a 800m (com carregamento)).	58
Figura 4.9 – Custo Unitário de Referência de Serviços (Compactação de aterros 100% a proctor normal)	59
Figura 4.10 – Composição percentual do custo unitário de serviço (Compactação de aterros 100% a proctor normal)	60
Figura 4.11 – Composição percentual do custo unitário do aterro	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Tabela de valores residuais adotados pelo SINCTRAN.....	40
Tabela 2.2 – Vida útil dos equipamentos. Valores adotados pelo DNIT	41
Tabela 2.3 – Número de horas trabalhadas por ano. Valores adotados pelo DNIT	42
Tabela 2.4 – Coeficiente de Manutenção. Valores adotados pelo DNIT.	43
Tabela 2.5 – Coeficiente de Materiais. Valores adotados pelo DNIT.	44
Tabela 2.6 – Padrão Salarial. Valores adotados pelo DNIT	46
Tabela 4.1 – Estimativa de produção de equipamentos.....	60
Tabela 4.2 – Custo unitário total do aterro	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANP	Agência Nacional de Petróleo
BDI	Bonificação de Despesas Indiretas
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
FGTS	Fundo de Garantia do Tempo de Serviço
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INSS	Instituto Nacional do Seguro Social
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SESI	Serviço Social da Indústria
SICRO	Sistema de Custos Rodoviários
SINCTRAN	Sistema Nacional de Custos de Transportes

SUMÁRIO

1	Introdução.....	12
1.1	Justificativa.....	12
1.2	Definição do problema	13
1.3	Objetivos.....	13
1.3.1	Objetivo geral.....	13
1.3.2	Objetivos específicos.....	13
1.4	Etapas da pesquisa	14
1.5	Estrutura do trabalho	15
2	Execução de obras de terraplenagem.....	16
2.1	Considerações iniciais	16
2.2	Serviços preliminares a execução da terraplenagem	17
2.2.1	Instalação do canteiro de obras.....	17
2.2.2	Transporte de equipamentos.....	18
2.2.3	Construção de estradas de serviço e obras-de-arte provisória.....	19
2.2.4	Consolidação dos terrenos de fundação dos aterros	19
2.2.5	Locação topográfica	19
2.2.6	Limpeza da faixa, desmatamento e destocamento.....	21
2.3	Operações básicas de terraplenagem: Ciclo da operação	21
2.4	Execução de compactação dos aterros.....	22
2.4.1	Procedimentos de execução.....	22
2.4.2	Etapa de compactação	23
2.4.3	Métodos de controle de compactação.....	25
2.5	Materiais empregados.....	26
2.6	Classificação dos equipamentos	27
2.6.1	Unidades de tração (tratores).....	27
2.6.2	Unidades escavo-empurradoras.....	28
2.6.3	Unidades escavo-transportadoras	29
2.6.4	Unidades escavo-carregadoras	30
2.6.4.1	Carregadeiras	31
2.6.4.2	Escavadeiras	32
2.6.5	Unidades aplanadoras.....	32
2.6.6	Unidades de transporte	34
2.6.7	Unidades compactadoras	34
2.6.8	Unidades escavo-elevadoras.....	36
2.7	Análise de custo dos serviços	36
2.7.1	Considerações iniciais	37
2.7.2	Custos unitários dos serviços.....	38
2.7.3	Custos dos equipamentos	38
2.7.3.1	Depreciação e Juros	39
2.7.3.2	Despesas de manutenção	42
2.7.3.3	Materiais de operação.....	43
2.7.3.4	Custos da mão-de-obra e encargos sociais	45
2.7.3.5	Considerações importantes	47
3	Detalhamento do método	48
4	Estudo de caso: custos de aterro de uma rodovia.....	51
4.1	Descrição da rodovia analisada	51
4.2	Cálculo dos custos de aterro	53

4.2.1 Delimitação do trecho.....	53
4.2.2 Cálculo do volume de aterro.....	54
4.2.3 Equipamentos utilizados custos horários e estimativa de produção.....	54
4.2.4 Custo unitário da construção do aterro	61
4.2.5 Análise dos resultados	63
5. Conclusões.....	64
5.1 Considerações finais	64
5.2 Resultados do estudo	64
5.3 Recomendações para futuros trabalhos	65

1. INTRODUÇÃO

“Pode-se dizer que terraplenagem ou movimento de terras são as operações que têm por objetivo remover o excesso de terra de um local e levar para outro que esteja em falta” (RICARDO E CATALANI, 2007).

A construção de uma estrada de rodagem exige a execução de serviços de terraplenagem prévios, regularizando o terreno natural, em acordo com projeto que se deseja implantar. Na execução de uma obra de terraplenagem, além dos serviços básicos (cortes e aterros), tornam-se necessárias outras operações: serviços preliminares, caminhos de serviços, empréstimos e bota-foras.

Além de se conhecer aspectos técnicos como operações e serviços de terraplenagem, faz-se necessário o conhecimento dos custos envolvidos. A determinação dos custos é de extrema importância, seja para estudos de viabilidade, orçamento ou proposta de concorrência. Os valores a serem indicados na proposta para a tomada de preços ou concorrência pública exigem um cálculo detalhado de cada custo incidente.

Neste trabalho, são enfocados os custos essencialmente relacionados aos serviços de terraplenagem. É desenvolvido, de forma expedita, os custos unitários dos serviços utilizados em algumas operações necessárias a execução dos aterros. Com isso obtém-se a identificação dos serviços e seus respectivos custos, e isso torna possível a escolha do equipamento mais adequado à determinada necessidade.

1.1 Justificativa

“A decisão do tipo de rodovia a ser construída, suas características, tais como largura, tipo de pavimento, acostamentos, depende dos custos e benefícios gerados” (PEDROSO, 2001). “Uma rodovia pode ser executada com diversos tipos de materiais e de diversas formas, contudo, a escolha recai, preponderantemente, sobre a alternativa técnica que apresente menores custos globais” (PEDROSO, 2001).

O que vem acontecendo frequentemente em obras de terraplenagem, é a existência de perdas financeiras relativamente altas, perdas ocasionadas principalmente devido a problemas com o uso inadequado de equipamentos bem como a aquisição desnecessária de máquinas, cita-se como exemplo, a escolha indevida de equipamento de pequeno porte para transporte de grande volume de material, causando custos excessivos e desnecessários, que teriam sido evitados caso o transporte do material, neste caso, fosse realizado por equipamento de grande porte. (LIMA, 2013).

A execução de aterro é uma das etapas mais importantes da terraplenagem, para que a essa etapa gere menos custos possíveis é necessária uma equipe técnica de profissionais que visem o planejamento, controle e supervisão desse serviço, para que seja escolhida a melhor alternativa técnica possível.

Realizar um planejamento voltado para a escolha adequada do equipamento de terraplenagem é de extrema relevância para um bom desenvolvimento da obra, além de reduzir o tempo de conclusão da obra, gera uma redução de custos significativa e por consequência um lucro maior para os investidores. [...] Além de reduzir custos desnecessários, a análise e opção pelo equipamento mais adequado possível vêm contribuir significativamente com a melhoria das operações da obra, melhoria essa, possibilitada pela perfeita adequação das especificações do equipamento com as atividades em que serão utilizados. (LIMA, 2013).

1.2 Definição do Problema

Dentro de tal conjuntura, temos o seguinte problema de pesquisa: "Dada uma obra de terraplenagem, qual o custo e o respectivo impacto de cada componente, seja equipamento, mão-de-obra ou materiais, no custo total da obra de um aterro rodoviário para pavimentação de uma rodovia vicinal?".

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

O objetivo geral do presente trabalho é realizar o desenvolvimento expedito do custo da execução de um aterro rodoviário.

1.3.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos do presente trabalho, podem ser ressaltados:

- a) Apresentar os procedimentos realizados em obras de terraplenagem, especificamente, os serviços preliminares à execução de aterros;
- b) Mostrar os principais equipamentos utilizados em obras de terraplenagem;
- c) Determinar as composições de custos destes equipamentos;

- d) Determinar o custo e o respectivo impacto dos custos dos equipamentos no valor total gasto para realização do aterro rodoviário.

1.4 Etapas da Pesquisa

A pesquisa foi composta de 5 etapas, apresentadas a seguir:

- a) Definição do problema e objetivos da pesquisa

Nesta etapa foi definido o problema a ser desenvolvido no trabalho, assim como os objetivos gerais e específicos.

- b) Levantamento da revisão bibliográfica

A revisão bibliográfica teve como objetivo apresentar os tipos de terraplenagem, os serviços preliminares, execução e compactação de aterros, operações básicas, equipamentos necessários a sua execução e composição de custos.

- c) Detalhamento do método

Neste tópico é apresentada a sequência lógica adotada para o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa.

- d) Análise dos custos dos serviços

Partindo do levantamento de custos, contidos nos manuais publicados pelo DNIT, realizou-se uma análise detalhada de composições de custos unitários dos serviços que compõe a execução do aterro, indicando a parcela mais representativa.

- e) Estabelecimento das conclusões do estudo

Foram apontadas as conclusões pertinentes ao presente trabalho, mostrando os dados obtidos pela pesquisa e os custos envolvidos em uma etapa da terraplenagem.

1.5 Estrutura do trabalho

Este trabalho de conclusão está dividido em 5 capítulos.

No primeiro capítulo, apresentam-se o tema escolhido, os objetivos que se pretendem atingir e a estrutura do trabalho.

No Capítulo 2 ocorre a pesquisa bibliográfica realizada, onde foram apresentados os serviços preliminares, a execução e a compactação dos aterros, os diversos tipos de equipamentos de terraplenagem assim como suas importâncias e utilizações, operações básicas e a composição de custo.

No capítulo 3 descreve-se o detalhamento do método com a sequência lógica deste trabalho.

No Capítulo 4 foram apresentadas as composições de custos por equipamento e os custos unitários desses equipamentos envolvidos na execução de um aterro.

No Capítulo 5 foram apresentadas as conclusões obtidas do desenvolvimento do trabalho, apontando as limitações ocorridas no decorrer da pesquisa, assim como sugestões e recomendações voltadas para um estudo futuro sobre o tema.

2. EXECUÇÃO DE OBRAS DE TERRAPLENAGEM

A terraplenagem encarrega-se de deixar o relevo nas condições ideais para implantação de obras de infraestrutura, tais como portos, açudes, canais de navegação, canais de irrigação, rodovias, ferrovias, pistas de aeroportos, edificações, barragens e plataformas diversas.

2.1 Considerações Iniciais

Os serviços de terraplenagem são indispensáveis em obras como a construção de estradas, ferrovias ou aeroportos, a edificação de uma fábrica ou usina hidrelétrica. A terraplenagem tem o objetivo de regularizar o terreno natural, em conformidade ao projeto que se deseja implantar.

Existem várias definições para o termo “terrapienagem”:

“O conjunto de operações necessárias à remoção do excesso de terra para locais onde esteja em falta, tendo em vista um determinado projeto a ser implantado” (RICARDO E CATALANI, 2007).

“O conjunto de operações de escavação, carga, transporte, descarga e compactação dos solos, aplicadas na construção de aterros e cortes, dando à superfície do terreno a forma projetada para construção de rodovias” (DNIT, 2010).

Sabe-se também que a realização de obras de terra em grande escala não é uma prática nova. Existem registros de que há muitos séculos elas vêm sendo executadas pelo homem. Há registros históricos e pré-históricos desta atividade. Na antiguidade os egípcios e os babilônicos realizavam grandes obras de terra, como, por exemplo, canais de irrigação às margens dos rios Nilo e Eufrates (RICARDO E CATALANI, 2007).

Até o aparecimento dos equipamentos mecanizados e mesmo depois, a movimentação das terras era feita pelo homem, utilizando ferramentas tradicionais: pá e picareta para o corte, carroças ou vagonetas com tração animal para o transporte (RICARDO E CATALANI, 2007).

Os equipamentos mecanizados, surgidos em consequência do desenvolvimento tecnológico, apesar de apresentarem elevado custo de aquisição, tornaram competitivo o preço do movimento de terras, em razão de sua alta produtividade. Conforme exemplificado

anteriormente, percebe-se a notável economia de mão-de-obra introduzida pela mecanização, o que vinha de encontro à escassez cada vez maior do trabalhador braçal, decorrente sobretudo da industrialização.

Para se ter uma ideia do número de operários necessários para a execução braçal do movimento de terra, estima-se que para a produção de 50 m³/h de escavação seriam necessários pelo menos 100 homens. A mesma tarefa pode ser executada por uma única escavadeira, operada apenas por um homem. Todavia, a terraplenagem manual não significava excessiva lentidão dos trabalhos. Desde que a mão-de-obra fosse numerosa, os prazos de execução da movimentação de terras em grandes volumes eram razoáveis, se comparados com os atuais (RICARDO E CATALANI, 2007).

2.2 Serviços Preliminares à Execução da Terraplenagem

A execução dos serviços de movimento de terras em estradas, barragens ou plataformas industriais exige uma série de trabalhos preliminares indispensáveis para permitir a utilização de equipamentos pesados.

2.2.1 Instalação do canteiro de obras

É primeira medida a ser tomada pelo executor dos trabalhos. Depende da dimensão da obra, da distância em relação aos centros urbanos, do tempo de execução, da disponibilidade de energia elétrica e água potável, dentre outras. O canteiro terá suas características de acordo com as instalações que forem exigidas, como alojamento, escritórios, almoxarifados e oficinas (RICARDO E CATALANI, 2007).

As edificações podem ser pré-moldadas, o que garante o reaproveitamento em outras obras com perdas reduzidas; em madeira compensada com perda de até 30%, quando parafusadas; ou em tábuas comuns, cujo o aproveitamento é praticamente nulo.

O canteiro de obra deve ter uma única entrada por motivo de segurança, para que seja evitada a entrada de pessoa estranhas aos serviços, e de onde se controla a movimentação de veículos, pessoas ou materiais que entrem ou saiam do canteiro.

Um canteiro-padrão a uma obra de implantação rodoviária deve conter instalações para:

- a) Escritório da obra;
- b) Almoxarifado
- c) Oficina de manutenção
- d) Alojamento, refeitórios etc.;
- e) Água potável, esgoto e iluminação.

A seguir apresenta-se, para melhor ilustração do assunto, a disposição de um canteiro de obras instalado por firma empreiteira numa obra rodoviária.

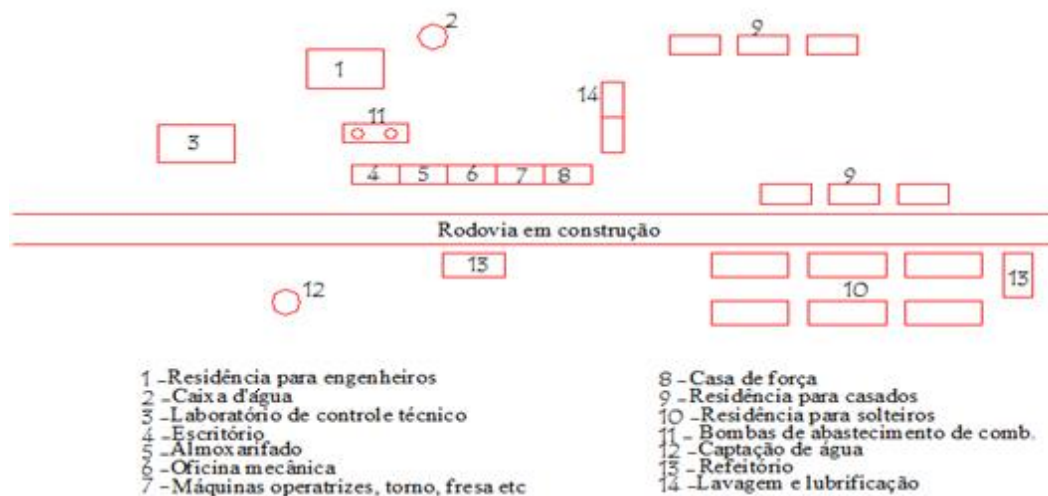


Figura 2.1: Esquema do canteiro de obra padrão

Fonte: Instituto de obras rodoviárias

2.2.2 Transporte de equipamentos

Existe uma grande preocupação no envio dos equipamentos ao local da obra. As máquinas de grandes dimensões devem ser transportadas por carretas especiais. As unidades de pneus podem ser transportadas com a liberação dos órgãos rodoviários, podem transitar nas vias, depois de ter sido tomado cuidados especiais, como sinalização a fim de serem evitados acidentes (RICARDO E CATALANI, 2007).

É de grande importância lembrar que os custos com o transporte das máquinas é um item que não pode ser esquecido, pois, no caso de grandes distâncias, essa despesa pode ser elevada, devendo ser retirado do custo da obra.

2.2.3 Construção de estradas de serviço e obras-de-arte provisória

Para permitir o acesso a todos os pontos do trecho a ser implantado, dando suporte para que os equipamentos de grande peso atinjam as frentes de serviços, é necessária a construção de estradas provisórias.

É observado que esse tipo de obra tem o custo relativamente baixo, com pequena movimentação de terra, abrangendo a largura de 4 ou 5m de plataforma. Nos trechos baixos, para evitar os solos ruins ou afastar riscos de inundações, é necessária a construção de pequenos aterros, com os respectivos bueiros de drenagem (RICARDO E CATALANI, 2007).

2.2.4 Consolidação dos terrenos de fundação dos aterros

Um serviço preliminar de grande relevância é a consolidação dos terrenos de fundação dos aterros quando se apresentam com pouca consistência e pequena capacidade de suporte, permitindo, se carregados com o peso próprio do aterro, grandes recalques e, escorregamento lateral (RICARDO E CATALANI, 2007).

Um método utilizado para consolidação do solo é o de apressar o processo de adensamento, aumentando consideravelmente sua capacidade de suporte, garantindo a estabilização do aterro e a ocorrência de recalques aceitáveis. Abaixo podemos ver mais alguns métodos de consolidação.

- a) Substituição do solo mole;
- b) Lançamento de camada “rachão de pedra”;
- c) Implantação de drenos verticais para acelerar a consolidação “geo-drenos”;
- d) Construção de aterro para pré-carregamento.

2.2.5 Locação topográfica

No nosso país o órgão rodoviário fornece o eixo da estrada locado e piqueteado, ficando a cargo do empreiteiro acompanhar a execução desse serviço para esclarecer eventuais dúvidas.

Com o eixo locado o executante deve marcar os pontos de “off-set”(pontos extremos da secção transversal) para a terraplenagem, e também o deslocamento das estacas numeradas do eixo para o exterior dos “off-sets”, garantindo sua conservação. Para a locação dos “off-sets” é necessário conhecer os seguintes elementos do projeto:

- Nota de serviço, ou seja, a indicação, de estaca em estaca, da altura de aterro;
- Largura da plataforma;
- Ângulo de aterro adotado.

A seguir podemos ver um corte esquemático com todos elementos necessários para a marcação topográfica de um aterro.

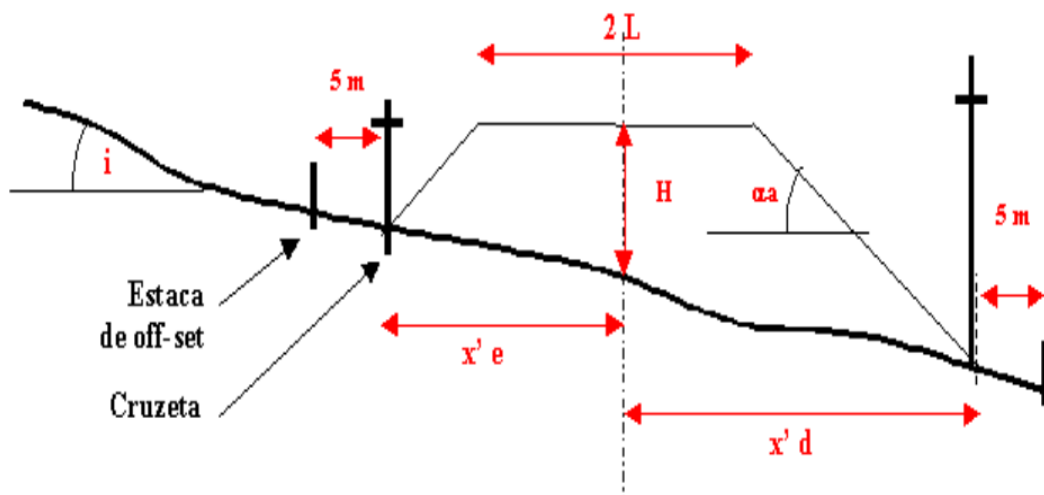


Figura 2.2: Elementos para a locação dos aterros
Fonte: Manual prático de escavação

Da figura temos:

H = altura do aterro no eixo;

$2L$ = largura da plataforma;

$X'e$ = distância horizontal do “off-set” esquerdo ao eixo;

$X'd$ = distância horizontal do eixo ao “off-set” direito;

αa = ângulo de talude de aterro (do projeto);

i = ângulo de inclinação do terreno natural, na seção.

Tal serviço é de grande relevância para a terraplenagem, visto que a ocorrência de erros na locação do projeto implica grandes prejuízos ao executante, uma vez que a correção desses erros é bastante difícil e de grandes custos.

2.2.6 Limpeza da faixa, desmatamento e destocamento

“A limpeza do terreno é uma etapa em que as estimativas de produção são bastante precárias, já que as condições e métodos utilizados variam muito de uma região para outra” (RICARDO E CATALANI, 2007).

As operações de desmatamento, destocamento e limpeza devem ser executadas mediante utilização de equipamentos adequados, entre os quais se destacam:

- Tratores de esteiras equipados com lâmina;
- Motoniveladoras;
- Ferramentas manuais diversas, como motosserras, foices, machado, alavancas, pás, enxadas etc.

O material decorrente das operações de desmatamento, destocamento e limpeza, executadas dentro dos limites da área, deve ser retirado e estocado de forma a não agredir o meio-ambiente, podendo ser usado nos taludes de aterros e cortes.

Não deve ser permitido o uso de explosivos para remoção de vegetação. Outros obstáculos, sempre que possível, devem ser removidos por meio de equipamento convencional, mesmo que com certo grau de dificuldade, objeto de criteriosa análise e metodologia adequada.

A limpeza da faixa depende de alguns fatores que irão torná-la mais ou menos difícil de ser executada, dentre esses estão: porte da vegetação, uso final da terra, condições do solo, topografia e especificações da obra.

2.3 Operações básicas de Terraplenagem: Ciclo da Operação

Na execução de um serviço de terraplenagem podem-se observar quatro operações básicas que ocorrem em sequência ou muitas vezes simultaneamente.

- a) Escavação;
- b) Carga do material escavado;
- c) Transporte;
- d) Descarga e espalhamento.

Essas operações básicas podem ser executadas pela mesma máquina ou por equipamentos diversos. Exemplificando: um trator de esteira provido de lâmina executa sozinho todas as operações acima indicadas, sendo que as três primeiras com simultaneidade.

2.4 Execução e Compactação dos Aterros

É correto dizer que a construção dos aterros é a fase em que maiores cuidados devem ser tomados no emprego correto das técnicas e procedimentos recomendados, pois a execução errada desse serviço tem consequências desagradáveis e de alto custo para o construtor e para o usuário das obras (RICARDO E CATALANI, 2007).

2.4.1 Procedimentos de execução

A execução dos aterros deve estar subordinada aos elementos técnicos fornecidos à executante e constante das notas de serviço elaborada de conformidade com o projeto que deverão obedecer rigorosamente à programação de obras estabelecida e consignada na “Segmentação do Diagrama de Bruckner”. A operação deve ser precedida da execução dos serviços de desmatamento, destocamento, limpeza e construção de obras-de-arte correntes necessárias à drenagem das bacias hidrográficas interceptadas pelos mesmos. A partir daí decorrem algumas etapas que são imprescindíveis à boa execução do aterro:

- É sempre aconselhável que, na execução de um aterro, seja lançada uma primeira camada de material granular permeável, de espessura indicada no projeto, a qual funcionará como dreno e evitando a ascensão de água capilar advinda do terreno de fundação. (DNIT 108/2009-ES).

- Nos casos de aterros assentes sobre encostas com forte inclinação transversal, de acordo com o projeto, devem ser tomadas medidas destinadas a solidarizar o maciço ao terreno natural. Pode ser empregada a escarificação para a produção de ranhuras acompanhando as curvas de nível ou, preferencialmente, a execução de degraus no terreno. O material resultante da escavação dos degraus deve, sempre que possível, ser empregado na composição do corpo do aterro. (DNIT 108/2009-ES).
- O lançamento do material para a construção dos aterros deve ser feito em camadas sucessivas em toda a largura da seção transversal e em extensões tais que permitam seu umedecimento ou aeração e compactação. Para o corpo dos aterros, a espessura da camada compactada não deve ultrapassar de 0,30 m. Para camadas finais essa espessura não deve ultrapassar de 0,20 m (DNIT 108/2009-ES).

2.4.2 Etapa de compactação

O grande problema é a execução dos aterros sem que o adensamento desejável seja obtido em todo o maciço de terra. As falhas cometidas refletem-se, às vezes, decorrido muito tempo após a construção, em recalques excessivos, escorregamentos da saia do aterro e erosão rápida devido à ação das águas pluviais.

Todas as camadas do solo deverão ser convenientemente compactadas, em conformidade com o definido no projeto de engenharia. Ordinariamente, o preconizado é o seguinte:

- a) Para o corpo dos aterros, na umidade ótima, mais ou menos 3%, até se obter a massa específica aparente seca correspondente a 95% da massa específica aparente máxima seca, do ensaio (DNIT 108/2009-ES).
- b) Para as camadas finais aquela massa específica aparente seca deve corresponder a 100% da massa específica aparente máxima seca do referido ensaio (DNIT 108/2009-ES).
- c) Os trechos que não atingirem as condições mínimas de compactação deverão ser escarificados, homogeneizados, levados à umidade adequada e novamente

compactados, de acordo com o estabelecido no projeto de engenharia (DNIT 108/2009-ES).

Assim, a compactação é trabalho que exige muita responsabilidade, existindo fatores adversos e aleatórios que perturbam sua operação, como: chuvas, umidade excessiva do solo e variação imprevisível nas suas características e que contribuem para a má qualidade do aterro.



Figura 2.3: Compactação com rolo pé-de-carneiro
Fonte: Autor.

Uma das maiores preocupações será sempre obter as massas específicas indicadas pelas especificações das obras e cujo estudo será feito em seguida. Entretanto, algumas regras básicas devem ser obedecidas, visando-se ao bom desenvolvimento e à qualidade dos serviços:

- Iniciar o aterro nas cotas mais baixas, em camadas horizontais;
- Prever caimento lateral, para rápido escoamento de água de chuva.

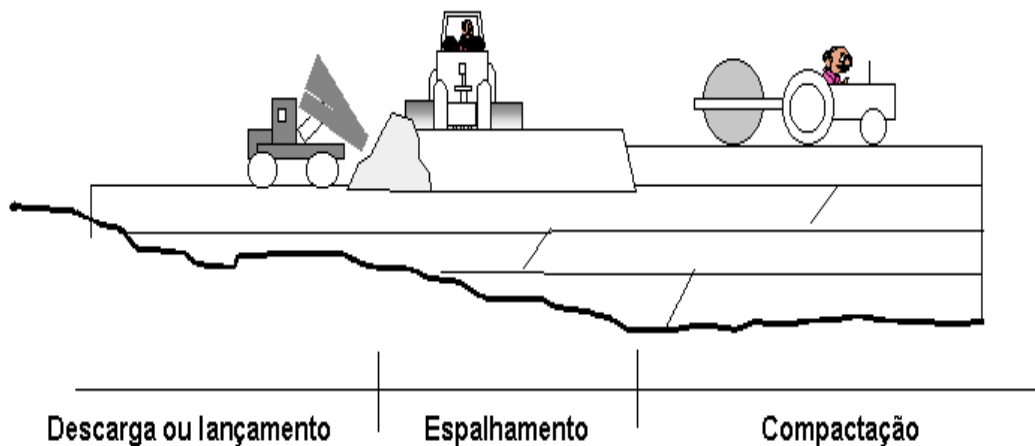


Figura 2.4: Procedimento de execução do aterro
Fonte: Autor.

2.4.3 Métodos de controle de compactação

Durante a execução do aterro é necessário fazer o controle da compactação, comparando o grau obtido com o prescrito nas especificações. Caso o mínimo não seja atingido a operação deverá ser repetida.

Existem vários métodos para o controle de compactação, abaixo serão citados os dois mais citados na literatura.

a) Determinação da umidade de campo;

A umidade do solo pode ser determinada por:

- **Estufa:** consiste em deixar o solo, durante um tempo superior a 12 hs, numa estufa com temperatura entre 105 e 110° C, com a finalidade de secar completamente o solo. Esse processo é o mais adequado para se obter resultados precisos, porém tem o inconveniente de só fornecer o resultado no dia seguinte.
- **Speedy:** é um aparelho simples que permite em poucos minutos conhecer o teor de umidade do solo. Consiste num frasco de aço, à prova de pressão, provido de um manômetro comunicado com o seu interior. Para seu funcionamento é necessário o uso de determinada quantidade de carbureto de cálcio, que vem em ampolas de vidro para um único uso.

b) Determinação do grau de compactação G;

A determinação do grau de compactação G, obtido no campo, demanda a determinação da massa específica aparente *in situ*. O grau de compactação de campo é definido por:

$$G\% = 100 \frac{Y_s(\text{Campo})}{Y_s(\text{Máximo})}$$

Onde

$$Y_s = \frac{Ps}{V} \text{ e } Ps = \frac{100P}{(100+h)}$$

Sendo *h* a umidade média do solo e *Y_s* (máximo) valor obtido em laboratório .

2.5 Materiais Empregados

Os materiais a serem utilizados na confecção dos aterros devem ser, preferencialmente, de 1ª categoria, admitindo-se o emprego de materiais de 2ª categoria e 3ª categoria, em casos especiais, atendendo a qualidade e a destinação previstas no projeto. Os materiais para os aterros devem provir de empréstimos ou de cortes existentes, devidamente selecionados no projeto. A substituição desses materiais selecionados, por outros, quer seja por necessidade de serviço ou interesse do Executante, somente pode ser processada após prévia autorização, por escrito, da fiscalização. Os materiais a serem utilizados devem apresentar os seguintes requisitos gerais:

- Isenção de matéria orgânica, micácia ou diatomácia;
- Expansão máxima, determinada no ensaio de Índice de Suporte Califórnia, utilizando-se a energia de compactação normal, de:
 - 2% para camada final;
 - 4% para o corpo do aterro.

- Os valores mínimos para o Índice de Suporte Califórnia e expansão máxima dos materiais a serem utilizados no corpo do aterro devem ser definidos no projeto em função dos materiais disponíveis na região e de aspectos econômicos.
- O tipo de solo que será utilizado na execução do serviço deve previamente passar por alguns ensaios tais como: granulometria, limite de liquidez, limite de plasticidade, índice de grupo e equivalente de areia.

2.6 Classificação dos Equipamentos

Para termos uma melhor compreensão do estudo dos equipamentos de terraplanagem, adotou-se a classificação utilizada pelos autores Ricardo e Catalani (2007) que se segue:

- a) unidades de tração (tratores);
- b) unidades escavo-empurradoras;
- c) unidades escavo-transportadoras;
- d) unidades escavo-carregadoras;
- e) unidades aplainadoras;
- f) unidades de transporte;
- g) unidades compactadoras;
- h) unidades escavo-elevadoras.

2.6.1 Unidades de tração (tratores)

A unidade de tração é considerada a máquina matriz da terraplenagem, pois é através de modificações e adaptações realizadas nesta que surgem novos equipamentos. Chama-se de trator, “a unidade autônoma que executa a tração ou empurra outras máquinas e pode receber diversos implementos destinados a diferentes tarefas.” (RICARDO E CATALANI, 2007, p.43).

Uma unidade básica de tração pode ser dividida em duas categorias que se diferenciam pelo método de montagem, são os tratores de esteira montados sobre esteiras (Figura 2.5) ou trator de rodas que são montados sobre pneus.



Figura 2.5: Trator montado sobre esteiras.
Fonte: CARTERPILLAR (2014).

Nas situações em que os serviços forem executados em terrenos de baixa declividade e as condições de suporte e aderência do solo forem boas, as máquinas de pneus são insuperáveis, outra vantagem em relação ao trator de esteiras é velocidade elevada, ocasionando numa maior produção.

2.6.2 Unidades escavo-empurradoras

Sabe-se que a o trator de esteiras ou de pneus é o equipamento matriz da terraplenagem, estas unidades podem receber implementos e se transformar em unidades com capacidade de fazerem escavações e grandes movimentos de terra, chamando-se por isso de escavo-empurradora.

Esse implemento é denominado lâmina e o equipamento passa a denominar-se trator de lâmina ou *buldôzer*. De acordo com o grau de liberdade que a lâmina tenha em relação ao trator essas lâminas são classificadas. Segundo Ricardo e Catalani (2007), as lâminas ou *dolzers*, classificam-se quanto a sua mobilidade em:

- a) Lâmina reta: é aquela que forma um ângulo invariável de 90° com o eixo longitudinal da máquina, a lâmina recebe o nome de *bulldozer*.
- b) Lâmina angulável: é aquela que forma vários ângulos inclusive 90° com o eixo longitudinal da máquina, a lâmina recebe o nome de *angledozer*.
- c) *Tiltadozer*: lâmina que pode formar diferentes ângulos com o eixo vertical da máquina (sobe e desce).
- d) *Tipdozer*: lâmina que pode formar diferentes ângulos de ataque com o solo escavado.

2.6.3 Unidades escavo-transportadoras

As unidades escavo-transportadoras são as que escavam, carregam e transportam e descarregam materiais a pequenas e médias distâncias.

Segundo Ricardo e Catalani (2007) essas unidades são representadas por dois tipos básicos: *scraper* rebocado e *scraper* automotriz ou *motoscraper*.

- a) *Scraper* rebocado – Como o próprio nome já diz ele exige ser rebocado por outras máquinas para realizar seu serviço. É uma caçamba montada sobre dois eixos com pneumáticos, normalmente tracionados por trator de esteiras. O *scraper* rebocado consegue executar quatro operações básicas: escavação, carga, transporte e descarga. É ilustrado na figura 2.6.
- b) *Scraper* automotriz ou *motoscraper* – É um *scraper* com um único eixo que se apóia sobre um rebocador de um ou dois eixos, através do pescoço. Esse tipo de montagem se dá pelo ganho de aderência que as rodas motrizes do trator passam a ter, esse ganho se dá pelo fato do aumento do peso que incide sobre elas. É ilustrado na figura 2.7.



Figura 2.6: Scraper rebocado por trator de pneus.
Fonte: CARTERPILLAR (2014).



Figura 2.7: motoscraper.
Fonte: AGATTACH (2014).

2.6.4 Unidades escavo-carregadoras

São as unidades que escavam e carregam o material sobre um outro equipamento, que é responsável pelo transporte desse material até o destino final de descarga. Estas

máquinas podem ser representadas por dois tipos, as carregadeiras e as escavadeiras. Ambos executam as mesmas operações de escavação e carga, porém, apresentam algumas diferenças que analisaremos a seguir.

2.6.4.1 Carregadeiras

São também denominadas pás-carregadeiras, as mesmas podem ser montadas sobre esteiras ou rodas com pneumáticos.

Existem dois tipos de carregadeiras, as montadas sobre esteiras e as que são montadas sobre pneus. Ricardo e Catalani (2007) listam as principais aplicações dos dois tipos de carregadeiras:

- a) Carregadeiras de esteiras: Por conseguirem praticamente girar sobre si próprias sem maiores dificuldades, são indicadas para operações em locais de dimensões limitadas. As carregadeiras de esteiras ainda apresentam vantagens em relação às carregadeiras pneumáticas, como, por exemplo, possuir maior aderência em relação ao solo, sendo por isso, recomendadas a serem utilizadas em terrenos com baixa capacidade de suporte. São utilizadas geralmente em escavação de cortes, abertura de valas rasas, espalhamento de terra, dentre outros.
- b) Carregadeira de pneus: Apresentam maior velocidade de deslocamento, o que resulta em grande mobilidade, além da possibilidade do equipamento se deslocar a grandes distâncias pelas suas próprias forças. É ilustrado na figura 2.8.



Figura 2.8: carregadeira de pneus.
Fonte: CARTERPILLAR (2014).

2.6.4.2 Escavadeiras

São também chamadas de pás-mecânicas, é um equipamento que trabalha parado, ou seja, sua estrutura portante se destina apenas a lhe permitir o deslocamento sem, contudo, participar do ciclo de trabalho. Podem ser montadas sobre, esteiras, pneumáticos e trilhos, nos trabalhos normais de terraplenagem geralmente se emprega a montagem sobre esteiras.

Deste modo, as escavadeiras podem ser enumeradas de acordo com o serviço a ser executado, proporcionado pelo tipo de lança específico. Os principais tipos de lança são: *shovel* (figura 2.9), *drag-line*, *clam-shell*, *back shovel*.



Figura 2.9: Escavadeira com caçamba frontal.

Fonte: CARTERPILLAR (2015).

2.6.5 Unidades aplainadoras

São equipamentos indicadas para o acabamento da terraplenagem, ou seja, às operações para conformar o terreno aos greides finais do projeto. Como principais características estes equipamentos apresentam grande mobilidade da lâmina de corte e precisão de movimento, o que possibilita seu posicionamento nas situações mais diversas. É ilustrado na figura 2.10.



Figura 2.10: Motoniveladora.
Fonte: CARTERPILLAR (2014).

A motoniveladora é constituída por uma unidade tratora equipada por uma lâmina de corte, que pode ser de vários tipos e tamanhos, e montada sobre seis pneus, sendo dois dianteiros e quatro traseiros em *tandem*.

Como principal característica, as unidades aplainadoras apresentam grande mobilidade da lâmina de corte, o que possibilita uma diversidade de posições de trabalho que ela pode assumir com a finalidade de realizar diferentes serviços. Os movimentos possíveis da lâmina permitem ao operador do equipamento modificar, por exemplo, o ângulo de ataque da lâmina sobre o solo, ou ainda a altura da lâmina em relação ao solo.

Conforme Ricardo e Catalani (2007), dentre as principais aplicações das motoniveladoras, destacam-se:

- realização de trabalhos de raspagem, com pequenos transportes;
- espalhamento e homogeneização de materiais;
- regularização do subleito e de taludes;
- abertura de valetas de drenagem;
- limpeza da faixa, no caso de remoção de vegetação rasteira.

Além da lâmina, as motoniveladoras podem receber outros implementos, sendo o mais comum o escarificador, que pode ser utilizado na parte dianteira ou traseira do equipamento. O emprego dos escarificadores permite a desagregação prévia do terreno, facilitando assim, a ação da lâmina de corte, especialmente em terrenos com solos mais duros.

2.6.6 Unidades de transporte

As unidades transportadoras são utilizadas na terraplenagem quando as distâncias são de tal grandeza que o *motoscraper* ou *scraper* rebocado se torna antieconômico.

Assim, para as grandes distâncias devemos optar pelo uso de equipamentos mais rápidos, de baixo custo, que tenham maior produção, ainda que com emprego de número elevado de unidades.

São unidades de transporte: caminhão basculante comum, vagões, *dumpers*, caminhões fora de estrada.

2.6.7 Unidades compactadoras

Estas unidades destinam-se a efetuar a operação denominada compactação, ou seja, o processo mecânico de adensamento dos solos, resultando num volume de vazios menor.

São conhecidos como rolos compactadores ou, simplesmente, compactadores. Existem diversos tipos de rolos compactadores, com características próprias para atender os diferentes tipos de material a ser compactado, a saber:

- a) Rolo pé-de-carneiro – Os rolos pé-de-carneiro consistem de um tambor oco, no qual se inserem saliências denominadas “patas”, daí a razão de como são chamados. Estas saliências, penetrando na camada solta do solo, executam a compactação de baixo para cima, até que, completado o adensamento, praticamente não há mais penetração das patas. Este tipo de equipamento rolo compactador é utilizado na compactação de solos finos e coesivos, argilosos ou siltosos (RICARDO E CATALANI, 2007). É ilustrado na figura 2.11.
- b) Rolo vibratório – O princípio de funcionamento de um rolo vibratório consiste no acionamento de uma massa móvel colocada com excentricidade em relação a um eixo, provocando vibrações de certa frequência e amplitude que se propagam pelo tambor até o terreno. Segundo (RICARDO e CATALANI, 2007), esse tipo de rolo é adequado para solos não-coesivos, ou seja, que disponham de baixas porcentagens de argila (solos arenosos), os rolos pé-de-carneiro mostram-se totalmente inadequados para

efetuar a compactação, pois apenas conseguem revolver o terreno, sem nenhum adensamento.

- c) Rolo pneumático – Os rolos compactadores de pneus são constituídos por uma plataforma metálica apoiada em dois eixos com pneumáticos, sendo que o número de pneus em cada eixo é variável. A montagem dos pneus nos eixos é feita de forma que os pneus dianteiros não fiquem alinhados com os pneus traseiros, para que estes cubram os espaços deixados por aqueles (RICARDO e CATALANI, 2007). Segundo Abram e Rocha (2009) os compactadores com rolos pneumáticos são apropriados para solos coesivos e arenosos. Já o DNIT (2010) no seu Manual de Implantação Básica de Rodovia, afirma que os rolos pneumáticos são um pouco mais versáteis, podendo ainda ser utilizados em solos mais grosseiros e nos serviços de pavimentação.
- d) Rolos combinados – Há alguns anos os fabricantes de equipamentos de compactação apresentaram tipos de rolos que são empregados na maior faixa possível de solos, desde os coesivos até os arenosos. Estes compactadores constam de rolos lisos, com um motor vibratório que provoca vibrações de certa frequência e amplitude, que se propagam pelo tambor até o terreno, permitindo aplicar ao solo determinada quantidade de golpes por um intervalo de tempo.
- e) Rolos especiais – Quando se quer utilizar, num mesmo trabalho, rolos com pressão de contato muito diferentes, empregam-se pneumáticos com dispositivo de pressão variável. Este tipo de rolo é especialmente interessante na compactação de massas asfálticas.



Figura 2.11: rolo pé-de-carneiro.
Fonte: CARTERPILLAR (2014).

2.6.8 Unidades escavo-elevadoras

As unidades escavo-elevadoras se assemelham às unidades escavo-carregadoras, pois executam basicamente as mesmas funções dessas, que se resume a escavar o material e em seguida, realizar o carregamento sobre as unidades transportadoras.

A diferença entre essas máquinas reside no fato de os equipamentos escavo-carregadores convencionais possuírem o ciclo de produção descontínuo, isto é, haverá vários tempos elementares não-produtivos, enquanto o tempo realmente produtivo refere-se a uma pequena parte do ciclo (RICARDO; CATALANI, 2007).

No caso das unidades escavo-elevadoras, o material escavado é encaminhado a uma esteira elevatória, que despeja o material sobre a unidade de transporte.

2.7 Análise de Custo dos Serviços

Neste tópico, apresentam-se os tipos de custos, assim como seus respectivos conceitos. Apresentam-se também as composições dos custos dos equipamentos de terraplenagem, através das quais se determinam os custos unitários assim como o impacto financeiro que cada equipamento causa no preço total da obra de terraplenagem.

2.7.1 Considerações iniciais

Os custos com a implantação de uma rodovia incluem os custos de terraplenagem, pavimentação, drenagem, obras-de-arte correntes, sinalização, pontes, túneis, necessários para implantação de novas rodovias e melhorias (duplicações, terceira faixa etc.) em vias existentes.

Existe uma preocupação das empresas da construção civil perante seus custos, fazendo com que procurem novas metodologias para apuração, análise e gestão destes. Mantendo um adequado sistema de custos, a empresa irá assegurar o uso eficiente dos recursos disponíveis, assim como facilitar e auxiliar no seu gerenciamento, proporcionando, assim, um bom planejamento e o controle das operações, visando uma tomada de decisão com segurança. Empresas que mantêm um sistema de custos adequado naturalmente terão uma redução dos custos e conseqüentemente maximizarão os lucros (PEREZ JR.; OLIVEIRA; COSTA, 2012).

Os custos de uma empresa prestadora de serviços de terraplenagem, como em qualquer outra empresa, estão ligados aos sacrifícios monetários envolvidos durante o processo de produção do serviço. De forma genérica, “custo” pode ser definido como sendo o gasto econômico que representa a fabricação de um produto ou a prestação de um serviço.

O termo custo pode ainda ser definido como sendo:

- Sandroni (1989) define como a avaliação em unidades monetárias de todos os bens materiais e imateriais, trabalhos e serviços consumidos pela empresa na produção de bens industriais, bem como aqueles consumidos na manutenção de suas instalações.
- Segundo Zucchi (1992), considera-se como qualquer gasto voluntário feito pela empresa para elaboração de seus produtos.
- Já Martins (2010) considera como sendo os gastos relativos ao bem ou serviço utilizados na produção de outros bens ou serviços.

2.7.2 Custos unitários dos serviços

Duas categorias compõem o custo da mão-de-obra de cada metro cúbico escavado e removido: os custos diretos e os indiretos.

- a) Custos diretos – São aqueles que permanecem inalterados mediante as variações quantitativas do volume de produção (LUNKES, 2007). Incluem os custos de mão-de-obra, dos equipamentos, dos materiais de perfuração, dos explosivos.

- b) Custos Indiretos – São aqueles que acompanham as variações quantitativas do volume de produção, deixando de existir quando não ocorre produção (RICARDO E CATALANI, 2007). Como exemplos de custos variáveis relacionados aos equipamentos ou serviços de terraplenagem, podemos citar os custos com combustíveis, graxas, lubrificantes, manutenção, pneus e, mão de obra. Percebe-se que, nos custos citados, a quantidade consumida destes itens varia em função do volume de produção, ou seja, quanto maior o volume de produção, maiores serão os custos com esses materiais.

2.7.3 Custos dos equipamentos

O custo horário de cada equipamento participante da escavação será um componente do custo do metro cúbico escavado. As condições específicas de uso da máquina, provenientes de circunstâncias locais como topografia, tipo de solo e características especiais dos serviços, podem influir sensivelmente no aumento ou na diminuição dos custos.

A metodologia de quantificação dos custos de equipamentos adotada no presente trabalho será a utilizada pelo DNIT, que leva em consideração a quantidade de insumos necessários para a produção de uma unidade de serviço.

Na construção civil, Fallaice (1988) define serviço como os itens em que, convencionalmente, se divide uma obra, para facilitar a execução de um orçamento.

É de grande relevância a definição da forma de medir e de pagar os serviços para elaboração dos custos. Por exemplo, se determinado serviço é medido na jazida ou na pista (compactado), a composição do custo é diferente em função de fatores como o empolamento do material.

A parcela da composição do custo unitário referente aos equipamentos é conhecida como custo horário de equipamentos e refere-se à soma dos custos de propriedade, manutenção e operação dos equipamentos para sua utilização pelo período de uma hora. Por se tratar da maior parcela de custo envolvida no serviço de terraplenagem, faz-se a seguir uma análise detalhada de cada custo presente na composição dos custos horários dos equipamentos.

2.7.3.1 Depreciação e Juros

Depreciação é a perda de valor do equipamento por desgaste ou por obsolescência. De forma genérica, a depreciação é considerada como sendo a parcela do custo de operação do equipamento referente ao desgaste e à obsolescência que ocorrem ao decorrer de sua vida útil (DNIT, 2008).

Para determinar o custo de depreciação do equipamento, o DNIT utiliza o método da linha linear, que se resume em um modelo matemático (Equação 2.1) que depende de alguns parâmetros específicos.

$$D = \frac{Va - Vr}{n \times Hta}$$

Equação 2.1.

em que:

D = custo horário com depreciação;

Va = valor de aquisição do equipamento;

Vr = valor residual do equipamento;

n = vida útil do equipamento, em anos;

Hta = número de horas trabalhadas por ano.

a) Valor de aquisição do equipamento (Va)

De acordo com o Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2008), a obtenção de um equipamento baseia-se em pesquisas de mercado realizadas pelo DNIT em cada estado, nas quais devem ser considerados o tipo de equipamento, a potência do motor, a

vida útil do equipamento, o número de horas trabalhadas por ano, além da incidência de impostos tais como ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços) e IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados).

b) Valor residual do equipamento (Vr)

Valor residual pode ser definido como sendo o valor que o equipamento poderá ser vendido após o fim da sua vida útil. Este valor é estimado por uma porcentagem sobre o valor de aquisição do equipamento (RICARDO E CATALANI, 2007).

Na metodologia utilizada pelo DNIT, as porcentagens referentes aos valores residuais dos equipamentos utilizados pelo SINCTAN, foram obtidas através de atualizações de pesquisas realizadas pelo SICRO2 (Sistema de Custos Rodoviários) (DNIT, 2008).

Apresenta-se a seguir, baseada em dados utilizados pelo SINCTAN, uma tabela com valores residuais de alguns equipamentos de terraplenagem.

Tipo de Equipamento	Valor Residual (%)
Caminhão Basculante	20,0
Carregadeira de Pneus	20,0
Escavadeira hidráulica sobre esteiras	20,0
Minicarregadeira de pneus com vassouras	20,0
<i>Motoscraper</i>	15,0
Motoniveladora	20,0
Retroescavadeira de pneus	5,0
Rolo compactador estático	15,0
Rolo compactador vibratório	10,0
Trator de esteiras acima de 200kW	15,0
Trator de esteiras até 200kW	20,0

Tabela 2.1: Tabela de valores residuais adotados pelo SINCTAN.

Fonte: Adaptado do Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes – DNIT
Volume 1 – Metodologia e Conceitos (2008).

c) Vida útil do equipamento (n)

A vida útil do equipamento pode ser definida como sendo o período de tempo que vai do momento de sua aquisição até a data em que deixa de operar. A vida útil do

equipamento é expressa em anos e depende do tipo de equipamento e das condições de serviço (DNIT, 2008).

A metodologia adotada pelo DNIT classifica as condições de serviço em três categorias: leves, médias e pesadas. Esta classificação se baseia no tipo de solo com que o equipamento está operando e nas condições de superfície de rolamento sobre a qual eles trabalham (DNIT, 2008).

Considerou-se que os equipamentos operam em condições de serviço médias. Devido à complexidade na determinação da vida útil do equipamento, a metodologia adotada pelo DNIT optou por adotar os valores sugeridos pelos próprios fabricantes dos equipamentos.

Apresenta-se a seguir, na Tabela 2.3, os valores de vida útil de alguns equipamentos de terraplenagem.

Descrição do equipamento	Vida útil (anos)
Caminhão basculante	6
Carregadeira de pneus	5
Escavadeira hidráulica	5
Minicarregadeira	5
<i>Motoscraper</i>	8,5
Motoniveladora	7,5
Retroescavadeira de pneus	5
Rolo compactador estático	7
Rolo compactador vibratório	6
Trator de esteiras – (228 kW)	9
Trator de esteiras – (106 kW)	5

Tabela 2.2: Vida útil dos equipamentos. Valores adotados pelo SINCTAN e DNIT.

Fonte: Adaptado do Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes – DNIT
Volume 1 – Metodologia e Conceitos (2008).

d) Número de horas trabalhadas por ano (*Hta*)

O número de horas trabalhadas por ano pode ser obtido junto ao fabricante através do catálogo do equipamento.

Apresenta-se a seguir uma tabela com valores do número de horas trabalhadas por ano (*Hta*) de alguns equipamentos de terraplenagem.

Descrição do equipamento	Hta
Caminhão basculante	2000
Carregadeira de pneus	2000
Escavadeira hidráulica	2000
Minicarregadeira	2000
<i>Motoscraper</i>	2000
Motoniveladora	2000
Retroescavadeira de pneus	2000
Rolo compactador estático	1750
Rolo compactador vibratório	1750
Trator de esteiras – (228 kW)	2000
Trator de esteiras – (106 kW)	2000

Tabela 2.3: Número de horas trabalhadas por ano. Valores adotados pelo SINCTRA DNIT.

Fonte: Adaptado do Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes – DNIT
Volume 1 – Metodologia e Conceitos (2008).

Juros é a remuneração do capital, por hora trabalhada, em reais. Os juros relativos aos equipamentos podem se enquadrar em duas alternativas de atribuição,

- Os juros são atribuídos diretamente no custo horário de um equipamento;
- Os juros são computados diretamente no BDI (Bonificação e Despesas Indiretas) das empresas, onde a margem de lucro prevista é que deve remunerar o capital investido no equipamento.

2.7.3.2 Despesas de manutenção

Nos custos de manutenção dos equipamentos de terraplenagem estão envolvidas as despesas com as atividades necessárias para manter o equipamento em perfeitas condições de uso. Na contabilização desses custos são englobadas as despesas de peças de reposição, a oficina, a regulagem, a limpeza, a pintura, os pneus, as correias, ou seja, as peças que se desgastam devido à utilização.

Conforme apresenta o Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes do DNIT (2008), a expressão (2.2), utilizada para estimativa do custo de manutenção é dada como sendo:

$$M = \frac{Va \times K}{H}$$

Equação 2.2

em que:

M = custo horário de manutenção (R\$/hora);

Va = valor de aquisição do equipamento;

K = coeficiente de manutenção

H = vida útil do equipamento, em horas.

O DNIT escolheu adotar os mesmos valores de coeficiente de manutenção que foram assumidos pelo Manual de Custos Rodoviários do SICRO2, que, por sua vez, estipulou os valores do coeficiente de manutenção baseado no tipo do equipamento, qualificação dos operadores e nas condições de trabalho (DNIT, 2010).

Apresenta-se a seguir, uma tabela com valores do coeficiente de manutenção para alguns equipamentos de terraplenagem.

Descrição do equipamento	Coeficiente de Manutenção (K)
Caminhão basculante	0,9
Carregadeira de pneus	0,7
Escavadeira hidráulica	0,9
Minicarregadeira	0,7
<i>Motoscraper</i>	0,9
Motoniveladora	0,9
Retroescavadeira de pneus	1,0
Rolo compactador estático	0,7
Rolo compactador vibratório	0,8
Trator de esteiras acima de 200 kW	1,0
Trator de esteiras até 200 kW	0,8

Tabela 2.4: Coeficiente de Manutenção. Valores adotados pelo SINCRAN e DNIT.

Fonte: Adaptado do Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes – DNIT Volume 1 – Metodologia e Conceitos (2008).

2.7.3.3 Materiais de operação

O método utilizado pelo DNIT diz que a quantificação desses custos é baseada, principalmente, na potência do equipamento e nos preços dos combustíveis. Como os custos das peças já foram previstos nos custos de manutenção, na operação só se consideram os custos com materiais de consumo do tipo combustível, óleos lubrificantes, filtros e graxas.

Apesar do DNIT apresentar um modelo matemático para cada tipo de combustível utilizado pelo equipamento, optou-se, no presente trabalho, por uma expressão genérica que se segue:

$$CHM = K \times P \times C_{comb}$$

Equação (2.3)

em que:

CHM = custo horário dos materiais (R\$/hora);

K = coeficiente de materiais (depende do tipo de combustível);

P = potência do equipamento, em kW;

C_{comb} = custo de mercado do combustível (preço do litro).

Apresenta-se a seguir uma tabela com os valores do coeficiente de materiais correspondentes ao tipo de combustível utilizado pelo equipamento.

Equipamento	Coeficiente de Consumo K (l kW/h)
Equipamentos a diesel	0,16
Caminhões e outros veículos a diesel	0,17
Veículos a gasolina	0,20
Equipamentos a gasolina	0,24
Veículos a álcool	0,25
Equipamentos elétricos	0,70
Veículos especiais a diesel	0,08

Tabela 2.5: Coeficiente de Materiais. Valores adotados pelo SINCTAN e DNIT.

Fonte: Adaptado do Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes – DNIT
Volume 1 – Metodologia e Conceitos (2008)

As informações sobre a potência dos equipamentos podem ser obtidas através de consulta aos manuais dos fabricantes. Quanto aos preços dos combustíveis, tem-se uma variação de preço que depende, entre outros fatores, da região geográfica em que está sendo realizada a comercialização. Através de uma breve pesquisa de preços realizada junto a ANP (Agência Nacional de Petróleo), verificou-se disparidade de preços entre Estados da Federação, entre municípios e até mesmo entre postos de combustíveis situados no mesmo município. Perante essa dificuldade de se levantar um preço de combustível, mesmo sendo um preço médio, aconselha-se que seja realizada uma consulta de preços de mercado, na região em que será adquirido o combustível, e a partir daí, o cálculo do custo horário de materiais.

2.7.3.4 Custos da mão-de-obra e encargos sociais

A mão-de-obra que incide sobre o custo do equipamento corresponde ao operador e ao ajudante. Para o primeiro a relação é de 1 h de operador para cada hora de operação da máquina e para o ajudante assume-se 0,5 h de trabalho, desde que ele possa atender a duas ou mais máquinas simultaneamente. É importante salientar que a mão-de-obra é a única despesa operacional que ocorre mesmo quando a máquina está parada ou à disposição.

Segundo o Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes do DNIT (2008), o programa do SINCTTRAN dimensiona a composição de custos horários da mão-de-obra, através da análise dos custos com salários e dos custos com encargos sociais envolvidos.

- Salário – A partir do levantamento realizado pelo DNIT junto aos Sindicatos da Construção Civil e da Construção Pesada, a metodologia utilizada para composição dos custos unitários, resultou no seguinte modelo matemático para o cálculo do custo horário salarial:

$$CHS = \frac{PS \times SM}{220}$$

220

Equação (2.4)

em que:

CHS = custo horário salarial (R\$/hora);

PS = padrão salarial;

SM = salário mínimo vigente (em R\$).

Apresentam-se a seguir, na Tabela 2.6, alguns valores de padrão salarial.

Categoria	Padrão Salarial (PS)
Motorista de caminhão	2,0
Operador de equipamento leve 1	2,5
Operador de equipamento leve 2 ou Operador de máquina leve de linha	3,0
Operador de equipamento pesado ou Operador de máquina média/pesada de linha	3,5
Operador de equipamento especial ou Operador de máquina pesada especial de linha	4,0
Engenheiro projetista	20,0
Engenheiro	16,0
Técnico especializado	4,0
Operador de guincho	2,5

Tabela 2.6: Coeficiente de Manutenção. Valores adotados pelo SINCTAN e DNIT.

Fonte: Adaptado do Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes – DNIT
Volume 1 – Metodologia e Conceitos (2008).

- Encargos sociais – O DIEESE (1997) define encargos sociais como outro componente, além do salário, nos custos totais do trabalho, restringindo-se as contribuições sociais pagas pela empresa, como parte do custo total do trabalho, mas que não revertem em benefício direto e integral do trabalhador. Neste caso, salário é a remuneração total recebida direta e integralmente pelo trabalhador.

A título de exemplificação, são considerados encargos sociais, segundo o Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2008), os seguintes encargos:

- INSS, FGTS, SESI, SENAI, INCRA;
- salário educação, seguro contra acidente de trabalho (INSS);
- repouso semanal remunerado, férias, auxílio enfermidade, licença paternidade;
- multa por rescisão de contrato, aviso-prévio indenizado.

Sabendo-se que o custo referente à mão-de-obra corresponde ao somatório dos custos de salário com os custos de encargos sociais, tem-se a seguinte expressão matemática:

$$CHMO = \frac{SM \times (1 + CES) \times OS}{OS} \text{ Equação (2.5)}$$

em que:

CHMO = custo horário da mão de obra;

SM = salário mínimo vigente, em R\$;

CES = custo com encargos sociais;

PS = padrão salarial.

2.7.3.5 Considerações importantes

Sabe-se que o custo horário do equipamento é a soma dos custos de propriedade, de manutenção e de operação, o DNIT, em sua metodologia, formulou a seguinte expressão matemática para o custo total horário dos equipamentos:

$$CH = \frac{Va - Vr}{n \times Hta} + \frac{Va \times K}{n \times Hta} + CM \times P \times C_{comb} + Q \times PS \times SM \times ES$$

Equação (2.6)

em que:

CH = custo horário (produtivo) do equipamento;

Va = valor de aquisição do equipamento;

Vr = valor residual do equipamento;

n = vida útil do equipamento, em anos;

Hta = horas trabalhadas por ano;

K = coeficiente de manutenção;

CM = coeficiente de materiais;

P = potência do equipamento;

Ccomb = custo de combustível;

Q = quantidade de operadores;

PS = padrão salarial;

SM = salário mínimo vigente.

ES = fator de encargos sociais (2,263), valor adotado no manual do DNIT.

Nota-se que o DNIT não utilizou a parcela correspondente aos custos com seguros e impostos dos equipamentos porque, geralmente, os proprietários dos equipamentos não obtêm seguros junto às companhias seguradoras.

3. DETALHAMENTO DO MÉTODO

Neste capítulo é apresentado o detalhamento do método utilizado para o desenvolvimento da pesquisa. A seguir pode ser visualizado o fluxograma da sequência lógica deste trabalho.

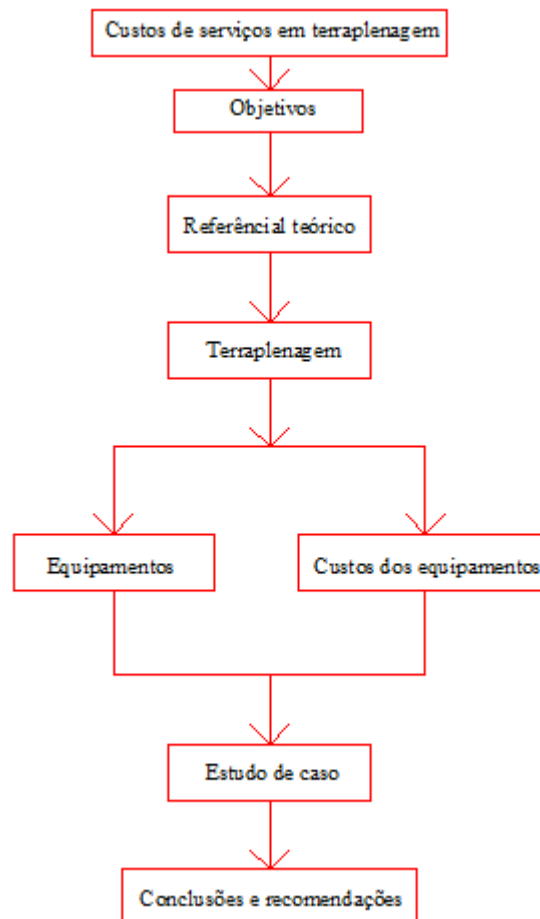


Figura 3.1: Fluxograma da pesquisa

Fonte: Autor

Na parte introdutória há definição do problema e os objetivos desta pesquisa. Posteriormente, é feito o referencial teórico com o intuito de almejar tais objetivos. Ressalta-se que a pesquisa partiu do levantamento de alguns serviços que estão incorridos na execução de terraplenagem. Foram levantados os equipamentos envolvidos no serviço de aterro e determinados os respectivos custos dos equipamentos.

A metodologia utilizada para obtenção dos custos foi a que é utilizada pelo DNIT. Tal metodologia tem o objetivo de elaborar composições de custos unitários de serviços e equipamentos voltados para obras rodoviárias.

Conforme referência inicial do manual, o SINCTAN (Sistema Nacional de Custos de Transportes) apresenta um procedimento de composição de custos conhecido como “Composição Unitária”, que leva em consideração a quantidade de insumos necessários para a produção de uma unidade de serviço. Entende-se por insumos os materiais, os equipamentos e a mão-de-obra que entram nas composições de cada serviço.

A coleta dos dados referentes aos custos foi feita no próprio site do DNIT. O órgão disponibiliza planilhas orçamentárias contendo os equipamentos e seus referentes custos de operação durante o período de uma hora.

4. ESTUDO DE CASO: CUSTOS DE ATERRO DE UMA RODOVIA

Inicialmente, foi feita uma visita à sede do DER/PB com o intuito de se obter algum projeto de obra rodoviária para o desenvolvimento deste trabalho, no entanto, um dos diretores do órgão informou que não poderia fornecer tal projeto. A justificativa do diretor é que todos os projetos de rodovias do estado eram feitas por empresas terceirizadas, e que o DER/PB ficava encarregado só pela fiscalização dessas empreiteiras. A partir de um contato com uma empresa local, obteve-se o projeto utilizado neste trabalho. Com o projeto em mãos, o próximo passo é definir qual metodologia de cálculo utilizar para analisar o custo unitário para construção daquele aterro.

Como anteriormente já se havia entrado em contato com o DER/PB, a seguinte questão já havia sido levantada: "Qual a metodologia do órgão para a obtenção dos custos envolvidos na execução de rodovias?", a resposta dada foi que o método utilizado é o mesmo que o DNIT usa, que é um procedimento de composição de custos conhecido como "Composição Unitária", e que os dados utilizados para a construção dessas composições são obtidos por meios de pesquisa de coleta de dados em âmbito regional e nacional. Esses dados são obtidos e utilizados em modelos matemáticos próprios com objetivo de formular tabelas para consulta de custos.

4.1 Descrição da Rodovia Analisada

A obra em questão é a pavimentação de uma rodovia vicinal de pequeno porte, que liga o distrito de Boa Vista, município de Araruna/PB, ao entroncamento da PB-111. Araruna localiza-se na microrregião do Curimataú Oriental, e está a uma distância de 165 km de João Pessoa, capital do estado da Paraíba.

Conhecida pelo seu clima ameno, o município possui uma das mais tradicionais Festas de São João da Paraíba, festejo popular realizado no final do mês de junho. Araruna é um dos principais municípios do Agreste Paraibano, devido sua polarização aos demais municípios do Curimataú da Paraíba e do Seridó Potiguar, fazendo limite territorial com quatro municípios do estado do Rio Grande do Norte.

O presente trabalho visa conhecer alguns serviços e a composição de custos unitários dos equipamentos, que são necessários na execução do aterro que irá compor a pavimentação

4.2 Cálculo dos Custos do Aterro Rodoviário

4.2.1 Delimitação do trecho

A rodovia em estudo dispunha de quatro áreas de empréstimo de material para aterro, abaixo podemos ver um desenho com a localização dessas quatro jazidas e o trecho analisado que se localiza no quilometro 3 da rodovia.

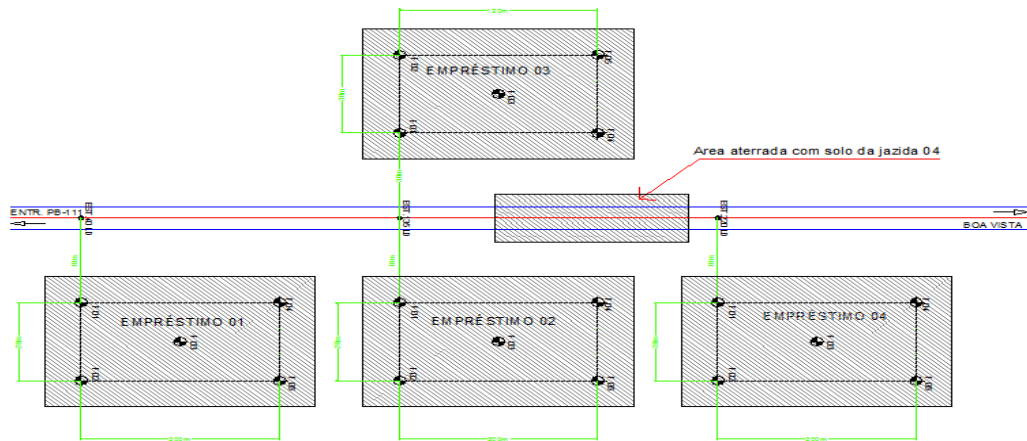


Figura 4.2: Localização das áreas de empréstimo
Fonte: Autor.

O projeto de uma rodovia é fragmentado em seu comprimento por estacas (cada estaca corresponde a 20 m), o projeto em estudo conta com um comprimento total de 297 estacas. A área que será estudada vai da estaca 175 a 206, essa parte da rodovia será uma faixa quase que totalmente de aterro.

Abaixo temos o perfil longitudinal do trecho em estudo,

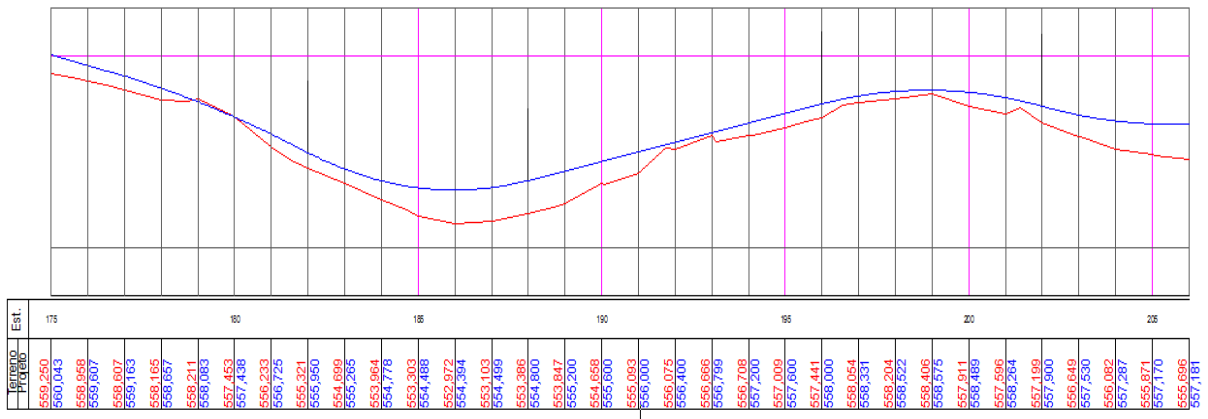


Figura 4.3: Perfil longitudinal do trecho
Fonte: Autor.

Como o objetivo principal do trabalho é a determinação do custo, de forma expedita, de um aterro rodoviário, optou-se em escolher um único trecho que apresenta a necessidade da construção da obra rodoviária. Desta forma, a determinação do gasto total da obra, em terraplenagem, não se faz necessário.

O material que será utilizado no aterro do trecho é oriundo de uma das áreas de empréstimo, que pode ser vista na ilustração anterior.

4.2.2 Cálculo do volume de aterro

O trecho considerado é de 620 metros e a seção transversal típica, segundo a empresa, é visualizada na figura abaixo.

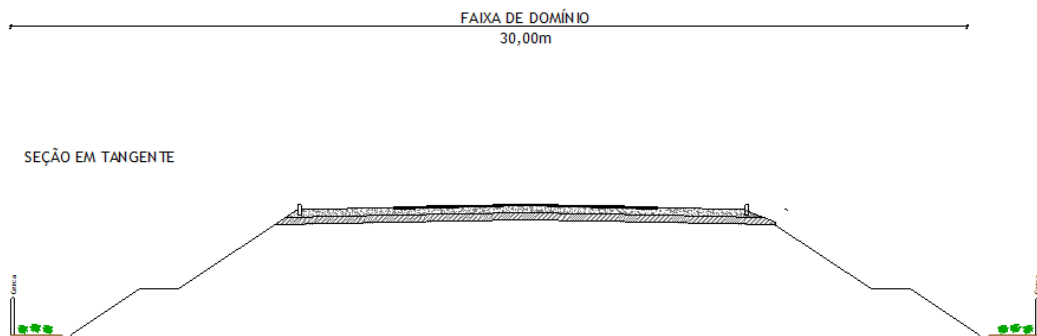


Figura 4.4: Seção transversal
Fonte: Autor.

O volume foi obtido a partir da média das áreas multiplicada pela distância entre as seções. Considerando que a área de cada seção é de aproximadamente 15,6 m², e o trecho tem extensão de 620 m, temos que o volume aterrado será de 9672 m³.

4.2.3 Equipamentos utilizados, custos horários e estimativa de produção

Primeiramente serão analisados os custos dos equipamentos necessários às operações preliminares à execução da terraplenagem. Nesse custo foram considerados os equipamentos que são necessários para o destocamento e a limpeza da via. Admite-se que o serviço será executado com um trator de esteiras com lâmina.

Abaixo podemos ver a composição de custos estabelecida pelo DNIT, necessárias a execução desse tipo de serviço.

DNIT - Sistema de Custos Rodoviários		Construção Rodoviária		SICRO2	
Custo Unitário de Referência	Mês : Maio / 2014	Paraíba		RCTR0320	
2 S 01 000 00 - Desm. dest. limpeza áreas c/arv. diám. até 0,15 m		Produção da Equipe : 1444,0 m2		(Valores em R\$)	
A - Equipamento	Quantidade	Utilização		Custo Operacional	Custo Horário
		Operativa	Improdutiva	Operativo	Improdutivo
E003 - Trator de Esteiras - com lâmina (259 kW)	1,00	1,00	0,00	355,96	15,96
				Custo Horário de Equipamentos	
				355,96	
B - Mão-de-obra	Quantidade			Salário-Hora	Custo Horário
T501 - Encarregado de turma	0,50			15,96	7,98
T701 - Servente	2,00			6,96	13,93
				Custo Horário da Mão-de-Obra	
				21,91	
				Adc.M.O. - Ferramentas: (15,51 %)	
				3,40	
				Custo Horário de Execução	
				381,27	
				Custo Unitário de Execução	
				0,26	
				Custo Unitário Direto Total	
				0,26	
				Lucro e Despesas Indiretas (29,98 %)	
				0,08	
				Preço Unitário Total	
				0,34	

Observações : Especificação de serviço: DNER ES-278.

Figura 4.5: Custo Unitário de Referência de Serviços (Desm. Dest.Limpeza áreas c/arv. Diam. Até 0,15 m).
Fonte: SICRO2 (Paraíba) – DNIT (Maio/2014).

Observa-se na composição acima que o custo horário de execução é de R\$ 381,27, e é obtido pelo somatório do custo horário de equipamentos R\$ 355,96, com o custo horário da mão-de-obra R\$ 21,91, com o Adc. M.O – Ferramentas R\$ 3,40.

Para se chegar ao valor correspondente do custo horário total, deve-se acrescentar ao valor do custo horário de execução um percentual de 29,98% (correspondente aos Lucros e Despesas Indiretas) deste custo. Sendo assim, tem-se como custo horário total deste serviço, o valor é de R\$ 495,57.

A partir desses valores podemos obter o percentual correspondente a cada elemento, ilustrados na figura.

- Custo Horário de Equipamentos – 71,82%
- Custo Horário da mão-de-obra – 4,42%
- Ferramentas – 0,68%
- Lucros e Despesas Indiretas – 23,08%

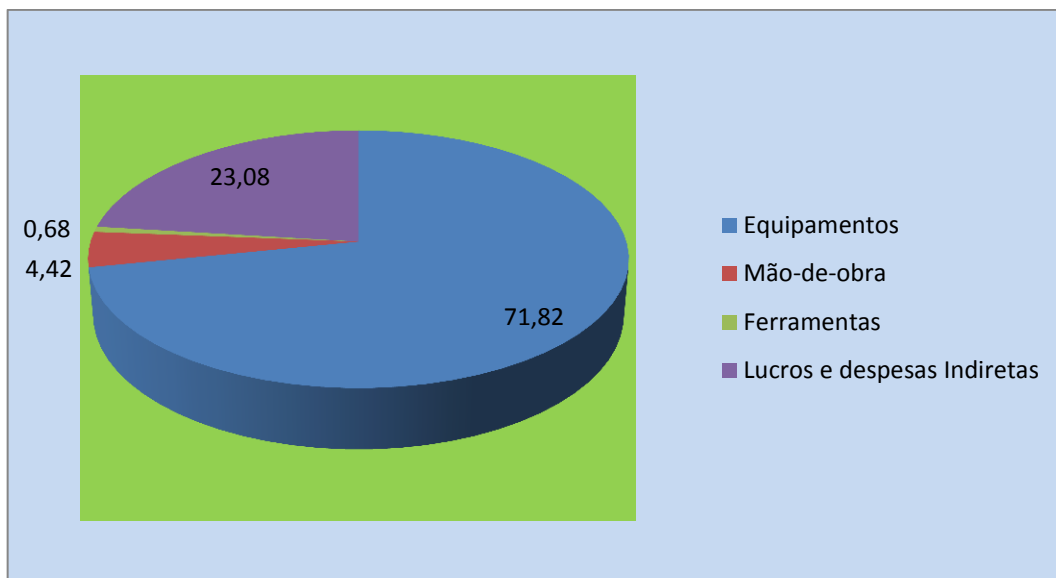


Figura 4.6: Composição percentual do custo unitário de serviço (Desm. Dest.Limpeza áreas c/arv. Diam. até 0,15 m).

Fonte: Autor.

Em seguida, sabendo que o solo que será retirado da jazida 4 é um material de 1ª categoria (solos que podem ser escavados com auxílio de equipamentos comuns), será montada a equipe para execução da carga e transporte do material, a saber:

- *Motoscraper*
- Motoniveladora
- Trator de esteiras

Os valores do custo horário de cada equipamento serão retirados do SICRO2/DNIT para o estado da Paraíba, esses valores são referentes a maio de 2014. É importante ressaltar que a rodovia em estudo se enquadra nos requisitos necessários à composição de custo de cada serviço (tipo de material, distância média de transporte), tanto para escavação, carga e transporte, quanto para compactação do material.

Abaixo podemos ver a composição de custos estabelecida pelo DNIT, necessárias à execução desse tipo de serviço.

DNIT - Sistema de Custos Rodoviários		Construção Rodoviária		SICRO2	
Custo Unitário de Referência	Mês : Maio / 2014	Paraíba		RCTR0320	
2 S 01 100 05 - Esc. carga transp. mat 1ª cat DMT 600 a 800m c/m		Produção da Equipe : 320,00 m3		(Valores em R\$)	
A - Equipamento	quantidade	Utilização		Custo Operacional	Custo Horário
		Operativa	Improdutiva	Operativo	Improdutivo
E003 - Trator de Esteiras - com lâmina (259 kW)	1,00	1,00	0,00	355,95	15,96
E005 - Motoscraeper - (294 kW)	5,00	0,91	0,09	462,68	15,96
E006 - Motoniveladora - (103 kW)	1,00	0,18	0,82	139,30	15,96
				Custo Horário de Equipamentos	2.506,54
B - Mão-de-Obra	quantidade			Salário-Hora	Custo Horário
T501 - Encarregado de turma	1,00			15,96	15,97
T701 - Servente	3,00			6,96	20,90
				Custo Horário da Mão-de-Obra	36,86
				Adc.M.O. - Ferramentas : (15,51 %)	5,72
				Custo Horário de Execução	2.549,12
				Custo Unitário de Execução	7,97
				Custo Unitário Direto Total	7,97
				Lucro e Despesas Indiretas (29,98 %)	2,39
				Preço Unitário Total	10,35

Observações : Especificação de serviço: DNER-ES-280 E DNER-ES-281.

Figura 4.7: Custo Unitário de Referência de Serviços (Esc. carga tr. mat 1a c. DMT 600 a 800 m c/carreg).
Fonte: SICRO2 (Paraíba) – DNIT (Maio/2014).

Observa-se na composição acima que o custo horário de execução é de R\$ 2.549,12, e é obtido pelo somatório do custo horário de equipamentos R\$ 2.506,54, com o custo horário da mão-de-obra R\$ 36,86, com o Adc. M.O – Ferramentas R\$ 5,72.

Para se chegar ao valor correspondente do custo horário total, deve-se acrescentar ao valor do custo horário de execução, um percentual 29,98% (correspondente aos Lucros e Despesas Indiretas) deste custo. Sendo assim, tem-se como custo horário total deste serviço o valor de R\$ 3.313,34.

A partir desses valores podemos obter o percentual correspondente a cada elemento, ilustrados na figura.

- Custo Horário de Equipamentos – 75,64%
- Custo Horário da mão-de-obra – 1,11%
- Ferramentas – 0,17%
- Lucros e Despesas Indiretas – 23,08%

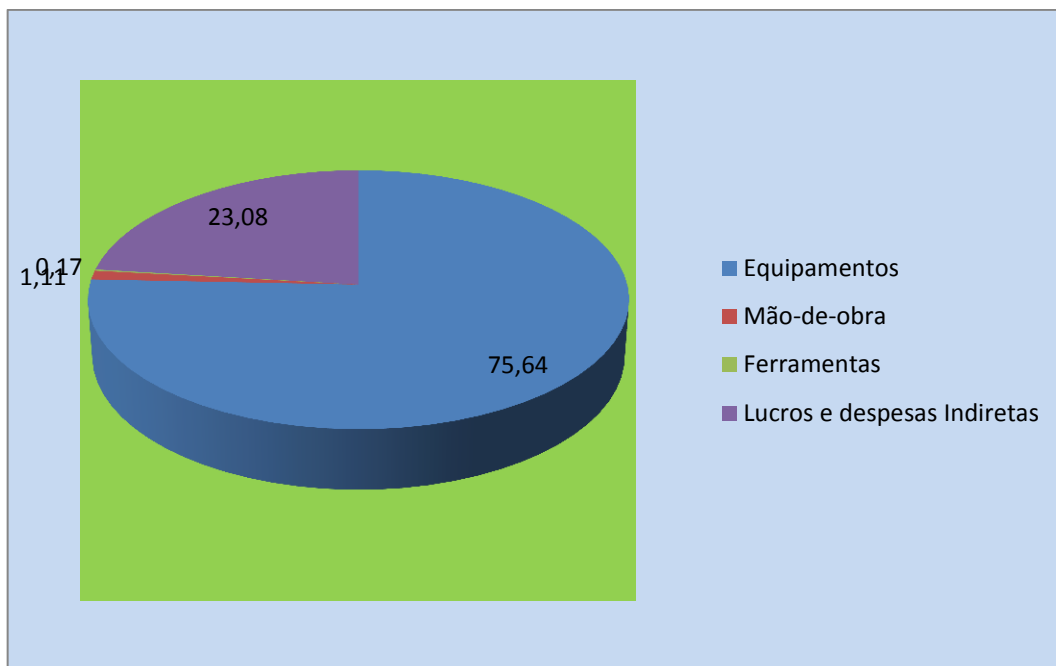


Figura 4.8: Composição percentual do custo unitário de serviço (Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria para DMT 600 a 800 m (com carregamento)).

Fonte: Autor.

Após análise dos dados apresentados na Figura 4.7, verificou-se que o serviço em questão é executado por vários tipos de equipamentos, no caso um Trator de Esteiras com lâmina, *motoscraper* e uma Motoniveladora.

Agora será analisada uma composição de custos necessária a compactação da área que será aterrada, e o método que será utilizado é o proctor normal com grau de compactação de 100%. Serão utilizados os seguintes equipamentos pra execução desse serviço:

- Motoniveladora
- Trator agrícola
- Rolo compactador
- Grade de discos
- Caminhão tanque

Abaixo podemos ver a composição de custos estabelecida pelo DNIT, necessárias a execução desse tipo de serviço.

DNIT - Sistema de Custos Rodoviários		Construção Rodoviária				SICRO2
Custo Unitário de Referência		Paraíba				RCTR0320
Mês : Maio / 2014		Produção da Equipe : 168,00 m3				(Valores em R\$)
2 S 01 511 00 - Compactação de aterros a 100% proctor normal						
A - Equipamento	Quantidade	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário
		<i>Operativa</i>	<i>Improdutiva</i>	<i>Operativo</i>	<i>Improdutivo</i>	
E006 - Motoniveladora - (103 kW)	1,00	0,30	0,70	139,30	15,96	52,97
E007 - Trator Agrícola - (74 kW)	1,00	0,52	0,48	60,37	9,43	35,92
E013 - Rolo Compactador - pé de carneiro autop. 11,25t vibrat (82 kW)	1,00	1,00	0,00	109,56	9,43	109,56
E101 - Grade de Discos - GA 24 x 24	1,00	0,52	0,48	2,83	0,00	1,47
E407 - Caminhão Tanque - 10.000 l (210 kW)	2,00	0,54	0,46	122,05	11,95	142,82
				Custo Horário de Equipamentos		342,75
B - Mão-de-obra	Quantidade	Salário-Hora				Custo Horário
T501 - Encarregado de turma	1,00	15,96				15,97
T701 - Servente	2,00	6,96				13,93
		Custo Horário da Mão-de-Obra				29,90
		Adc.M.O. - Ferramentas: (15,51 %)				4,64
		Custo Horário de Execução				377,28
		Custo Unitário de Execução				2,25
		Custo Unitário Direto Total				2,25
		Lucro e Despesas Indiretas (29,98 %)				0,67
		Preço Unitário Total				2,92

Observações : Especificação de serviço: DNER-ES-282.

Figura 4.9: Custo Unitário de Referência de Serviços (Compactação de aterros 100% a proctor normal).
Fonte: SICRO2 (Paraíba) – DNIT (Maio/2014).

Observa-se na composição acima que o custo horário de execução é de R\$ 377,28, e é obtido pelo somatório do custo horário de equipamentos R\$ 342,75, com o custo horário da mão-de-obra de R\$ 29,90, com o Adc. M.O – Ferramentas R\$ 4,64.

Para se chegar ao valor correspondente do custo horário total, deve-se acrescentar ao valor do custo horário de execução, um percentual 29,98% (correspondente aos Lucros e Despesas Indiretas) deste custo. Sendo assim, tem-se como custo horário total deste serviço, o valor é de R\$ 490,38.

A partir desses valores pode-se obter o percentual correspondente a cada elemento, ilustrados na figura.

- Custo Horário de Equipamentos – 69,89%
- Custo Horário da mão-de-obra – 6,09%
- Ferramentas – 0,94%
- Lucros e Despesas Indiretas – 23,08%

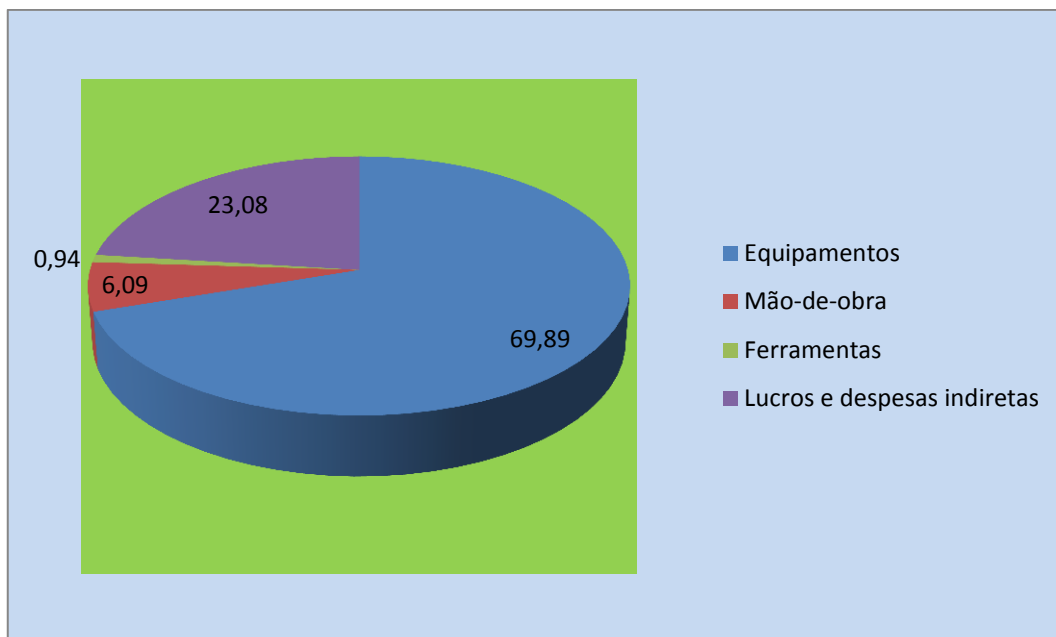


Figura 4.10: Composição percentual do custo unitário de serviço (Compactação de aterros 100% a proctor normal).

Fonte: Autor.

Sabe-se que a estimativa de produção de um equipamento depende de vários fatores como marca, potência, tipo de uso etc. O livro *Planejamento de obras rodoviárias* (ABRAM, 2001) estabelece alguns valores médios de produção para cada equipamento de terraplenagem. Abaixo podemos vê alguns valores de produção de equipamentos já citados anteriormente.

EQUIPAMENTO	PRODUTIVIDADE (m ³ /h)
<i>Motoscraper</i>	226
Motoniveladora	360
Trator de esteira	140

Tabela 4.1: Estimativa de produção de equipamentos

Fonte: *Planejamento de obras rodoviárias* (ABRAM, 2001)

Por fim será analisada uma composição de custos necessária ao controle compactação da área que será aterrada, para o controle pode ser utilizado o speedy na determinação da umidade (DNER 052/94), e o processo do frasco de areia na determinação da massa específica (DNER 092/94). Segundo (DNIT 108/2009), é necessário 5 ensaios do grau de compactação para cada 1200m³ de corpo de aterro, como o valor máximo de ensaios adotado pelo DNIT é 21, foi utilizado essa quantidade de ensaios para o controle do aterro. Abaixo temos os valores de cada ensaio realizado:

- Frasco de areia = R\$ 23,17 (UN),

- Speedy= R\$ 19,86 (UN),
- Total = (23,17+ 19,86)x21= R\$ 903,63.

É importante salientar que esses ensaios devem ser distribuídos regularmente ao longo do segmento da via.

Em virtude da dificuldade de obtenção dos valores para os ensaios no banco de dados do DNIT e de informações junto à empresas na Paraíba, foram utilizados os valores do ano de 2013 do estado da Bahia fornecidos pelo site da secretária de educação do estado.

4.2.4 Custo unitário da construção do aterro

Pode-se estimar o custo unitário de qualquer serviço de terraplenagem conhecendo-se o custo horário dos diversos equipamentos empenhados no trabalho e na produção da equipe. É importante salientar que o custo unitário de um aterro é o valor necessário para executar 1m³ desse serviço.

De modo geral, o custo unitário do serviço será expresso por:

$$C = \frac{\sum Ch}{\sum Qh}$$

Equação (4.1)

Onde:

$\sum Ch$ = soma dos custos horários dos equipamentos utilizados;

$\sum Qh$ = produção horária da equipe.

Verifica-se que, pelo método de estimativa apresentado, o custo unitário total dos serviços é calculado englobando a escavação, a carga, o transporte e a descarga. Portanto, o preço do serviço será fornecido em função de uma distância de transporte fixada para um projeto que se mantém constante. É importante ressaltar que esse é um processo simplificado para obtenção do custo unitário de um serviço, já que não leva em conta a variação que a distância de transporte pode sofrer, nem o custo do controle de compactação. Abaixo podemos vê uma tabela com resumo dos custos unitários da construção do aterro.

Serviço	Limpeza e destocamento	Esc, carga e transporte	Compactação	Custo unitário total (R\$/m³)
$\sum Ch$	355,96	2506,54	342,75	
$\sum Qh$	217	320	168	
$\frac{\sum Ch}{\sum Qh}$	1,64	7,83	2,04	11,51

Tabela 4.2: Custo unitário total do aterro

Fonte: Autor.

A partir desses valores podemos obter o percentual correspondente à escavação, à carga, ao transporte e à compactação do aterro, ilustrados na figura.

- Custo unitário da escavação, da carga e do transporte – 68,02%
- Custo unitário da compactação – 17,72%
- Custo unitário da limpeza de destocamento – 14,26%

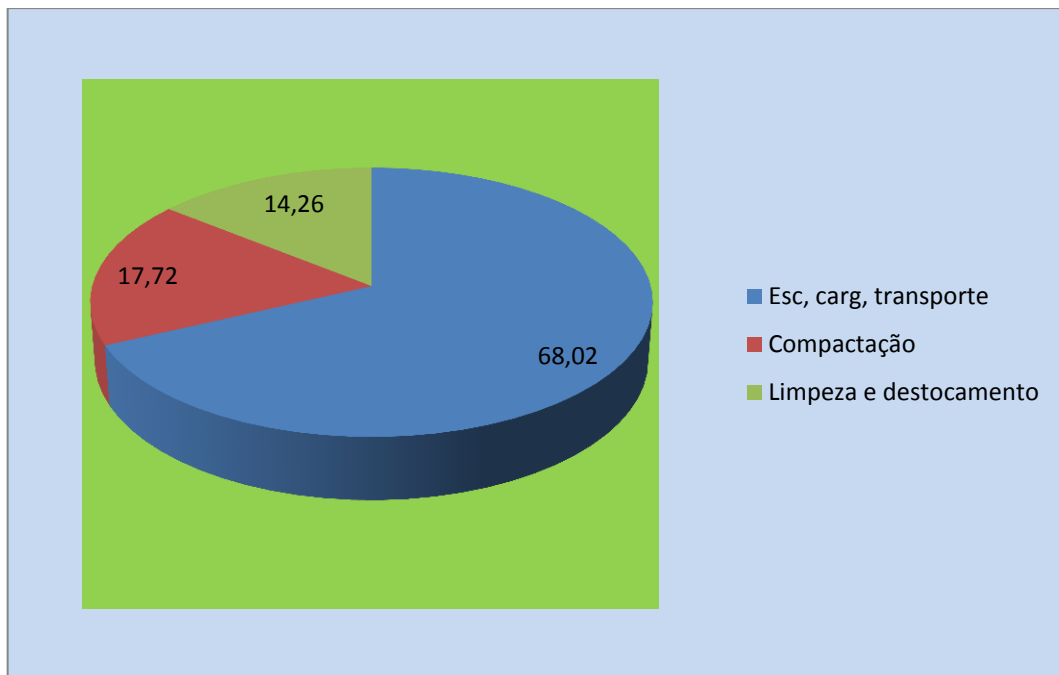


Figura 4.11: Composição percentual do custo unitário do aterro.

Fonte: Autor.

É importante salientar que foi considerado no serviço de limpeza e destocamento que a lâmina do equipamento atua penetrando camadas de solo não superiores a 15cm. A partir dessa pequena consideração chegamos ao valor da produção da equipe. A partir do produto do

custo unitário e do volume de solo, adicionado o valor dos ensaios podemos chegar ao custo final para esse trecho aterrado, que é de R\$ 111.399,63.

Podemos ver que, para um projeto de rodovia com as características já citadas, o custo unitário da escavação, da carga e do transporte do material é muito superior aos custos relativos à limpeza e à compactação.

4.2.5 Análise dos resultados

O método utilizado fornece um valor apenas para a execução de um aterro rodoviário em estudo, já que não se leva em conta outros custos como serviços de topografia, de instalação de canteiro de obras, serviços de drenagem etc.

Pode-se verificar através do presente trabalho que a principal característica de uma obra rodoviária é a forte incidência da utilização de equipamentos, pouco pesando os materiais e a mão-de-obra.

Verificou-se que esta análise de custo, a partir de elementos de projetos geométricos desenvolvidos (seção transversal, diagrama de massas etc.), torna-se rápida e eficiente a partir da utilização da base de dados do DNIT. Salienta-se que a parcela referente aos equipamentos é preponderantemente maior do que a dos outros itens envolvidos na composição de custos. Isso nos leva a entender porque a escolha dos equipamentos adequados para um serviço de terraplenagem é tão importante para não gerar gastos desnecessários.

5. CONCLUSÕES

5.1 Considerações iniciais

Neste trabalho, foram apresentados os serviços preliminares de terraplenagem e os diversos tipos de equipamentos utilizados em sua execução, bem como suas aplicações nos diversos serviços em obras de construção civil.

No corpo deste estudo, conceituaram-se os procedimentos necessários para executar um aterro de uma rodovia, através de uma revisão bibliográfica com base no manual de pavimentação do DNIT.

Procederam-se, no presente trabalho, levantamento e análise de dados e informações utilizados na elaboração das composições de custos unitários de diversos serviços de terraplenagem, através de pesquisa sobre os parâmetros adotados pelo DNIT.

Foi mostrado, que o custo unitário de serviços é obtido pela razão entre o somatório dos custos horários dos equipamentos e a produção horária da equipe. Essa análise possibilitou verificar a parcela dos equipamentos no custo total de um serviço.

5.2 Resultados do estudo

Através deste estudo, obteve-se um maior conhecimento de como se dá a execução dos movimentos de terra, mais precisamente a execução de um aterro. Obteve-se também uma maior compreensão da estruturação do custo unitário total de um serviço. Foi possível também conhecer os métodos utilizados para se obter o custo horário dos equipamentos de terraplenagem.

Percebeu-se que é grande o impacto que os equipamentos têm sobre o custo total do empreendimento, e que o volume a ser movido é um dos fatores preponderantes na escolha do equipamento. É incontestável que a distância de transporte é o principal fator a ser levado em conta na seleção dos equipamentos.

Os resultados obtidos da análise dos custos unitários dos serviços de terraplenagem, retirados da Tabela de Valores de Custo Unitário do SICRO2/DNIT, comprovaram o grande impacto que o custo com equipamentos provoca no custo total do serviço. A bibliografia analisada revela que mesmo sendo de pequeno porte a rodovia, o custo dos equipamentos

incidem na mesma proporção como se fosse uma rodovia de grande porte no valor final do serviço.

Por se tratar de um tema pouco difundido, existem poucas fontes de pesquisa no Brasil sobre as metodologias utilizadas para a formação de composições de custos unitários.

5.3 Recomendações para futuros trabalhos

Como recomendação para futuros trabalhos a serem realizadas na área, sugere-se:

Recomendar às empreiteiras a realização de estimativas de custos buscando a opção mais lucrativa entre a compra ou o aluguel de equipamentos.

Avaliação da real influência das DMT no cálculo dos preços unitários nos orçamentos de obras rodoviárias.

Recomendar estudos minuciosos sobre a relação custo/benefício dos equipamentos em todas as obras, principalmente em obras de terraplenagem.

Monitoramento permanente das composições dos custos unitários do serviço através de verificação nas obras *in loco*, dos insumos envolvidos e da produção da equipe para execução dos serviços.

Em razão do que foi apresentado, espera-se que os resultados de todos os estudos apresentados contribuam para o aperfeiçoamento dos métodos técnicos em uso, bem como auxiliem na revisão e na atualização das normas e das especificações dos serviços de engenharia rodoviária.

6. Referências bibliográficas

- ABRAM, Isaac. **Planejamento de obras rodoviárias**. Salvador/Bahia, Brasil, 2001.
- CARTERPILLAR. Disponível em: <<http://brasil.cat.com/>>. Acesso em 06 dez. 2014.
- CARTERPILLAR. Disponível em <<http://brasil.cat.com/>>. Acessado em 3 jan. 2015.
- LIMA, D. A. **Análise de custos de serviços de terraplenagem**. Fortaleza 2013.
- DNER. **Glossário de Termos Técnicos Rodoviários**. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 1997.
- DNIT. **Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes**. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Diretoria Geral, Rio de Janeiro, 2008.
- DNIT. **Manual de Pavimentação**. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Diretoria de Planejamento e pesquisa, Rio de Janeiro, 2006.
- LUNKES, R. J. **Manual de Orçamento**. São Paulo: ATLAS, 2007.
- MARTINS, E. **Contabilidade de Custos**. São Paulo: ATLAS, 2010.
- PEDROSO, L.G. **Custos da infraestrutura rodoviária**. Porto Alegre, 2001.
- PEREZ JR., J. H.; OLIVEIRA, L. M.; COSTA, R. G. **Gestão Estratégica de Custos: Textos e Testes com as Respostas**. São Paulo: ATLAS, 2012.
- PIMENTA, Carlos R.T; OLIVEIRA, Márcio P. **Projeto Geométrico de Rodovias**. São Carlos, Rima Editora, 2004.
- RICARDO, H. S.; G. CATALANI. **Manual Prático de Escavação: Terraplenagem e Escavação de Rocha**. São Paulo: PINI, 2007.
- TABELA DE PREÇOS. **Serviços de engenharia e arquitetura credenciamento**, secretária de educação, Bahia, 2013.
- UFC. **Análise dos custos de serviços de terraplenagem**. Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia de Transportes, Fortaleza, 2013.
- UFRGS. **Custos da infra-estrutura rodoviária, análise e sistematização**. Universidade federal do Rio Grande do Sul, Mestrado profissionalizante em engenharia, Porto Alegre, 2001.
- ZUCCHI, A. L. **Contabilidade de Custos**. São Paulo: SCIPIONE, 1992.