



MANUAL DE CUSTOS DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES

**VOLUME 10
MANUAIS TÉCNICOS**

**CONTEÚDO 01
TERRAPLENAGEM**

2017

**MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, PORTOS E AVIAÇÃO CIVIL
DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
DIRETORIA GERAL
DIRETORIA EXECUTIVA
COORDENAÇÃO-GERAL DE CUSTOS DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES**

MINISTRO DOS TRANSPORTES, PORTOS E AVIAÇÃO CIVIL
Exmo. Sr. Maurício Quintella Malta Lessa

DIRETOR GERAL DO DNIT
Sr. Valter Casimiro Silveira

DIRETOR EXECUTIVO DO DNIT
Eng.º Halpher Luiggi Mônico Rosa

COORDENADOR-GERAL DE CUSTOS DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
Eng.º Luiz Heleno Albuquerque Filho

MANUAL DE CUSTOS DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES

**VOLUME 10
MANUAIS TÉCNICOS**

**CONTEÚDO 01
TERRAPLENAGEM**

MANUAL DE CUSTOS DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES**A. VERSÃO ATUAL****EQUIPE TÉCNICA:**

Revisão e Atualização: Fundação Getulio Vargas (Contrato nº 327/2012)

Revisão e Atualização: Fundação Getulio Vargas (Contrato nº 462/2015)

MANUAL DE CUSTOS DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES**A. VERSÃO ATUAL****FISCALIZAÇÃO E SUPERVISÃO DO DNIT:**

MSc. Eng.º Luiz Heleno Albuquerque Filho

Eng.º Paulo Moreira Neto

Eng.º Caio Saravi Cardoso

B. PRIMEIRAS VERSÕES**EQUIPE TÉCNICA (SINCTRAN e Sicro 3):**

Elaboração: CENTRAN

Eng.º Osvaldo Rezende Mendes (Coordenador)

SUPERVISÃO DO DNIT:

Eng.º Silvio Mourão (Brasília)

Eng.º Luciano Gerk (Rio de Janeiro)

Brasil, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.
Diretoria Executiva. Coordenação-Geral de Custos de Infraestrutura
de Transportes.

Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes. 1ª Edição -
Brasília, 2017.

12v. em 74.

Volume 10: Manuais Técnicos
Conteúdo 01 - Terraplenagem

1. Rodovias - Construções - Estimativa e Custo - Manuais. - 2. Ferrovias -
Construções - Estimativa e Custo - Manuais. - 3. Aquavias - Construções -
Estimativa e Custo - Manuais. - I. Título.

**MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, PORTOS E AVIAÇÃO CIVIL
DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
DIRETORIA GERAL
DIRETORIA EXECUTIVA
COORDENAÇÃO-GERAL DE CUSTOS DE INFRAESTRUTURA DE
TRANSPORTES**

**MANUAL DE CUSTOS DE
INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES**

**VOLUME 10
MANUAIS TÉCNICOS**

**CONTEÚDO 01
TERRAPLENAGEM**

1ª Edição - Versão 3.0

BRASÍLIA
2017

**MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, PORTOS E AVIAÇÃO CIVIL
DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
DIRETORIA GERAL
DIRETORIA EXECUTIVA
COORDENAÇÃO-GERAL DE CUSTOS DE INFRAESTRUTURA DE
TRANSPORTES**

Setor de Autarquias Norte, Bloco A, Edifício Núcleo dos Transportes, Edifício Sede do
DNIT, Mezanino, Sala M.4.10
Brasília - DF
CEP: 70.040-902
Tel.: (061) 3315-8351
Fax: (061) 3315-4721
E-mail: cgcit@dnit.gov.br

TÍTULO: MANUAL DE CUSTOS DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES

Primeira edição: MANUAL DE CUSTOS DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, 2017

VOLUME 10: Manuais Técnicos
Conteúdo 01 - Terraplenagem

Revisão:
Fundação Getulio Vargas - FGV
Contratos 327/2012-00 e 462/2015 (DNIT)
Aprovado pela Diretoria Colegiada em 25/04/2017
Processo Administrativo nº 50600.096538/2013-43

Impresso no Brasil / Printed in Brazil

Direitos autorais exclusivos do DNIT, sendo permitida reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte (DNIT), mantido o texto original e não acrescentado nenhum tipo de propaganda comercial.

APRESENTAÇÃO

O Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes constitui a síntese de todo o desenvolvimento técnico das áreas de custos do extinto DNER e do DNIT na formação de preços referenciais de obras públicas.

Em consonância à história destes importantes órgãos, o Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes abrange o conhecimento e a experiência acumulados desde a edição das primeiras tabelas referenciais de preços, passando pelo pioneirismo na conceituação e aplicação das composições de custos, até as mais recentes diferenciações de serviços e modais de transportes, particularmente no que se refere às composições de custos de serviços ferroviários e hidroviários.

Outras inovações relevantes no presente Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes referem-se à metodologia para definição de custos de referência de canteiros de obras e de administração local e à diferenciação das taxas referenciais de bonificação e despesas indiretas em função da natureza e do porte das obras. Também merece registro a proposição de novas metodologias para o cálculo dos custos horários dos equipamentos e da mão de obra e para definição dos custos de referência para aquisição e transporte de produtos asfálticos.

O Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes encontra-se organizado nos seguintes volumes, conteúdos e tomos:

Volume 01 - Metodologia e Conceitos

Volume 02 - Pesquisa de Preços

Volume 03 - Equipamentos

Volume 04 - Mão de Obra

- Tomo 01 - Parâmetros do CAGED
- Tomo 02 - Encargos Sociais
- Tomo 03 - Encargos Complementares
- Tomo 04 - Consolidação dos Custos de Mão de Obra

Volume 05 - Materiais

Volume 06 - Fator de Influência de Chuvas

- Tomo 01 - Índices Pluviométricos - Região Norte
- Tomo 02 - Índices Pluviométricos - Região Nordeste
- Tomo 03 - Índices Pluviométricos - Região Centro-Oeste
- Tomo 04 - Índices Pluviométricos - Região Sudeste
- Tomo 05 - Índices Pluviométricos - Região Sul

Volume 07 - Canteiros de Obras

- Tomo 01 - Módulos Básicos e Projetos Tipo (A3)

Volume 08 - Administração Local

Volume 09 - Mobilização e Desmobilização

Volume 10 - Manuais Técnicos

Conteúdo 01 - Terraplenagem

Conteúdo 02 - Pavimentação / Usinagem

Conteúdo 03 - Sinalização Rodoviária

Conteúdo 04 - Concretos, Agregados, Armações, Fôrmas e Escoramentos

Conteúdo 05 - Drenagem e Obras de Arte Correntes

Conteúdo 06 - Fundações e Contenções

Conteúdo 07 - Obras de Arte Especiais

Conteúdo 08 - Manutenção e Conservação Rodoviária

Conteúdo 09 - Ferrovias

Conteúdo 10 - Hidrovias

Conteúdo 11 - Transportes

Conteúdo 12 - Obras Complementares e Proteção Ambiental

Volume 11 - Composições de Custos

Volume 12 - Produções de Equipes Mecânicas

RESUMO

O Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes apresenta as metodologias, as premissas e as memórias adotadas para o cálculo dos custos de referência dos serviços necessários à execução de obras de infraestrutura de transportes e suas estruturas auxiliares

ABSTRACT

The Transport Infrastructure Costs Manual presents the methodologies, assumptions and calculation sheets adopted for defining the required service referential costs to implement transport infrastructure ventures and its auxiliary facilities.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Manutenção de caminho de serviço com motoniveladora	12
Figura 02 - Motoscraper e trator pusher	15
Figura 03 - Carregadeira de pneus	17
Figura 04 - Escavação com escavadeira hidráulica	23
Figura 05 - Plano de fogo	28
Figura 06 - Escavação com escavadeira hidráulica acoplada a rompedor hidráulico	32
Figura 07 - Martelo rompedor hidráulico	32
Figura 08 - Fraturas provocadas pela argamassa expansiva em materiais de 3ª categoria	33
Figura 09 - Cunha hidráulica tipo Darda utilizada no desmonte a frio de rocha	34
Figura 10 - Pré-fissuramento de materiais de 3ª categoria	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Parâmetros dos caminhões basculantes nas operações de escavação, carga e transporte de materiais de 1ª e 2ª categorias com a utilização de carregadeira.....	17
Tabela 02 - Velocidades máximas dos caminhões nos diferentes caminhos de serviço	20
Tabela 03 - Velocidades médias para os caminhões em leito natural (carregado) ...	20
Tabela 04 - Velocidades médias para os caminhões em leito natural (vazio)	21
Tabela 05 - Velocidades médias para os caminhões em revestimento primário (carregado)	21
Tabela 06 - Velocidades médias para os caminhões em revestimento primário (vazio)	21
Tabela 07 - Velocidades médias para os caminhões em rodovia pavimentada (carregado)	22
Tabela 08 - Velocidades médias para os caminhões em rodovia pavimentada (vazio)	22
Tabela 09 - Parâmetros dos caminhões basculantes nas operações de escavação, carga e transporte de 1ª e 2ª categorias com a utilização de escavadeira	24
Tabela 10 - Parâmetros dos caminhões basculantes nas operações de escavação, carga e transporte de materiais de 3ª categoria	29
Tabela 11 - Produções dos serviços de escavação e carga de material de jazida ...	42

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	3
2.	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS.....	9
2.1.	Desmatamento, Destocamento, Limpeza de Áreas e Estocagem	9
2.1.1.	Produção dos Equipamentos	9
2.1.2.	CrITÉRIOS de Medição	10
2.2.	Limpeza Manual do Terreno	11
2.3.	Abertura de Caminhos de Serviço	11
2.3.1.	Produção dos Equipamentos	11
2.3.2.	CrITÉRIOS de Medição	12
2.4.	Manutenção de Caminhos de Serviço	12
2.4.1.	Produção dos Equipamentos	13
2.4.2.	CrITÉRIOS de Medição	13
2.5.	Umedecimento de Caminhos de Serviço	14
2.5.1.	Produção dos Equipamentos	14
2.5.2.	CrITÉRIOS de Medição	14
2.6.	Escavação Manual em Materiais de 1ª e 2ª Categoria	14
2.6.1.	CrITÉRIOS de Medição	15
2.7.	Escavação Mecânica de Valas em Materiais de 1ª, 2ª e 3ª Categoria ..	15
2.7.1.	CrITÉRIOS de Medição	15
2.8.	Escavação, Carga e Transporte com Motoscaper	15
2.8.1.	Produção dos Equipamentos	15
2.8.2.	CrITÉRIOS de Medição	16
2.9.	Escavação, Carga e Transporte com Carregadeira de Pneus, Trator de Esteiras e Caminhão	16
2.9.1.	Produção dos Equipamentos	17
2.9.2.	CrITÉRIOS de Medição	23
2.10.	Escavação Carga e Transporte com Escavadeira Hidráulica e Caminhão	23
2.10.1.	Produção dos Equipamentos	24
2.10.2.	CrITÉRIOS de Medição	25
2.11.	Escavação, Carga e Transporte em Materiais de 3ª Categoria.....	25
2.11.1.	Produção da Escavação	26
2.11.2.	Produção dos Equipamentos	27
2.11.3.	Dimensionamento do Material Explosivo	27

2.11.4.	Plano de Fogo	27
2.11.5.	Dimensionamento dos Equipamentos Seccionados.....	28
2.11.6.	Dimensionamento das Brocas - Série 12	29
2.11.7.	Transporte do Material Escavado.....	29
2.11.8.	Critérios de Medição.....	30
2.12.	Escavação, Carga e Transporte de Solos Moles.....	30
2.12.1.	Produção dos Equipamentos.....	30
2.12.2.	Critérios de Medição.....	31
2.13.	Escavação em Material de 3ª Categoria com Escavadeira Hidráulica Acoplada a um Martelo Rompedor Hidráulico	31
2.13.1.	Critérios de Medição.....	33
2.14.	Desmonte de Material de 3ª Categoria a Frio com Argamassa Expansiva a Céu Aberto	33
2.14.1.	Produção dos Equipamentos.....	33
2.14.2.	Critérios de Medição.....	34
2.15.	Desmonte de Rocha a Frio com Cunha Hidráulica	34
2.15.1.	Critérios de Medição.....	35
2.16.	Desmonte Cuidadoso de Blocos de Rocha com Marteleto Pneumático	35
2.16.1.	Critérios de Medição.....	35
2.17.	Pré-Fissuramento de Materiais de 3ª Categoria	35
2.17.1.	Produção dos Equipamentos.....	35
2.17.2.	Critérios de Medição.....	36
2.18.	Compactação Manual e Apiloamento Manual	36
2.18.1.	Critérios de Medição.....	36
2.19.	Compactação com Rolo Pé-de-Carneiro.....	36
2.19.1.	Produção dos Equipamentos.....	36
2.19.2.	Critérios de Medição.....	37
2.20.	Construção de Aterro com Materiais de 3ª Categoria	38
2.20.1.	Produção dos Equipamentos.....	38
2.20.2.	Critérios de Medição.....	38
2.21.	Compactação de Camada Final de Aterro de Rocha	39
2.21.1.	Produção dos Equipamentos.....	39
2.21.2.	Critérios de Medição.....	39
2.22.	Camada Drenante.....	40
2.22.1.	Produção dos Equipamentos.....	40

2.22.2.	Critérios de Medição	40
2.23.	Limpeza Superficial de Camada Vegetal em Jazida	40
2.23.1.	Produção dos Equipamentos	41
2.23.2.	Critérios de Medição	41
2.24.	Expurgo de Jazida	41
2.24.1.	Produção dos Equipamentos	41
2.24.2.	Critérios de Medição	42
2.25.	Escavação e Carga de Material de Jazida	42
2.25.1.	Produção dos Equipamentos	42
2.25.2.	Critérios de Medição	42

1. TERRAPLENAGEM

1. INTRODUÇÃO

O presente volume do Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes tem por objetivo apresentar as premissas e as memórias de cálculo adotadas na elaboração das composições de custos referentes aos serviços de terraplenagem.

Define-se terraplenagem como o conjunto de operações necessárias à escavação e movimentação de solos e rochas, removendo-se o excesso de material de uma região para outra em função de sua escassez.

A execução dos serviços de terraplenagem envolve a realização das seguintes operações principais:

- Escavação;
- Carregamento ou carga;
- Transporte;
- Descarregamento ou descarga e espalhamento;
- Compactação de aterros.

No caso específico de obras de infraestrutura terrestres, são ainda necessárias a realização de operações preliminares, tais como o desmatamento, destocamento e limpeza das áreas e abertura e manutenção de caminhos de serviço.

As operações principais de terraplenagem, excetuando-se a compactação dos aterros, podem ser realizadas por apenas um equipamento, como no caso dos tratores de esteira em pequenas distâncias, ou por patrulhas constituídas por diferentes equipamentos, como na utilização combinada de unidades escavo carregadoras (escavadeiras e carregadeiras) e de transporte (caminhões).

Os equipamentos de terraplenagem realizam operações consideradas repetitivas, ou seja, trabalham em ciclos. Entende-se por ciclo o conjunto de ações ou movimentos que o equipamento realiza desde sua partida, de uma determinada posição, até seu retorno a uma posição semelhante, que marca o início de um novo ciclo.

O tempo decorrido entre duas passagens consecutivas do equipamento é denominado “duração do ciclo” ou “tempo total do ciclo”, que determina um intervalo, durante o qual o equipamento em questão realiza certa quantidade de serviço.

A quantificação do serviço realizada durante um ciclo e seu tempo total de duração são elementos fundamentais para a determinação da produção horária do equipamento, para dimensionar e equilibrar o restante dos equipamentos que com ele formam patrulha, bem como para calcular a produção da própria patrulha.

Os materiais de terraplenagem podem ser classificados em 3 categorias, a saber:

- Materiais de 1ª Categoria - Compreendem os materiais facilmente escaváveis com equipamentos comuns (*scrapers*, tratores, escavadeiras, carregadeiras, etc.), qualquer que seja o teor de umidade. São caracterizados como solos residuais ou sedimentares, rochas em adiantado estado de decomposição, seixos rolados ou não, com diâmetro máximo inferior a 0,15 metros;
- Materiais de 2ª Categoria - Compreendem os materiais mais resistentes ao desmonte e que não admitem a utilização de equipamentos comuns sem a realização de tratamentos prévios (pré-escarificação ou utilização descontínua de explosivos). São caracterizados por pedras soltas, blocos de rocha de volume inferior a 2 m³ e matacões ou pedras de diâmetro médio compreendido entre 0,15 m e 1 metro;
- Materiais de 3ª Categoria - Compreendem os materiais que admitem desmonte pelo emprego contínuo de explosivos ou de técnicas equivalentes de desmonte a frio. São caracterizados por materiais com resistência ao desmonte mecânico equivalente à rocha não alterada e por blocos de rocha com diâmetro médio superior a 1 m, ou de volume igual ou superior a 2 m³.

O SICRO utiliza os seguintes fatores de correção para o cálculo da produção da equipe mecânica:

- Fator de Eficiência;
- Fator de Conversão;
- Fator de Carga.

a) Fator de Eficiência

O Fator de Eficiência pode ser definido como a relação entre o tempo de produção efetiva e o tempo de produção nominal de determinado equipamento. O referido fator é necessário para absorver os tempos gastos em alterações de serviço ou deslocamentos do equipamento entre frentes de trabalho, preparação da máquina e manutenção, entre outros.

No Sicro 2, as composições de custos foram inicialmente diferenciadas pela natureza das obras, associada aos seus respectivos fatores de eficiência, a saber:

- Construção (50 min / 60 min = 0,83);
- Restauração e Melhoramentos (45 min / 60 min = 0,75);
- Conservação (40 min / 60 min = 0,67).

Já no SICRO, os custos de restauração são calculados com o mesmo fator de eficiência das obras de construção (0,83), ocorrendo a diferenciação dos serviços apenas por meio da aplicação do Fator de Interferência de Tráfego - FIT, quando da elaboração do orçamento do projeto.

De forma similar, para os serviços de conservação, definiu-se um fator de eficiência inicial de 0,75, com ajustes também sendo realizados por meio do FIT.

Em que pese essa formulação, os fatores de eficiência podem apresentar outros valores referenciais em função das características próprias dos equipamentos, da natureza dos serviços e das condições locais, conforme observado nas memórias de cálculo e nas planilhas de produção de equipe mecânica.

b) Fator de Conversão

O Fator de Conversão pode ser definido como a relação entre o volume do material em sua condição natural ou compactada e o volume deste mesmo material que está sendo manipulado.

Nas operações de escavação, carga e transporte, de forma coordenada ou isolada, o Fator de Conversão representa a relação entre o volume do corte (confinado), definido como critério de medição e pagamento, e o volume do material transportado (solto). Nestas condições, o inverso do Fator de Conversão representa o Fator de Empolamento do material.

Em serviços de outra natureza, o Fator de Conversão pode ainda ser utilizado para compatibilização das capacidades dos equipamentos e das unidades de medida dos serviços associados.

No SICRO, foram adotados os seguintes Fatores de Conversão:

- Materiais de 1ª Categoria
 $FC = 1,0 / 1,25 = 0,80$
- Materiais de 2ª Categoria
 $FC = 1,0 / 1,39 = 0,72$
- Materiais de 3ª Categoria
 $FC = 1,0 / 1,75 = 0,57$
- Solos Moles
 $FC = 1,0 / 1,25 = 0,80$

Em que pese essa formulação, os fatores de conversão podem apresentar outros valores referenciais em função das características próprias dos equipamentos, da natureza dos serviços e das condições locais, conforme observado nas memórias de cálculo e nas planilhas de produção de equipe mecânica.

c) Fator de Carga

O Fator de Carga pode ser definido como a relação entre a capacidade efetiva do equipamento e sua capacidade geométrica ou nominal. A capacidade dos equipamentos pode ser rasa, quando o material que a ocupa fica no nível de seu bordo superior e corresponde ao volume geométrico, ou coroadada, quando o volume geométrico for excedido.

No SICRO, foram adotados os seguintes Fatores de Carga:

- Materiais de 1ª Categoria = 0,90;
- Materiais de 2ª Categoria = 0,80;
- Materiais de 3ª Categoria = 0,70.

No caso específico dos caminhões basculantes utilizados em serviços de escavação, carga e transporte, as aferições de campo indicaram a necessidade de ajustes aos Fatores de Carga destes equipamentos, conforme apresentado a seguir:

- Materiais de 1ª Categoria = 1,00;
- Materiais de 2ª Categoria = 1,00;
- Materiais de 3ª Categoria = 0,90;
- Solos Moles = 0,80.

Em consonância às aferições de campo, também foram realizados ajustes aos Fatores de Carga das escavadeiras hidráulicas, conforme apresentado a seguir:

- Materiais de 1ª Categoria = 1,00;
- Materiais de 2ª Categoria = 0,80;
- Materiais de 3ª Categoria = 0,70;
- Solos Moles = 0,80.

2. DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS

2. DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS

2.1. Desmatamento, Destocamento, Limpeza de Áreas e Estocagem

O serviço de desmatamento compreende o corte e a remoção da vegetação existente no terreno e o método executivo depende do porte das árvores a serem retiradas. Para árvores com até 0,15 m de diâmetro, a remoção mecanizada da vegetação e a limpeza do terreno são executados simultaneamente, sendo esse serviço medido por área (m²), em função da área efetivamente trabalhada.

O corte e a remoção de árvores de diâmetro igual ou superior a 0,15 m são medidos isoladamente, em função das unidades efetivamente destocadas e consideradas em dois conjuntos: árvores com diâmetro compreendido entre 0,15 m e 0,30 m e árvores com diâmetro superior a 0,30 m. Importa destacar que o diâmetro das árvores deve ser medido a um metro de altura do nível do terreno.

O material resultante dos serviços de desmatamento, destocamento e limpeza deve ser removido para bota-fora, previamente ao início das escavações de terraplenagem ou exploração de fontes de material de construção por meio de operações que permitam a redução de suas dimensões e a sua estocagem para posterior mistura aos solos férteis da camada superficial do terreno.

Essa mistura deve ser utilizada na recomposição de áreas degradadas pelas obras, obedecendo aos critérios definidos nos condicionantes ambientais. Não é permitida a permanência de entulho nas adjacências do corpo estradal e em situações que prejudiquem a operação e o sistema de drenagem natural.

A remoção ou estocagem dependerá de eventual utilização a ser definida pela fiscalização e pelos condicionantes das licenças ambientais. A remoção e o transporte de material proveniente do desmatamento, destocamento e limpeza não serão considerados para fins de medição, desde que as distâncias de transporte sejam inferiores a 30 metros.

2.1.1. Produção dos Equipamentos

Nas operações de desmatamento, destocamento, limpeza de áreas e estocagem do material de limpeza com árvores de diâmetro inferior a 0,15 m, foram utilizados os seguintes parâmetros para cálculo da produção dos serviços:

- Profundidade de corte: 0,15 m;
- Capacidade da lâmina do trator: 8,70 m³;
- Distância de operação: 20,00 m;
- Tempo total de ciclo: 0,90 min.

De posse destes parâmetros, torna-se possível o cálculo da produção horária do trator, conforme apresentado na seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times CL \times Fca \times Fcv \times Fe}{(Pc \times Tc)}$$

onde:

CL representa a capacidade da lâmina do trator = 8,70 m³;

Fca representa o Fator de Carga = 0,90 (materiais de 1ª categoria);

Fcv representa o Fator de Conversão = 0,40;

Fe representa o Fator de Eficiência = 0,83;

Pc representa a profundidade do corte = 0,15 m;

Tc representa o tempo total de ciclo = 0,90 min.

Substituindo os valores:

$$P = \frac{60 \times 8,70 \times 0,90 \times 0,40 \times 0,83}{(0,15 \times 0,90)} = 1.155,36 \text{ m}^2/\text{h}$$

As operações de destocamento de árvores com diâmetro superior a 0,15 m compreendem a retirada dos tocos e o consequente enchimento e nivelamento do local e são medidos isoladamente.

Para as árvores com diâmetro entre 0,15 m e 0,30 m, foi definida uma produção de 20,75 unidades por hora para o serviço, e para árvores com diâmetro superior a 0,30 m foi considerada uma produção de 8,3 unidades por hora.

2.1.2. Critérios de Medição

Os serviços de desmatamento, de destocamento de árvores de diâmetro inferior a 0,15 m e de limpeza da área devem ser medidos em metros quadrados, em função da área efetivamente trabalhada.

As árvores de diâmetro igual ou superior a 0,15 m devem ser medidas isoladamente, em função das unidades destocadas e consideradas em dois conjuntos, a saber:

- Árvores com diâmetro compreendido entre 0,15 m e 0,30 m;
- Árvores com diâmetro superior a 0,30 m.

Para efeito da aplicação da norma, o diâmetro das árvores deve ser apreciado a um metro de altura do nível do terreno.

São consideradas integrantes dos processos as operações referentes à remoção, transporte, deposição e respectivo preparo e distribuição, no local de bota-fora, do material proveniente do desmatamento, do destocamento e da limpeza, bem como as operações referentes à preservação ambiental destacadas na Especificação de Serviço DNIT nº104/2009 - Terraplenagem - Serviços Preliminares.

2.2. Limpeza Manual do Terreno

Para se iniciar qualquer construção, seja de instalação de um canteiro de obras ou para a execução de um projeto de infraestrutura de transportes, o terreno deve estar adequadamente limpo, ou seja, todo o material não desejável deve ter sido retirado.

O SICRO disponibiliza composições de custos para diferentes serviços relacionados à limpeza manual dos terrenos, a saber:

- Preparo e regularização;
- Raspagem e limpeza;
- Capina, raspagem e limpeza.

Os serviços de limpeza manual de terrenos devem ser medidos por área efetivamente executada, em metros quadrados, conforme as indicações de projeto.

O custo unitário do serviço inclui a mão de obra com seus respectivos encargos. Para remuneração do transporte do material removido devem ser utilizadas composições de custos de transporte. Para remuneração do tempo fixo desse transporte devem ser utilizadas as composições específicas de carga, manobras e descarga.

2.3. Abertura de Caminhos de Serviço

2.3.1. Produção dos Equipamentos

Para execução desse serviço, admitiu-se uma operação de raspagem do terreno com trator de lâmina, considerando-se os seguintes parâmetros:

- Espessura: 0,20 m;
- Capacidade da lâmina: 8,70 m³;
- Distância de operação: 15,00 m;
- Tempo total de ciclo: 0,7625 min.

De posse destas informações, torna-se possível o cálculo da produção horária do trator de lâmina, conforme apresentado na expressão abaixo:

$$P = \frac{60 \times CL \times Fca \times Fcv \times Fe}{(Es \times Tc)}$$

onde:

CL representa a capacidade da lâmina do trator = 8,70 m³;

Fca representa o Fator de Carga = 0,90 (materiais de 1ª categoria);

Fcv representa o Fator de Conversão = 0,80 (materiais de 1ª categoria);

Fe representa o Fator de Eficiência = 0,83;

Es representa a espessura = 0,20 m;

Tc representa o tempo total de ciclo = 0,7625 min.

Substituindo os valores:

$$P = \frac{60 \times 8,70 \times 0,90 \times 0,80 \times 0,83}{(0,20 \times 0,7625)} = 2.045,56 \text{ m}^2/\text{h}$$

2.3.2. Critérios de Medição

A abertura de caminhos de serviço deve ser medida em função da área efetivamente trabalhada, em metros quadrados, conforme preconizado na Especificação de Serviço DNIT nº 105/2009 - Terraplenagem - Caminhos de Serviço.

A abertura de caminhos de serviços pode ser executada em segmentos situados no interior ou fora da faixa de “offsets” e envolve a realização das seguintes operações, a saber: desmatamento, destocamento e limpeza da área, escavações em cortes e empréstimos, execução de aterros, de dispositivos de drenagem, de obras de arte correntes e, eventualmente, de revestimento primário.

2.4. Manutenção de Caminhos de Serviço

As composições de custos para manutenção dos caminhos de serviço foram elaboradas para as condições de leito natural e de revestimento primário.

O pavimento em leito natural é aquele que se apresenta no próprio terreno natural e que não recebe qualquer tratamento para melhorar as condições de tráfego.

O revestimento primário consiste em uma camada superficial granular aplicada diretamente sobre o subleito compactado e regularizado.

Para obtenção do custo de execução dessa camada devem ser utilizadas as composições de custo dos seguintes serviços:

- Escavação, carga e transporte de material (produzido ou comercial);
- Compactação.

A manutenção dos caminhos de serviço é realizada exclusivamente com a utilização de motoniveladoras, conforme demonstrado na Figura 01.

Figura 01 - Manutenção de caminho de serviço com motoniveladora



Para cada operação de manutenção, estabeleceu-se a necessidade de 2 passadas do equipamento com as seguintes frequências:

- Caminhos de serviço em leito natural: uma manutenção a cada 2 dias;
- Caminhos de serviço em revestimento primário: uma manutenção a cada 10 dias.

2.4.1. Produção dos Equipamentos

Para execução da manutenção dos caminhos de serviço foram admitidos os seguintes parâmetros:

- Velocidade de deslocamento: 10,50 km/h;
- Fator de eficiência: 0,83;
- Número de passadas por manutenção: 2.

Em função destes parâmetros, torna-se possível o cálculo da produção da manutenção dos caminhos de serviços, conforme expressões apresentadas abaixo:

a) Manutenção em Leito Natural

$$P = \frac{v \times Fe \times Nh \times i}{n}$$

onde:

v representa a velocidade de deslocamento = 10,50 km/h;

Fe representa o Fator de Eficiência = 0,83;

Nh representa o número de horas trabalhadas por dia = 8 h;

i representa o intervalo da manutenção = 2 dias;

n representa o número de passadas por manutenção = 2 passadas.

Substituindo os valores:

$$P = \frac{10,5 \times 0,83 \times 8 \times 2}{2} = 69,72 \text{ km} \times \text{dia}$$

b) Manutenção em Revestimento Primário

Nesse caso, o intervalo entre as manutenções foi definido em 10 dias.

Substituindo os valores:

$$P = \frac{10,5 \times 0,83 \times 8 \times 10}{2} = 348,6 \text{ km} \times \text{dia}$$

2.4.2. Critérios de Medição

A manutenção dos caminhos de serviço deve ser medida na unidade “km x dia”, cabendo ao projetista a definição da extensão total dos caminhos de serviço em leito natural e em revestimento primário, informação esta que deve estar coordenada com os respectivos cronogramas de obra.

2.5. Umedecimento de Caminhos de Serviço

Para atender às necessidades observadas no campo, foi elaborada uma composição de custo para o serviço de umedecimento de caminhos de serviço, admitindo-se um consumo médio de água de 3 l/m².

2.5.1. Produção dos Equipamentos

A produção do caminhão tanque foi calculada por meio da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times C \times Fe}{c \times T}$$

onde:

P representa a produção do caminhão tanque (l/h);

C representa a capacidade do tanque = 10.000 l;

Fe representa o Fator de Eficiência = 0,83;

c representa o consumo de água = 3,0 l/m²;

T representa o tempo de ciclo (min) calculado da seguinte forma:

- Tempo fixo (carga e manobra) = 40 min;
- Tempo de ida = distância para abastecimento / velocidade de ida cheio = 5.000 m / 550 m/min = 9,09 min;
- Tempo de retorno = distância para abastecimento / velocidade de retorno vazio = 5.000 m / 825 m/min = 6,06 min;
- Tempo total de ciclo = 40 + 9,09 + 6,06 = 55,15 min.

Substituindo os valores:

$$P = 3.009,89 \text{ m}^2/\text{h}$$

2.5.2. Critérios de Medição

O umedecimento de caminhos de serviço deve ser medido em função da área efetivamente trabalhada, em metros quadrados.

2.6. Escavação Manual em Materiais de 1ª e 2ª Categoria

O SICRO disponibiliza composições de custos para serviços de escavação manual em materiais de 1ª e 2ª categorias, diferenciadas em função de sua profundidade, a saber: em superfície, até 2 metros, de 2 a 3 metros e de 3 a 4 metros.

Os serviços de reaterro e compactação manual com soquete vibratório também podem ser agrupados à escavação manual, resultando em composições de custos completas para materiais de 1ª e 2ª categorias.

O SICRO disponibiliza ainda uma composição de custo para escavação manual de vala em materiais de 1ª categoria e outra para abertura manual de cavas de fundação com esgotamento sendo realizado por meio de bomba submersível.

2.6.1. Critérios de Medição

Os serviços de escavação manual em materiais de 1ª e 2ª categorias devem ser medidos em função dos volumes efetivamente escavados, em metros cúbicos.

2.7. Escavação Mecânica de Valas em Materiais de 1ª, 2ª e 3ª Categoria

O SICRO disponibiliza composições de custos para serviços de escavação mecânica de valas em materiais de 1ª, 2ª e 3ª categorias. A retroescavadeira é utilizada nos materiais de 1ª e 2ª categorias, enquanto o desmonte em rocha é realizado por meio da utilização de explosivos, de martelete e de uma retroescavadeira para a remoção do material explodido.

2.7.1. Critérios de Medição

A escavação mecânica de valas em materiais de 1ª, 2ª e 3ª categorias deve ser medida em função dos volumes efetivamente escavados, em metros cúbicos.

2.8. Escavação, Carga e Transporte com Motoscraeper

Na execução de serviços de escavação, carga e transporte com este equipamento, a produção do motoscraeper é definida em função da produção do trator pusher, cujo tempo de ciclo limita a capacidade máxima da patrulha.

Adotou-se como referência para o cálculo da produção os parâmetros técnicos do motoscraeper Caterpillar MS 621H/304 kW e do trator pusher Caterpillar D-8T/259 kW, conforme demonstrado na Figura 02, por se constituírem nos modelos mais utilizados nas obras de infraestrutura de transporte do país.

Figura 02 - Motoscraeper e trator pusher



2.8.1. Produção dos Equipamentos

Os parâmetros utilizados no cálculo da produção do conjunto pusher-motoscraeper nos serviços de escavação, carga e transporte são:

- Capacidade de carga: 15,30 m³;
- Distância para carregamento: 38,00 m;
- Tempo total de ciclo: 1,65 min.

De posse destas informações, torna-se possível o cálculo da produção horária do conjunto pusher-motoscaper, conforme apresentado na expressão abaixo:

$$P = \frac{60 \times C \times Fca \times Fcv \times Fe}{Tc}$$

onde:

C representa a capacidade de carga do equipamento = 15,30 m³;

Fca representa o Fator de Carga = 0,90 (materiais de 1ª categoria);

Fcv representa o Fator de Conversão = 0,80 (materiais de 1ª categoria);

Fe representa o Fator de Eficiência = 0,83;

Tc representa o tempo total de ciclo = 1,65 min.

Substituindo os valores:

$$P = \frac{60 \times 15,3 \times 0,90 \times 0,80 \times 0,83}{1,65} = 332,48 \text{ m}^3/\text{h}$$

2.8.2. Critérios de Medição

Os serviços de escavação, carga e transporte de materiais com motoscaper devem ser medidos em m³, em função do volume de material extraído e a respectiva dificuldade em sua extração, medido e avaliado no corte (volume “in natura”), e da distância de transporte percorrida entre o corte e o local de deposição.

A sistemática a ser empregada para execução dos serviços de escavação, carga e transporte dos materiais encontra-se disciplinada na Especificação de Serviço DNIT nº 106/2009 - Terraplenagem - Cortes.

2.9. Escavação, Carga e Transporte com Carregadeira de Pneus, Trator de Esteiras e Caminhão

Para os serviços de escavação de materiais com carregadeira de pneus, conforme demonstrado na Figura 03, foram definidas as seguintes premissas:

- As composições de custos de transporte foram elaboradas por faixas com limite superior definido na distância de 3.000 metros. O transporte que exceder a essa distância deverá ser remunerado em função das composições de custos de momento de transporte, separadamente;
- As composições de custos destes serviços foram elaboradas em função de uma patrulha constituída por uma carregadeira de pneus de 3,3 m³, de um trator de esteiras com lâmina e de caminhões basculantes de 14 m³, por se constituírem na combinação mais vantajosa e frequente nas obras de construção e implantação de vias terrestres;
- Os caminhos de serviço foram diferenciados em leito natural, em revestimento primário e rodovia pavimentada;
- Os resultados das aferições de velocidades realizadas pelo CENTRAN nos anos de 2008 e 2009 foram incorporados à produção mecânica dos serviços.

Figura 03 - Carregadeira de pneus



2.9.1. Produção dos Equipamentos

A Tabela 01 apresenta os tempos fixos e os fatores de correção definidos para os caminhões basculantes nas operações de escavação, carga e transporte com utilização de carregadeira de pneus.

Tabela 01 - Parâmetros dos caminhões basculantes nas operações de escavação, carga e transporte de materiais de 1ª e 2ª categorias com a utilização de carregadeira

Equipamento	Tempo Fixo (min)	Fator de Carga	Fator de Conversão	Fator de Eficiência
Caminhão de 14 m ³ - 1ª categoria	5,11	1,00	0,80	0,83
Caminhão de 14 m ³ - 2ª categoria	5,32	1,00	0,72	0,83

2.9.1.1. Carregadeira de Pneus

Os tempos totais de ciclo adotados para a carregadeira de pneus, equipamento que determina a produção da patrulha destes serviços, foram definidos em 0,50 min para carga de material de 1ª categoria, de 0,55 min para carga de material de 2ª categoria e de 0,60 min para carga de material de 3ª categoria.

Os demais parâmetros são: Capacidade da caçamba: 3,30 m³; Fatores de carga: 0,90 (1ª categoria) / 0,80 (2ª categoria) / 0,70 (3ª categoria); Fatores de conversão: 0,80 (1ª categoria) / 0,72 (2ª categoria) / 0,57 (3ª categoria); Fator de eficiência: 0,83.

De posse destas informações, torna-se possível o cálculo da produção horária dos serviços de escavação, carga e transporte com carregadeira de pneus para os materiais de 1ª, 2ª e 3ª categorias, conforme apresentado a seguir:

a) Materiais de 1ª Categoria

$$P = \frac{60 \times C \times Fca \times Fcv \times Fe}{Tc}$$

onde:

C representa a capacidade da caçamba = 3,30 m³;

Fca representa o Fator de Carga = 0,90 (materiais de 1ª categoria);

Fcv representa o Fator de Conversão = 0,80 (materiais de 1ª categoria);

Fe representa o Fator de Eficiência = 0,83;

Tc representa o tempo total de ciclo = 0,50 min.

Substituindo os valores:

$$P = \frac{60 \times 3,30 \times 0,90 \times 0,80 \times 0,83}{0,50} = 236,65 \text{ m}^3/\text{h}$$

b) Materiais de 2ª Categoria

$$P = \frac{60 \times C \times Fca \times Fcv \times Fe}{Tc}$$

onde:

C representa a capacidade da caçamba = 3,30 m³;

Fca representa o Fator de Carga = 0,80 (materiais de 2ª categoria);

Fcv representa o Fator de Conversão = 0,72 (materiais de 2ª categoria);

Fe representa o Fator de Eficiência = 0,83;

Tc representa o tempo total de ciclo = 0,55 min.

Substituindo os valores:

$$P = \frac{60 \times 3,30 \times 0,80 \times 0,72 \times 0,83}{0,55} = 172,11 \text{ m}^3/\text{h}$$

c) Materiais de 3ª Categoria

$$P = \frac{60 \times C \times Fca \times Fcv \times Fe}{Tc}$$

onde:

C representa a capacidade da caçamba = 3,30 m³;

Fca representa o Fator de Carga = 0,70 (materiais de 3ª categoria);

Fcv representa o Fator de Conversão = 0,57 (materiais de 3ª categoria);

Fe representa o Fator de Eficiência = 0,83;

Tc representa o tempo total de ciclo = 0,60 min.

Substituindo os valores:

$$P = \frac{60 \times 2,90 \times 0,70 \times 0,57 \times 0,83}{0,60} = 96,04 \text{ m}^3/\text{h}$$

2.9.1.2. Trator de Esteiras

Os parâmetros utilizados para o cálculo da produção do trator de esteiras foram: capacidade de 8,7 m³, tempo total de ciclo igual a 1,275 min (1ª categoria) e 1,41 min (2ª categoria). Já para os fatores redutores de produção foram adotados os mesmos parâmetros da carregadeira de pneus, conforme apresentado nas expressões abaixo:

a) Materiais de 1ª Categoria

$$P = \frac{60 \times C \times Fca \times Fcv \times Fe}{Tc}$$

onde:

C representa a capacidade da lâmina do trator = 8,70 m³;

Fca representa o Fator de Carga = 0,90 (materiais de 1ª categoria);

Fcv representa o Fator de Conversão = 0,80 (materiais de 1ª categoria);

Fe representa o Fator de Eficiência = 0,83;

Tc representa o tempo total de ciclo = 1,275 min.

Substituindo os valores:

$$P = \frac{60 \times 8,70 \times 0,90 \times 0,80 \times 0,83}{1,275} = 244,67 \text{ m}^3/\text{h}$$

b) Materiais de 2ª Categoria

$$P = \frac{60 \times C \times Fca \times Fcv \times Fe}{Tc}$$

onde:

C representa a capacidade da lâmina do trator = 8,70 m³;

Fca representa o Fator de Carga = 0,80 (materiais de 2ª categoria);

Fcv representa o Fator de Conversão = 0,72 (materiais de 2ª categoria);

Fe representa o Fator de Eficiência = 0,83;

Tc representa o tempo total de ciclo = 1,41 min.

Substituindo os valores:

$$P = \frac{60 \times 8,70 \times 0,80 \times 0,72 \times 0,83}{1,41} = 177,35 \text{ m}^3/\text{h}$$

2.9.1.3. Caminhões

Para estimativa da velocidade dos caminhões foram desenvolvidas correlações baseadas nos resultados das aferições de campo realizadas pelo CENTRAN, em função da distância de transporte e do tipo de revestimento da pista.

O modelo estatístico obtido encontra-se apresentado abaixo:

$$v = v_m \sqrt{1 - \left(\frac{x - x_m}{x_m} \right)^2}$$

onde:

v representa a velocidade média;

v_m representa a velocidade média máxima (km/h);

x_m representa a distância onde ocorre a velocidade média máxima (m);

x representa a distância (m).

As velocidades médias máximas foram obtidas experimentalmente na distância de 3.000 metros, conforme resumo apresentado na Tabela 02.

Tabela 02 - Velocidades máximas dos caminhões nos diferentes caminhos de serviço

Tipo de Caminho de Serviço	Velocidade Média Máxima (km/h)	
	Ida (Carregado)	Volta (Vazio)
Leito natural	21	39
Revestimento primário	40	45
Pavimentada	45	60

De posse das velocidades máximas, torna-se possível definir a velocidade média a ser adotada no cálculo das produções dos caminhões nos serviços de escavação, carga e transporte para os diferentes caminhos de serviço, nas condições carregada e vazia, conforme apresentado nas Tabelas 03 a 08.

Tabela 03 - Velocidades médias para os caminhões em leito natural (carregado)

Leito Natural - Caminhões Carregados		
Distância (m)	Velocidade Sicro 2 (km/h)	Velocidade Calculada (km/h)
125	6,00	6,00
300	9,60	9,15
500	12,00	11,61
700	13,20	13,48
900	15,00	15,00
1.100	15,60	16,25
1.300	16,80	17,30
1.500	18,00	18,19
1.700	19,80	18,93
1.900	19,80	19,54
3.000	21,00	21,00

Tabela 04 - Velocidades médias para os caminhões em leito natural (vazio)

Leito Natural - Caminhões Vazios		
Distância (m)	Velocidade Sicro 2 (km/h)	Velocidade Calculada (km/h)
125	9,60	11,14
300	15,60	17,00
500	24,00	21,56
700	27,60	25,04
900	28,20	27,85
1.100	33,00	30,18
1.300	34,80	32,13
1.500	36,00	33,78
1.700	37,20	35,15
1.900	37,20	36,28
3.000	39,00	39,00

Tabela 05 - Velocidades médias para os caminhões em revestimento primário (carregado)

Revestimento Primário - Caminhões Carregados		
Distância (m)	Velocidade Aferida (km/h)	Velocidade Calculada (km/h)
400	24,90	19,96
800	28,81	27,19
1.200	31,78	32,00
1.600	34,29	35,38
2.000	36,53	37,71
2.400	38,18	39,19
2.800	39,33	39,91
3.000	40,00	40,00

Tabela 06 - Velocidades médias para os caminhões em revestimento primário (vazio)

Revestimento Primário - Caminhões Vazios		
Distância (m)	Velocidade Aferida (km/h)	Velocidade Calculada (km/h)
400	25,86	22,45
800	32,07	30,59
1.200	35,35	36,00
1.600	37,81	39,8
2.000	39,94	42,43
2.400	41,32	44,09
2.800	42,67	44,90
3.000	45,00	45,00

Tabela 07 - Velocidades médias para os caminhões em rodovia pavimentada (carregado)

Rodovia Pavimentada - Caminhões Carregados		
Distância (m)	Velocidade Aferida (km/h)	Velocidade Calculada (km/h)
200	13,09	16,16
400	20,00	22,45
600	25,71	27,00
800	30,00	30,59
1.000	33,33	33,54
1.200	36,00	36,00
1.400	37,97	38,07
1.600	39,60	39,80
1.800	40,90	41,24
2.000	42,00	42,43
2.200	42,81	43,37
2.400	43,50	44,09
2.600	44,05	44,60
2.800	44,53	44,90
3.000	44,78	45,00

Tabela 08 - Velocidades médias para os caminhões em rodovia pavimentada (vazio)

Rodovia Pavimentada - Caminhões Vazios		
Distância (m)	Velocidade Aferida (km/h)	Velocidade Calculada (km/h)
200	15,00	21,54
400	22,00	29,93
600	28,77	36,00
800	34,00	40,79
1.000	37,88	44,72
1.200	41,00	48,00
1.400	43,46	50,75
1.600	45,50	53,07
1.800	47,23	54,99
2.000	48,72	56,57
2.200	51,39	57,83
2.400	53,40	58,79
2.600	55,50	59,46
2.800	56,80	59,87
3.000	58,00	60,00

2.9.2. Critérios de Medição

Os serviços de escavação, carga e transporte de materiais com utilização de carregadeira, trator de esteiras e caminhões basculantes devem ser medidos em m³, em função do volume de material extraído e a respectiva dificuldade em sua extração, medido e avaliado no corte (volume “in natura”), e da distância de transporte percorrida entre o corte e o local de deposição.

A sistemática a ser empregada para execução dos serviços de escavação, carga e transporte dos materiais encontra-se disciplinada na Especificação de Serviço DNIT nº 106/2009 - Terraplenagem - Cortes.

2.10. Escavação Carga e Transporte com Escavadeira Hidráulica e Caminhão

Para os serviços de escavação de materiais com escavadeira hidráulica, conforme demonstrado na Figura 04, foram definidas as seguintes premissas:

- As composições de custos de transporte foram elaboradas por faixas com limite superior definido na distância de 3.000 metros. O transporte que exceder a essa distância deverá ser remunerado em função das composições de custos de momento de transporte, separadamente;
- As composições de custos destes serviços foram elaboradas em função de uma patrulha constituída por uma escavadeira hidráulica de 1,5 m³ e de caminhões basculantes de 14 m³, por se constituírem na combinação mais vantajosa e frequente nas obras de construção de vias terrestres;
- Os caminhos de serviço foram diferenciados em leito natural, em revestimento primário e rodovia pavimentada;
- Os resultados das aferições de velocidades realizadas pelo CENTRAN nos anos de 2008 e 2009 foram incorporados à produção mecânica dos serviços;
- A utilização da escavadeira hidráulica nas operações de escavação e carga de materiais sempre é desejável em virtude de sua versatilidade e economicidade na execução do serviço. É facultado ao projetista a escolha de outras patrulhas de equipamentos, desde que justificados e respeitados os critérios técnicos e econômicos em sua decisão.

Figura 04 - Escavação com escavadeira hidráulica



2.10.1. Produção dos Equipamentos

A Tabela 09 apresenta os tempos fixos e os fatores de correção definidos para os caminhões basculantes nas operações de escavação, carga e transporte.

Tabela 09 - Parâmetros dos caminhões basculantes nas operações de escavação, carga e transporte de 1ª e 2ª categorias com a utilização de escavadeira

Equipamento	Tempo Fixo (min)	Fator de Carga	Fator de Conversão	Fator de Eficiência
Caminhão de 14 m³ - 1ª categoria	5,50	1,00	0,80	0,83
Caminhão de 14 m³ - 2ª categoria	6,16	1,00	0,72	0,83

2.10.1.1. Escavadeira Hidráulica

Os tempos totais de ciclo adotados para a escavadeira hidráulica, equipamento que determina a produção da patrulha nestes serviços, foram definidos em 0,27 min para carga de material de 1ª categoria e de 0,34 min para carga de material de 2ª categoria.

Os demais parâmetros são:

- Capacidade da caçamba: 1,50 m³;
- Fator de carga: 1,00 (1ª categoria) / 0,80 (2ª categoria);
- Fator de conversão: 0,80 (1ª categoria) / 0,72 (2ª categoria);
- Fator de eficiência: 0,83.

De posse destas informações, torna-se possível o cálculo da produção horária dos serviços de escavação, carga e transporte de materiais de 1ª e 2ª categorias com escavadeira hidráulica, conforme apresentado nas expressões abaixo:

a) Materiais de 1ª Categoria

$$P = \frac{60 \times C \times Fca \times Fcv \times Fe}{Tc}$$

onde:

C representa a capacidade da caçamba = 1,50 m³;

Fca representa o Fator de Carga = 1,00 (materiais de 1ª categoria);

Fcv representa o Fator de Conversão = 0,80 (materiais de 1ª categoria);

Fe representa o Fator de Eficiência = 0,83;

Tc representa o tempo total de ciclo = 0,27 min.

Substituindo os valores:

$$P = \frac{60 \times 1,50 \times 1,00 \times 0,80 \times 0,83}{0,27} = 221,33 \text{ m}^3/\text{h}$$

b) Materiais de 2ª Categoria

$$P = \frac{60 \times C \times Fca \times Fcv \times Fe}{Tc}$$

onde:

C representa a capacidade da caçamba = 1,50 m³;

Fca representa o Fator de Carga = 0,80 (materiais de 2ª categoria);

Fcv representa o Fator de Conversão = 0,72 (materiais de 2ª categoria);

Fe representa o Fator de Eficiência = 0,83;

Tc representa o tempo total de ciclo = 0,34 min.

Substituindo os valores:

$$P = \frac{60 \times 1,50 \times 0,80 \times 0,72 \times 0,83}{0,34} = 126,55 \text{ m}^3/\text{h}$$

2.10.1.2. Caminhões

Para o cálculo das velocidades médias dos caminhões foram utilizados os mesmos critérios anteriormente adotados para os serviços de escavação, carga e transporte de materiais com utilização de carregadeira de pneus.

2.10.2. Critérios de Medição

Os serviços de escavação, carga e transporte de materiais com a utilização de escavadeira hidráulica e de caminhões basculantes devem ser medidos em m³, em função do volume de material extraído e da respectiva dificuldade em sua extração, medido e avaliado no corte (volume "in natura"), e da distância de transporte percorrida entre o corte e o local de deposição.

A sistemática a ser empregada para execução dos serviços de escavação, carga e transporte dos materiais encontra-se disciplinada na Especificação de Serviço DNIT nº 106/2009 - Terraplenagem - Cortes.

2.11. Escavação, Carga e Transporte em Materiais de 3ª Categoria

As operações de escavação em materiais de 3ª categoria são realizadas por meio da abertura de um certo número de furos no greide, carregando-os com explosivos e detonando-os numa ordem pré-determinada. A locação e a direção dos furos, a quantidade ou razão de carga dos explosivos e a sequência de detonação constituem o chamado "plano de fogo".

O plano de fogo considerado compreende a execução de 28 furos com 2 m de afastamento e 2,50 m de espaçamento, com o comprimento da furação igual a 5,60 m, ou seja, com 0,60 m de subfuração. O referido plano considerou ainda a exploração de cortes de rocha com 5 m de altura de bancada, com a perfuração sendo realizada por perfuratriz sobre esteiras e furos com diâmetro de 64 mm.

O plano de fogo proposto foi definido em função do método proposto por Leonardo Redaelli e José Lúcio Pinheiro Geraldi.

- Altura da bancada - é a altura vertical medida do topo a praça da bancada;
- Afastamento - é a distância entre a face da bancada e uma fileira de furos ou distância entre duas fileiras de furos;
- Sub-furação - é o comprimento perfurado abaixo da praça da bancada ou do "greide" a ser atingido;
- Carga de fundo - é uma carga reforçada, necessária no fundo do furo onde a rocha é mais presa;
- Carga de coluna - é a carga localizada acima a de fundo. Não precisa ser tão concentrada quanto a de fundo, já que a rocha desta região não é tão presa;
- Tampão - parte superior do furo que não é carregado com explosivos, mas sim com terra ou outro material cuidadosamente socado. O tampão tem a finalidade de evitar que os gases provenientes da detonação escapem pela boca do furo.

2.11.1. Produção da Escavação

- Parâmetros
 - Diâmetro do furo = 64 mm;
 - Altura da bancada = 5,00 m;
 - Malha de perfuração adotada = 2,00 x 2,50 m (Afastamento x Espaçamento);
 - Quantidade de furos = 28 unidades.
- Cálculo das produções
 - Afastamento máximo
 $A = 40 \times \phi = 2,56 \text{ m}$
Afastamento adotado $A = 2,00 \text{ m}$
 - Espaçamento máximo
 $E = 1,30 \times A = 1,30 \times 2,56 = 3,33 \text{ m}$
Espaçamento adotado $A = 2,50 \text{ m}$
 - Sub furação
 $Sf = 0,30 \times A \text{ (adotado)} = 0,30 \times 2,00 = 0,60 \text{ m}$
 - Tampão
 $T = 0,70 \text{ a } 1,00 \times A = 0,70 \text{ a } 1,00 \times 2,00 = 1,40 \text{ a } 2,00 \text{ m}$
 - Altura de carga de fundo
 $Hf = 1,30 \times A = 1,30 \times 2,00 = 2,60 \text{ m}$
 - Altura de carga de coluna
 $Hc = (H + Sf) - T - Hf = 5,00 + 0,60 - 1,70 - 2,60 = 1,30 \text{ m}$
 - Volume produzido no corte por furo
 $V = A \times E \times H = 2,00 \times 2,50 \times 5,00 = 25,00 \text{ m}$
 - Volume de rocha a detonar
 $Vt = V \times \text{quantidade de furos} = 25,00 \times 28 = 700 \text{ m}^3$
 - Comprimento total a perfurar
 $(H + Sf) \times \text{quantidade de furos} = (5,00 + 0,60) \times 28 = 156,80 \text{ m}$

2.11.2. Produção dos Equipamentos

- Parâmetros
 - Velocidade de perfuração = 0,20 m/min;
 - Tempo de manuseio de 2 hastes de 3 metros, considerando 2,5 minutos para cada, em perfuratriz de esteira = 5 minutos;
 - Tempo de deslocamento entre furos = 2 minutos;
 - Tempo de posicionamento no furo = 1 minuto.
- Cálculo da produção
 - Tempo de perfuração
 $(H + Sf) / \text{velocidade de perfuração} = (5,00 + 0,60) / 0,20 = 28 \text{ minutos}$
 - Tempo total do ciclo
 $5 + 2 + 1 + 28 = 36 \text{ minutos}$
 - Produção da equipe mecânica
 $(60 \times \text{Fator de eficiência} \times A \times E \times H) / \text{tempo total do ciclo} = (60 \times 0,83 \times 2,00 \times 2,50 \times 5,00) / 36 = 34,58 \text{ m}^3/\text{h}$

2.11.3. Dimensionamento do Material Explosivo

- Razão de carga linear do fundo
 $Lf = \phi^2 / 1.000 = 64^2 / 1.000 = 4,10 \text{ kg/m}$
- Razão de carga linear de coluna
 $Lc = 40\% \times Lf = 40\% \times 4,10 = 1,6384 \text{ kg/m}$
- Carga por furo
 $Qf = (Lf \times Hf) + (Lc \times Hc) = 4,10 \times 2,60 + 1,6384 \times 1,30 = 12,78 \text{ kg}$
- Carga total por m³
 $Q = Qf / V = 12,78 / 25 = 0,51 \text{ kg/m}^3$
- Considerando 10% para o explosivo do fogacho = 0,05 kg/m³
 $\text{Total explosivo} = 0,51 + 0,05 = 0,56 \text{ kg/m}^3$

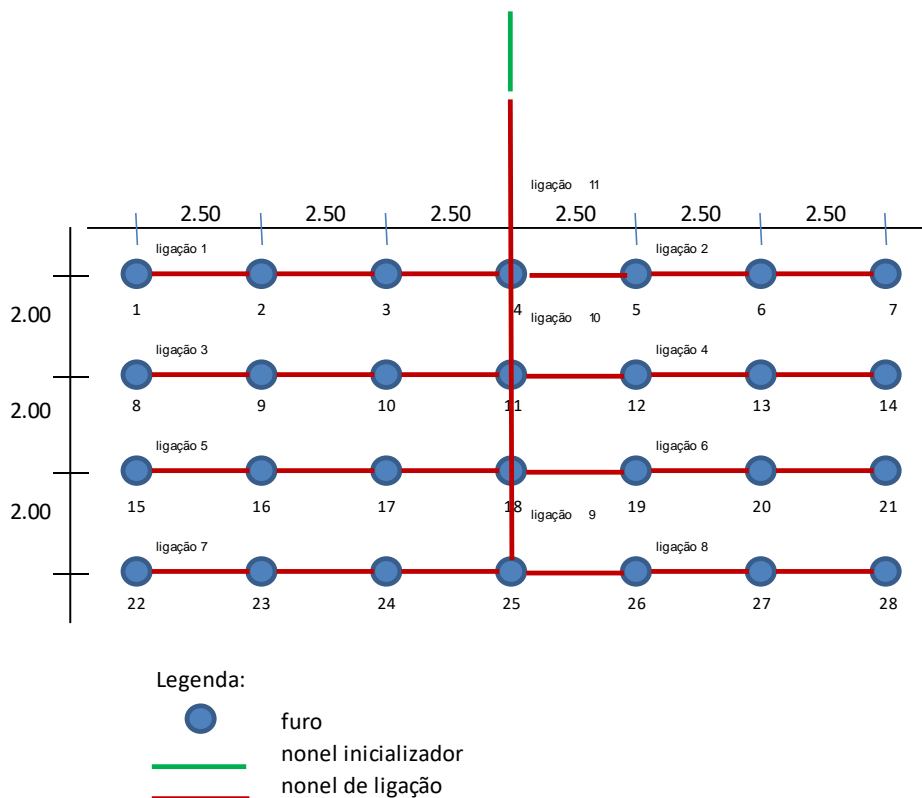
2.11.4. Plano de Fogo

A Figura 05 apresenta o plano de fogo adotado como referência para o cálculo da produção dos serviços de escavação de materiais de 3ª categoria e os respectivos consumos dos insumos.

- Nonel de iniciação
1 iniciador para 700 m³ - $1 \text{ m}^3 / 700 = 0,01429 \text{ un}$;
- Nonel de coluna (interno no furo, referência de 6 m)
28 iniciadores para 700 m³ - $28 \text{ m}^3 / 700 = 0,04000 \text{ un}$;

- Nonel de ligação
11 iniciadores para 700 m³ - 11 m³ / 700 = 0,0157 un;
- Nonel iniciador para fogacho
2 un para 0,3% do volume de cada furo - 2 x 0,003 x 2 x 2,5 x 5 = 0,15 un.

Figura 05 - Plano de fogo



2.11.5. Dimensionamento dos Equipamentos Seccionados

O cálculo dos consumos de coroa, haste, luva e punho é realizado pela aplicação da seguinte fórmula:

$$Q = \frac{TF}{(VU_x \times V)}$$

onde:

Q representa o consumo;

TF representa o total de perfuração por furo = 5,6 m;

V representa o volume produzido por furo = 25 m³;

VU_x pode ser:

VUC - representa vida útil da coroa = 500 m;

VUH - representa vida útil da haste = 650 m;

VUL - representa vida útil da luva = 650 m;

VUP - representa vida útil do punho = 800 m.

- Consumo de coroa para perfuratriz:

$$= \frac{5,6}{(500 \times 25)} = 0,00045$$

- Consumo de haste para perfuratriz:

$$= \frac{5,6}{(650 \times 25)} = 0,00034$$

- Consumo de luva para perfuratriz:

$$= \frac{5,6}{(650 \times 25)} = 0,00034$$

- Consumo de punho para perfuratriz:

$$= \frac{5,6}{(800 \times 25)} = 0,00028$$

2.11.6. Dimensionamento das Brocas - Série 12

- Consumo de série de brocas no fogacho = 130 m;

Perfuração (m) = 5% do volume escavado;

$$5\% \times (2,5 \times 2 \times 5) / 130 = 0,00962.$$

2.11.7. Transporte do Material Escavado

Quanto ao transporte dos materiais de 3ª categoria escavados, adotaram-se as seguintes premissas:

- Emprego de caminhões basculantes específicos para transporte de rocha com capacidade da caçamba de 12,0 m³;
- Estimativa das velocidades dos caminhões empregando-se os mesmos critérios adotados para transporte de materiais de 1ª e 2ª categorias, diferenciados em função dos caminhos de serviço em leito natural, revestimento primário e pavimentado;
- As composições de custos de transporte foram elaboradas por faixas com limite superior definido na distância de 3.000 metros. O transporte que exceder a essa distância deverá ser remunerado por momento de transporte, separadamente.

A Tabela 10 apresenta os tempos fixos e os fatores de correção definidos para os caminhões basculantes nas operações de escavação, carga e transporte dos materiais de 3ª categoria.

Tabela 10 - Parâmetros dos caminhões basculantes nas operações de escavação, carga e transporte de materiais de 3ª categoria

Equipamento	Tempo Fixo (min)	Fator de Carga	Fator de Conversão	Fator de Eficiência
Caminhão de 12,00 m³	4,99	0,90	0,57	0,83

Na execução de serviços de desmonte no greide da rodovia deve ser considerada a execução prévia de pré-fissuramentos laterais na bancada.

2.11.8. Critérios de Medição

Os serviços de escavação, carga e transporte de materiais de 3ª categoria devem ser medidos em m³, em função do volume de material extraído, medido e avaliado no corte (volume “in natura”), e da distância de transporte percorrida entre o corte e o local de deposição.

A sistemática a ser empregada para execução de serviços de escavação, carga e transporte dos materiais de 3ª categoria encontra-se disciplinada na Especificação de Serviço DNIT nº 106/2009 - Terraplenagem - Cortes.

2.12. Escavação, Carga e Transporte de Solos Moles

O conceito de solo mole relaciona-se aos depósitos de materiais predominantemente argilosos, com elevado teor de matéria orgânica, encontrados normalmente em planícies de sedimentação marinha ou lacustre, alagadiças e com valor de resistência à penetração no ensaio SPT inferior a 5 golpes (norma ABNT NBR-7250/1982).

Trata-se portanto de solo notadamente caracterizado por apresentar resistência ao cisalhamento extremamente baixa, alta compressibilidade, baixa tensão admissível (inferior a 0,5 kg/cm²) e relativa homogeneidade em toda a profundidade do depósito.

Devido a essas propriedades, a escavação de solos moles exige o emprego de escavadeiras hidráulicas dotadas de esteiras com sapatas largas, objetivando reduzir a pressão de contato aplicada ao solo. Além disso, seu transporte deve ser realizado com caminhões dotados de caçambas estanques para impedir a perda de material durante o deslocamento.

Importa ainda destacar que a classificação de solos como moles limita-se apenas aos materiais caracterizados pela baixa resistência à penetração, pela baixa resistência ao cisalhamento e pela baixa tensão admissível, conforme limites e definições dos normativos vigentes, não podendo ser estendida a todos os solos saturados, seja pela elevação do lençol freático ou pela incidência de chuvas, e que não apresentam as mesmas dificuldades de escavação e transporte.

2.12.1. Produção dos Equipamentos

Para a definição dos custos de escavação dos solos moles, adotou-se a escavadeira hidráulica de longo alcance, com os seguintes parâmetros: capacidade da concha de 0,6 m³, fator de carga de 0,80, fator de conversão de 0,80, fator de eficiência de 0,83 e tempo total de ciclo igual a 0,42 min.

A produção horária da escavadeira hidráulica de longo alcance encontra-se calculada conforme expressão abaixo:

$$P = \frac{60 \times C \times Fca \times Fcv \times Fe}{Tc}$$

onde:

C representa a capacidade de concha = 0,60 m³;

Fca representa o Fator de Carga = 0,80;

Fcv representa o Fator de Conversão = 0,80;

Fe representa o Fator de Eficiência = 0,83;

Tc representa o tempo total de ciclo = 0,42 min.

Substituindo os valores:

$$P = \frac{60 \times 0,60 \times 0,80 \times 0,80 \times 0,83}{0,42} = 45,53 \text{ m}^3/\text{h}$$

Para as operações de transporte foram definidos caminhões dotados de caçamba de 14,00 m³ e faixas de distâncias entre 0 a 3.000 m. O transporte que exceder a esse limite superior deverá ser remunerado por momento de transporte, separadamente.

Para estimativa das velocidades de deslocamento, foram empregados os mesmos critérios anteriormente adotados para as demais categorias de materiais, diferenciando-os em função dos tipos de caminhos de serviço, a saber: em leito natural, em revestimento primário e pavimentado.

2.12.2. Critérios de Medição

Os serviços de escavação, carga e transporte de solos moles devem ser medidos em m³, em função do volume de material extraído, medido e avaliado no corte (volume “in natura”), e da distância de transporte percorrida entre o corte e o local de deposição.

A sistemática a ser empregada para execução dos serviços de escavação, carga e transporte dos materiais de 3ª categoria encontra-se disciplinada na Especificação de Serviço DNIT nº 106/2009 - Terraplenagem - Cortes.

2.13. Escavação em Material de 3ª Categoria com Escavadeira Hidráulica Acoplada a um Martelo Rompedor Hidráulico

As operações de escavação em materiais de 3ª categoria também podem ser realizadas com a utilização de uma escavadeira hidráulica, acoplada a um martelo rompedor hidráulico, conforme demonstrado nas Figuras 06 e 07. Esta solução é indicada quando não for possível a utilização de explosivos e é particularmente recomendada em desmontes próximos da pista.

Figura 06 - Escavação com escavadeira hidráulica acoplada a rompedor hidráulico**Figura 07 - Martelo rompedor hidráulico**

A escavação é realizada em duas etapas, sendo uma de desmonte primário e outra de desmonte secundário. No desmonte primário, a rocha é retirada da bancada e, posteriormente, no desmonte secundário, é reduzida ao tamanho adequado para sua utilização no britador, para bota-fora ou para ser utilizada no corpo de aterro.

O custo horário da escavadeira hidráulica operando nestes serviços foi ajustado em função dos parâmetros de custo de trabalho em condições pesadas.

Consoante a natureza e a diferenciação dos materiais de 3ª categoria, foram desenvolvidas composições de custos para corte em rocha para várias faixas de resistência à compressão.

2.13.1. Critérios de Medição

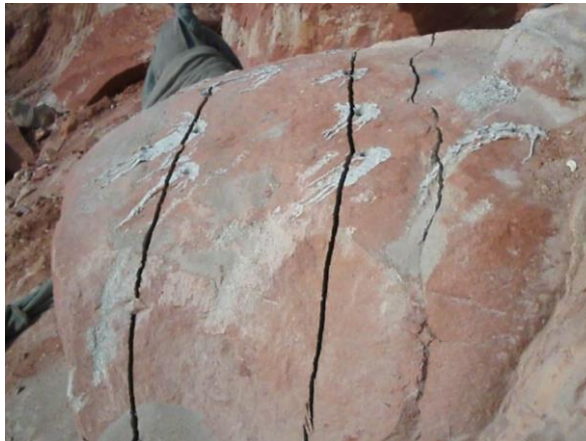
Os serviços de escavação, carga e transporte de materiais de 3ª categoria com escavadeira hidráulica, acoplada a um martelo rompedor hidráulico, devem ser medidos em m³, em função do volume de material extraído, medido e avaliado no corte (volume “in natura”), da resistência à compressão do material e da distância de transporte percorrida entre o corte e o local de deposição.

A sistemática a ser empregada para execução dos serviços de escavação, carga e transporte dos materiais de 3ª categoria encontra-se disciplinada na Especificação de Serviço DNIT nº 106/2009 - Terraplenagem - Cortes.

2.14. Desmonte de Material de 3ª Categoria a Frio com Argamassa Expansiva a Céu Aberto

O desmonte de rocha a frio é executado por meio da introdução de argamassa confeccionada com cimento expansivo na rocha perfurada por martelete. A argamassa age em função da dilatação de seu volume, exercendo uma força unitária superior a 8.000 t/m² nas paredes do furo, o que provoca fraturas no material, conforme apresentado na Figura 08, e possibilita posterior remoção dos fragmentos. O custo unitário do serviço de desmonte a frio inclui a mão de obra com seus respectivos encargos sociais, os equipamentos (escavadeira com martelo hidráulico, carregadeira e caminhão basculante para rocha de 8 m³) e os materiais necessários.

Figura 08 - Fraturas provocadas pela argamassa expansiva em materiais de 3ª categoria



2.14.1. Produção dos Equipamentos

Para o cálculo da produção do martelete perfurador/rompedor a ar comprimido nos serviços de desmonte de materiais de 3ª categoria a frio com argamassa expansiva, foram considerados os seguintes parâmetros:

- Quantidade de marteletes: 4;
- Afastamento: 0,40 m;
- Espaçamento: 0,40 m;
- Fator de eficiência: 0,83;
- Tempo de ciclo: 14 min.

2.14.2. Critérios de Medição

Os serviços de desmonte de materiais de 3ª categoria a frio com argamassa expansiva a céu aberto devem ser medidos em m³, em função do volume de material extraído, medido e avaliado no corte (volume “in natura”).

2.15. Desmonte de Rocha a Frio com Cunha Hidráulica

O desmonte de rocha a frio com cunha hidráulica é normalmente utilizado em tuneis ou em condições onde o desmonte convencional com marteletes for impraticável.

O equipamento responsável pelo desmonte consiste em uma cunha hidráulica do tipo Darda, introduzida em furos previamente realizados na rocha com martelete, conforme apresentado na Figura 09.

No caso específico dos túneis, a composição de custo do serviço inclui ainda uma carregadeira e um caminhão para contemplar o transporte o material demolido no interior do túnel em uma DMT de até 200 metros.

Figura 09 - Cunha hidráulica tipo Darda utilizada no desmonte a frio de rocha



2.15.1. Critérios de Medição

Os serviços de desmonte de rocha a frio com cunha hidráulica devem ser medidos em função do volume de material efetivamente extraído, medido e avaliado no corte, em metros cúbicos.

2.16. Desmonte Cuidadoso de Blocos de Rocha com Marteleto Pneumático

O serviço consiste no desmonte mecânico cuidadoso de blocos de rocha com a utilização de marteleto perfurador/rompedor a ar comprimido de 25 kg.

A composição de custo do serviço foi estruturada em função dos trabalhos do marteleto e do servente de apoio, o que resulta em uma produção de 0,69 m³/h.

2.16.1. Critérios de Medição

Os serviços de desmonte cuidadosos de blocos de rocha com marteleto pneumático devem ser medidos em função do volume de material efetivamente extraído, medido e avaliado no corte, em metros cúbicos.

2.17. Pré-Fissuramento de Materiais de 3ª Categoria

O pré-fissuramento de materiais de 3ª categoria consiste nos trabalhos de fogo cuidadoso que resultam em uma superfície de corte bem acabada, conforme apresentado na Figura 10, e inclui as operações de perfuração, carregamento com explosivos e detonação das rochas.

Figura 10 - Pré-fissuramento de materiais de 3ª categoria



2.17.1. Produção dos Equipamentos

Para o cálculo da produção da perfuratriz nos serviços de pré-fissuramento de materiais de 3ª categoria, foram considerados os seguintes parâmetros:

- Profundidade: 6,0 m;
- Afastamento: 0,40 m;
- Fator de eficiência: 0,83;
- Tempo de ciclo: 29 min.

2.17.2. Critérios de Medição

Os serviços de pré-fissuramento de materiais de 3ª categoria devem ser medidos em metros quadrados, em função da área da superfície no plano de fogo.

2.18. Compactação Manual e Apiloamento Manual

Os serviços de compactação manual são realizados com a utilização de um soquete vibratório, enquanto no apiloamento, os serviços são realizados por um servente com soquete manual.

O SICRO disponibiliza ainda uma composição de custo para execução de selo de argila com compactação manual com a utilização de placa vibratória.

2.18.1. Critérios de Medição

Os serviços de pré-fissuramento de materiais de 3ª categoria devem ser medidos em metros quadrados, em função da área da superfície no plano de fogo.

2.19. Compactação com Rolo Pé-de-Carneiro

A Especificação de Serviço DNIT nº 108/2009, referente à compactação de aterros, exige que o corpo do aterro deva ser executado em camadas com espessura máxima de 0,30 m, compactadas até atingirem a massa específica aparente seca correspondente a 100% da massa específica máxima seca obtida no ensaio de compactação, executado com a energia Proctor Normal.

Já as camadas finais do aterro deverão ser executadas em camadas com espessura de até 0,20 m, compactadas até atingirem um grau de compactação mínimo de 100%, em relação à massa específica máxima seca obtida no ensaio de compactação com a energia Proctor Intermediário.

2.19.1. Produção dos Equipamentos

A estimativa da produção do rolo pé-de-carneiro nos serviços de compactação foi definida em função dos seguintes parâmetros:

- Distância de operação: 150,00 m;
- Velocidade: 70,00 m/min;
- Espessura da camada: 0,20 m;
- Fator de eficiência: 0,83;
- Largura útil: 1,93 m;
- Número de passadas: 8 (Grau de Compactação \geq 100% - Proctor Normal);
- Número de passadas: 10 (Grau de Compactação \geq 100% Proctor Intermediário).

De posse destes parâmetros, torna-se possível o cálculo da produção horária do rolo pé-de-carneiro, conforme expressões apresentadas abaixo:

a) Grau de Compactação $\geq 100\%$ do Proctor Normal:

$$P = \frac{60 \times v \times Es \times Fe \times L}{Np}$$

onde:

v representa a velocidade = 70,00 m/min;

Es representa a espessura da camada = 0,20 m;

Fe representa o Fator de Eficiência = 0,83;

L representa a largura útil = 1,93 m;

Np representa o número de passadas do rolo = 8.

Substituindo os valores:

$$P = \frac{60 \times 70,00 \times 0,20 \times 0,83 \times 1,93}{8} = 168,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

b) Grau de Compactação $\geq 100\%$ do Proctor Intermediário:

$$P = \frac{60 \times V \times Es \times Fe \times L}{Np}$$

onde:

V representa a velocidade = 40,00 m/min;

Es representa a espessura da camada = 0,20 m;

Fe representa o Fator de Eficiência = 0,83;

L representa a largura útil = 1,93 m;

Np representa o número de passadas do rolo = 10.

Substituindo os valores:

$$P = \frac{60 \times 40,00 \times 0,20 \times 0,83 \times 1,93}{10} = 76,90 \text{ m}^3/\text{h}$$

2.19.2. Critérios de Medição

Os serviços de compactação de aterros devem ser medidos em metros cúbicos, em função da nota de serviço expedida e da seção transversal projetada, separando-se as parcelas referentes ao corpo e à camada final do aterro. Os referidos serviços envolvem a execução de várias operações, a saber: a descarga e o espalhamento do material em camadas, o ajuste e homogeneização da umidade do solo, a compactação propriamente dita e o respectivo acabamento do aterro.

São consideradas integrantes dos processos as operações referentes ao acabamento final da plataforma e dos taludes e à preservação ambiental destacadas na Especificação de Serviço DNIT nº108/2009 - Terraplenagem - Aterros.

2.20. Construção de Aterro com Materiais de 3ª Categoria

2.20.1. Produção dos Equipamentos

Para a construção de aterro com material rochoso foi considerado o emprego de trator de esteira com lâmina, para espalhamento mecânico e conformação das camadas, com produção sendo calculada em função dos seguintes parâmetros:

- Capacidade da lâmina: 8,70 m³;
- Distância de operação: 20,00 m;
- Fator de Carga: 0,70;
- Fator de Conversão: 0,57;
- Fator de Eficiência: 0,83;
- Número de passadas: 3;
- Tempo total de ciclo: 1,15 min.

De posse destes parâmetros, torna-se possível o cálculo da produção horária do trator de esteiras, conforme expressão apresentada abaixo:

$$P = \frac{60 \times C \times Fca \times Fcv \times Fe}{Tc \times Np}$$

onde:

C representa a capacidade da lâmina = 8,70 m³;

Fca representa o Fator de Carga = 0,70 (materiais de 3ª categoria);

Fcv representa o Fator de Conversão = 0,57 (materiais de 3ª categoria);

Fe representa o Fator de Eficiência = 0,83;

Np representa o número de passadas = 3.

Substituindo os valores:

$$P = \frac{60 \times 8,70 \times 0,70 \times 0,57 \times 0,83}{(3 \times 1,15)} = 50,11 \text{ m}^3/\text{h}$$

2.20.2. Critérios de Medição

Os serviços de construção de aterros com materiais de 3ª categoria devem ser medidos em metros cúbicos, em função da nota de serviço expedida e da seção transversal projetada. Os referidos serviços envolvem a execução de várias operações, a saber: a descarga e o espalhamento do material em camadas, o ajuste e homogeneização da umidade do solo, a compactação propriamente dita e o respectivo acabamento do aterro.

São consideradas integrantes dos processos as operações referentes ao acabamento final da plataforma e dos taludes e à preservação ambiental destacadas na Especificação de Serviço DNIT nº108/2009 - Terraplenagem - Aterros.

2.21. Compactação de Camada Final de Aterro de Rocha

2.21.1. Produção dos Equipamentos

Para a compactação de camada final de aterro com material rochoso foi considerado o emprego de uma motoniveladora, para espalhamento e conformação das camadas, e de um rolo compactador liso auto-propelido vibratório, sendo admitidos os seguintes parâmetros operacionais:

- Distância de operação: 300,00 m;
- Velocidade: 80 m/min;
- Espessura: 0,20 m;
- Fator de Eficiência: 0,83;
- Largura útil: 1,93 m;
- Número de passadas: 8.

De posse destes parâmetros, torna-se possível o cálculo da produção horária do rolo compactador, conforme expressão apresentada abaixo:

$$P = \frac{60 \times v \times E \times Fe \times L}{Np}$$

onde:

v representa a velocidade = 80,00 m/min;

Es representa a espessura = 0,20 m;

Fe representa o Fator de Eficiência = 0,83;

L representa a largura útil = 1,93 m;

Np representa o número de passadas = 8.

Substituindo os valores:

$$P = \frac{60 \times 80,00 \times 0,20 \times 0,83 \times 1,93}{8} = 192,23 \text{ m}^3/\text{h}$$

2.21.2. Critérios de Medição

Os serviços de compactação de camada final de aterro de rocha devem ser medidos em metros cúbicos, em função da nota de serviço e da seção transversal projetada. Os referidos serviços envolvem a execução de várias operações, a saber: a descarga e o espalhamento do material em camadas, o ajuste e homogeneização da umidade do solo, a compactação propriamente dita e o respectivo acabamento do aterro.

São consideradas integrantes dos processos as operações referentes ao acabamento final da plataforma e dos taludes e à preservação ambiental destacadas na Especificação de Serviço DNIT nº108/2009 - Terraplenagem - Aterros.

2.22. Camada Drenante

2.22.1. Produção dos Equipamentos

Para a execução de camada drenante de areia foi considerado apenas o emprego de um trator de esteiras com lâmina, para espalhamento e conformação, sendo admitidos os seguintes parâmetros operacionais:

- Distância de operação: 25,00 m;
- Velocidade de ida: 40 m/min;
- Velocidade de retorno: 80 m/min;
- Capacidade: 4,28 m³;
- Fator de Eficiência: 0,83;
- Número de passadas: 1.

De posse destes parâmetros, torna-se possível o cálculo da produção horária do trator de esteiras, conforme expressão apresentada abaixo:

$$P = \frac{60 \times C \times Fe \times Fcv \times Fca}{Np \times tc}$$

onde:

C representa a capacidade do trator = 4,30 m³;

Fe representa o Fator de Eficiência = 0,83;

Fcv representa o Fator de Conversão = 0,80;

Fca representa o Fator de Carga = 0,90;

Np representa o número de passadas = 1;

tc representa o tempo de ciclo = 1,09 min.

Substituindo os valores:

$$P = \frac{60 \times 4,28 \times 0,83 \times 0,80 \times 0,90}{1 \times 1,09} = 141,12 \text{ m}^3/\text{h}$$

2.22.2. Critérios de Medição

Os serviços de camada drenante de areia devem ser medidos em metros cúbicos, em função da nota de serviço expedida e da seção transversal efetivamente executada.

2.23. Limpeza Superficial de Camada Vegetal em Jazida

A limpeza superficial da camada vegetal em jazida é realizada por meio de laminagem com trator de esteiras em uma espessura de 0,15 m. A operação se processa até o enchimento da lâmina, sendo então o material transportado até fora dos limites da área de limpeza.

2.23.1. Produção dos Equipamentos

Para cálculo da produção do serviço foram utilizados os seguintes parâmetros:

- Espessura: 0,15 m;
- Capacidade da lâmina: 4,28 m³;
- Distância de operação: 15,00 m;
- Tempo total de ciclo: 0,90 min.

De posse destes parâmetros, torna-se possível o cálculo da produção horária do trator de esteiras para este serviço, conforme expressão apresentada abaixo:

$$P = \frac{60 \times C \times Fca \times Fcv \times Fe}{(Es \times Tc)}$$

onde:

C representa a capacidade da lâmina = 4,30 m³;

Fca representa o Fator de Carga = 0,90;

Fcv representa o Fator de Conversão = 0,40;

Fe representa o Fator de Eficiência = 0,83;

Es representa a espessura = 0,15 m;

Tc representa o tempo total de ciclo = 0,90 min.

Substituindo os valores:

$$P = \frac{60 \times 4,28 \times 0,90 \times 0,40 \times 0,83}{(0,15 \times 0,90)} = 568,38 \text{ m}^2/\text{h}$$

2.23.2. Critérios de Medição

Os serviços de limpeza superficial de camada vegetal de jazida devem ser medidos em metros quadrados em função da área efetivamente trabalhada, conforme preconizado na Especificação de Serviço DNIT nº104/2009 - Terraplenagem - Serviços Preliminares.

2.24. Expurgo de Jazida

2.24.1. Produção dos Equipamentos

O serviço de expurgo de jazida é executado com o mesmo trator de esteiras do serviço de limpeza superficial da camada vegetal, considerando-se os seguintes parâmetros:

- Capacidade da lâmina do trator: 4,30 m³;
- Distância de operação: 25,00 m;
- Tempo total de ciclo: 1,40 min;

De posse destes parâmetros, torna-se possível o cálculo da produção horária do trator de esteiras para este serviço, conforme expressão apresentada abaixo:

$$P = \frac{60 \times C \times Fca \times Fcv \times Fe}{Tc}$$

onde:

C representa a capacidade da lâmina do trator = 4,28 m³;

Fca representa o Fator de Carga = 0,90 (materiais de 1ª categoria);

Fcv representa o Fator de Conversão = 0,80 (materiais de 1ª categoria);

Fe representa o Fator de Eficiência = 0,83;

Tc representa o tempo total de ciclo = 0,50 min (materiais de 1ª categoria).

Substituindo os valores:

$$P = \frac{60 \times 4,28 \times 0,90 \times 0,80 \times 0,83}{1,4} = 109,62 \text{ m}^3/\text{h}$$

2.24.2. Critérios de Medição

Os serviços de expurgo de jazida devem ser medidos em metros cúbicos, em função do volume solto dos materiais.

2.25. Escavação e Carga de Material de Jazida

O serviço de escavação e carga de material de jazida pode ser executado por escavadeira hidráulica ou pelo binômio trator e carregadeira.

O SICRO disponibiliza as seguintes composições de custos para os serviços de escavação e carga de material de jazida:

- Escavação e carga com escavadeira hidráulica;
- Escavação e carga com trator de 74,5 kW e carregadeira de 1,53 m³;
- Escavação e carga com trator de 112 kW e carregadeira de 3,3 m³.

2.25.1. Produção dos Equipamentos

A Tabela 11 apresenta as produções referenciais para o serviço de escavação e carga de material de jazida em função da diferenciação dos equipamentos.

Tabela 11 - Produções dos serviços de escavação e carga de material de jazida

Descrição dos Equipamentos	Escavadeira Hidráulica	Trator de 74,5 kW e Carregadeira de 1,53 m ³	Trator de 112 kW e Carregadeira de 3,3 m ³
Produção mecânica	221,33	110,21	170,52

2.25.2. Critérios de Medição

Os serviços de escavação e carga de material de jazida devem ser medidos em metros cúbicos, em função do volume efetivamente escavado no corte. .

