



MANUAL DE CUSTOS DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES

**VOLUME 10
MANUAIS TÉCNICOS**

**CONTEÚDO 02
PAVIMENTAÇÃO
USINAGEM**

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 02
PAVIMENTAÇÃO
USINAGEM**

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 02 - Pavimentação / Usinagem

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
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 02
PAVIMENTAÇÃO
USINAGEM**

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 02 - Pavimentação / Usinagem

Revisão:
Fundação Getulio Vargas - FGV
Contrato 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 - Estrutura dos pavimentos rígido e flexível	3
Figura 02 - Execução de macadame seco	16
Figura 03 - Execução da camada de enchimento	16
Figura 04 - Execução da pintura de ligação	19
Figura 05 - Execução de micro-revestimento asfáltico a frio (1).....	24
Figura 06 - Execução de micro-revestimento asfáltico a frio (2).....	24
Figura 07 - Geogrelha bidirecional	37
Figura 08 - Geogrelha bidirecional aplicada no pavimento	38
Figura 09 - Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica ...	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Parâmetros adotados para o cálculo da produção do serviço de reforço do subleito.....	13
Tabela 02 - Parâmetros adotados para cálculo de produção dos serviços de sub-base	17
Tabela 03 - Taxas referenciais de ligantes e de agregados para tratamento superficial.....	21
Tabela 04 - Consumo de materiais por metro quadrado de lama asfáltica	23
Tabela 05 - Consumo de materiais por metro quadrado de micro-revestimento a frio	25
Tabela 06 - Consumo de materiais por unidade de volume de pré-misturado a frio	26
Tabela 07 - Consumo de materiais por tonelada de areia asfalto a quente	27
Tabela 08 - Consumo de materiais por tonelada de pré-misturado a quente.....	28
Tabela 09 - Consumo de materiais por tonelada de concreto asfáltico com ligante convencional	29
Tabela 10 - Consumo de materiais por tonelada de concreto asfáltico com ligante polimérico.....	30
Tabela 11 - Consumo de materiais por tonelada de concreto asfáltico com asfalto borracha.....	30
Tabela 12 - Relação de composições de custos para execução dos serviços de pavimento de concreto com equipamento de pequeno porte	31
Tabela 13 - Consumo de materiais por metro quadrado de pavimento de concreto executado com equipamento de pequeno porte	32
Tabela 14 - Consumo de materiais por metro cúbico de pavimento de concreto com equipamento forma-trilho	33
Tabela 15 - Consumo de materiais por metro cúbico de pavimento de concreto executado com formas deslizantes.....	33
Tabela 16 - Consumo de materiais por tonelada de concreto asfáltico reciclado a quente	36
Tabela 17 - Produção nos serviços de escavação e carga de material de jazida	39
Tabela 18 - Consumo de ligantes nos serviços de usinagem de areia asfalto	46
Tabela 19 - Consumo de ligantes nos serviços de usinagem de concreto asfáltico..	47
Tabela 20 - Consumo de materiais por tonelada de concreto asfáltico com borracha	48
Tabela 21 - Fator de temperatura da massa asfáltica	49
Tabela 22 - Fator de umidade dos agregados.....	49
Tabela 23 - Fator de altitude dos equipamentos	50
Tabela 24 - Fator de granulometria dos materiais.....	50

Tabela 25 - Consumo de materiais por tonelada de pré-misturado a quente	51
Tabela 26 - Consumo de materiais por metro cúbico de pavimento de concreto	52
Tabela 27 - Consumo de materiais por metro cúbico de sub-base de CCR	52
Tabela 28 - Consumo de materiais por metro cúbico de pavimento de CCR	53

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	3
2.	PAVIMENTAÇÃO	11
2.1.	Regularização do Subleito.....	11
2.1.1.	Produção dos Equipamentos.....	12
2.1.2.	Critérios de Medição.....	13
2.2.	Reforço do Subleito.....	13
2.2.1.	Produção dos Equipamentos.....	13
2.2.2.	Critérios de Medição.....	14
2.3.	Sub-base	14
2.3.1.	Produção dos Equipamentos.....	17
2.3.2.	Critérios de Medição.....	18
2.4.	Base.....	18
2.4.1.	Critérios de Medição.....	18
2.5.	Imprimação	19
2.5.1.	Critérios de Medição.....	19
2.6.	Pintura de ligação.....	19
2.6.1.	Critérios de Medição.....	20
2.7.	Tratamento Superficial (Simples, Duplo e Triplo).....	20
2.7.1.	Critérios de Medição.....	21
2.8.	Macadame Betuminoso por Penetração.....	21
2.8.1.	Critérios de Medição.....	22
2.9.	Lama Asfáltica	22
2.9.1.	Critérios de Medição.....	23
2.10.	Micro-revestimento a Frio com Emulsão Modificada por Polímero	23
2.10.1.	Critérios de Medição.....	25
2.11.	Micro Pré-Misturado a Quente com Asfalto Polímero	25
2.11.1.	Critérios de Medição.....	25
2.12.	Pré-Misturado a Frio.....	26
2.12.1.	Critérios de Medição.....	26
2.13.	Areia Asfalto a Quente	27
2.13.1.	Critérios de Medição.....	27
2.14.	Pré-misturado a Quente com Asfalto Polímero - Camada Porosa de Atrito	28
2.14.1.	Critérios de Medição.....	28

2.15.	Concreto Asfáltico	29
2.15.1.	Concreto Asfáltico com Ligante Convencional	29
2.15.2.	Concreto Asfáltico com Asfalto Polímero	30
2.15.3.	Concreto Asfáltico com Asfalto-Borracha.....	30
2.15.4.	Critérios de Medição	30
2.16.	Pavimentos de Concreto	31
2.16.1.	Pavimento de Concreto com Equipamento de Pequeno Porte	31
2.16.2.	Pavimento de Concreto com Equipamento Forma-Trilho	32
2.16.3.	Pavimento de Concreto com Equipamento de Forma Deslizante.....	33
2.16.4.	Critérios de Medição	34
2.17.	Fresagem de Revestimento Asfáltico	34
2.17.1.	Critérios de Medição	34
2.18.	Reciclagem do Pavimento.....	35
2.18.1.	Critérios de Medição	36
2.19.	Concreto Asfáltico Reciclado a Quente em Usina com Adição de Asfalto e Brita.....	36
2.19.1.	Critérios de Medição	36
2.20.	Manta Sintética para Recapeamento Asfáltico.....	37
2.20.1.	Critérios de Medição	37
2.21.	Geogrelha Bidirecional.....	37
2.21.1.	Critérios de Medição	38
2.22.	Escavação e Carga de Material de Jazida.....	38
2.22.1.	Produção dos Equipamentos	38
2.22.2.	Critérios de Medição	40
3.	USINAGEM.....	43
3.1.	Usinagem de Solo Brita.....	43
3.2.	Usinagem de Solo Brita com Cimento	43
3.3.	Usinagem de Solo Areia	43
3.4.	Usinagem de Brita Graduada.....	44
3.5.	Usinagem de Brita Graduada Tratada com Cimento	44
3.6.	Usinagem de Solo Melhorado com Cimento	44
3.7.	Usinagem de Solo Cimento.....	45
3.8.	Usinagem de Solo-Escória de Aciaria.....	45
3.9.	Usinagem de Pré-Misturado a Frio	45
3.10.	Usinagem de Pré-Misturado a Frio com Asfalto Polímero	46

3.11.	Usinagem de Areia Asfalto a Quente	46
3.12.	Usinagem de Concreto Asfáltico (com e sem Polímero)	47
3.13.	Usinagem de Concreto Asfáltico com Borracha	48
3.14.	Usinagem de Pré-misturado a Quente com Asfalto Polímero - Camada Porosa de Atrito.....	51
3.15.	Usinagem para Pavimento de Concreto com Formas Deslizantes	51
3.16.	Usinagem para Sub-base de Concreto Compactado com Rolo - CCR	52
3.17.	Usinagem para Pavimento de Concreto Compactado com Rolo - CCR	53
3.18.	Usinagem de Concreto Asfáltico para Reciclagem em Usina Fixa com Adição de Asfalto	53
3.19.	Usinagem a Frio com Espuma de Asfalto de Concreto Asfáltico Reciclado com Adição de Agregado Comercial e Cimento	54

1. INTRODUÇÃO

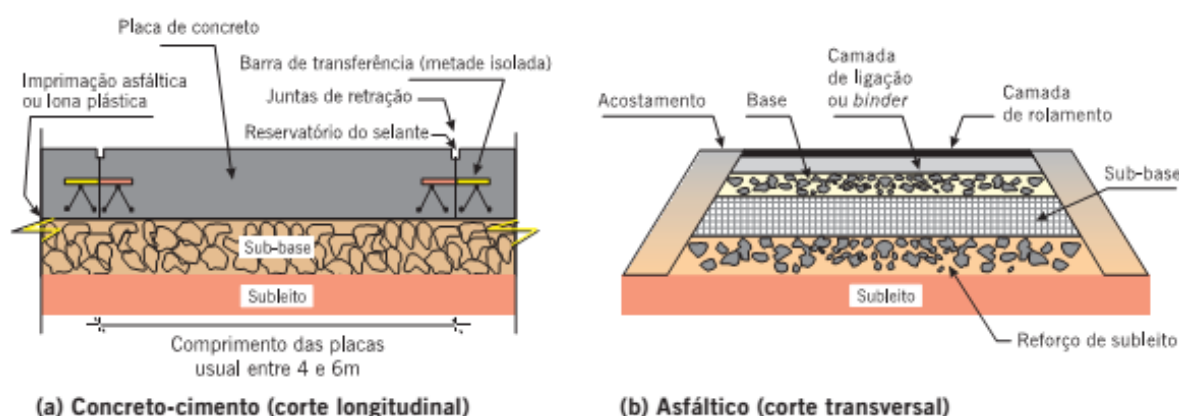
1. INTRODUÇÃO

O pavimento corresponde a uma estrutura de múltiplas camadas com espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, além de propiciar aos usuários melhorias nas condições de rolamento, conforto, economia e segurança.

A classificação do pavimento rodoviário é realizada tradicionalmente em dois tipos básicos, a saber: flexíveis e rígidos. A tendência atual é se utilizar a nomenclatura de pavimentos de concreto de cimento Portland (ou simplesmente pavimentos de concreto) e pavimentos asfálticos, em função do tipo de revestimento.

A Figura 01 ilustra a estrutura típica dos pavimentos rígido e flexível.

Figura 01 - Estrutura dos pavimentos rígido e flexível



Os pavimentos asfálticos são normalmente constituídos de quatro camadas: revestimento, base, sub-base e reforço do subleito. O revestimento é composto por uma mistura constituída basicamente de agregados pétreos e ligante asfáltico, sendo a camada superior destinada a resistir diretamente às ações do tráfego e transmiti-las de forma atenuada às camadas inferiores, além de impermeabilizar o pavimento e melhorar as condições de conforto e segurança da via.

Nos pavimentos de concreto, o revestimento é constituído de placas de concreto de cimento Portland, que podem ser armadas ou não, executadas sobre uma camada designada de sub-base, dispensando a execução da camada de base. A camada de sub-base pode ser executada com material granular, à semelhança dos pavimentos asfálticos, ou com concreto compactado com rolo, em função do tráfego solicitante e da vida útil desejada.

Em ambos os casos, pode ser necessária a execução do reforço do subleito, que consiste em uma camada com espessura constante, executada quando o subleito possui baixa capacidade de suporte e também permite reduzir a espessura da sub-base. Esta camada de reforço deve possuir características técnicas superiores ao material do subleito original e inferiores ao material da sub-base.

A sub-base é a camada complementar à base, com espessura variável, executada quando, por motivos técnicos ou financeiros, não for possível construir somente a camada de base sobre a regularização ou reforço do subleito. Ela pode ser utilizada para reduzir a espessura da base, exercendo as mesmas funções, de forma complementar a esta última. A sub-base tem como função básica resistir às cargas transmitidas pela base e controlar a ascensão capilar da água, quando for o caso.

A base é a camada estruturalmente mais importante do pavimento. Sua capacidade estrutural será dada pelas propriedades de resistência e rigidez de cada material nela empregado. Tem como função resistir e distribuir os esforços provenientes da ação do tráfego, atenuando a transmissão destes esforços às camadas subjacentes. A base geralmente é construída com materiais estabilizados granulometricamente ou quimicamente, através de aditivos como cal, cimento, betume, entre outros.

O revestimento tem a função de melhorar a superfície de rolamento quanto às condições de conforto e segurança, além de resistir ao desgaste, uma vez que recebe diretamente a ação do tráfego.

O material de revestimento pode ser fabricado em usina específica (misturas usinadas), fixa ou móvel, ou preparado diretamente na própria pista (tratamentos superficiais). Os revestimentos são também identificados quanto ao tipo de ligante: a quente com o uso de CAP (cimento asfáltico de petróleo), ou a frio com o uso de EAP (emulsões asfálticas de petróleo).

As misturas usinadas podem ser classificadas quanto à distribuição granulométrica em: densas, abertas, contínuas e descontínuas. A mistura de agregados e ligante é realizada em usina estacionária e transportada por caminhão para a pista, onde é lançada por equipamento apropriado. As exigências de características mecânicas do projeto da mistura são definidas em função da aplicação a que se destina. Um dos tipos mais empregados no Brasil é o concreto asfáltico, também denominado concreto betuminoso usinado a quente - CBUQ.

Os chamados tratamentos superficiais consistem em aplicação de ligantes asfálticos e agregados sem mistura prévia, na pista, com posterior compactação que promove o recobrimento parcial e a adesão entre agregados e ligantes.

Em casos de recomposição da capacidade estrutural ou funcional, além dos tipos descritos, é possível ainda lançar mão de outros tipos de misturas asfálticas que se processam em usinas móveis especiais que promovem a mistura agregados-ligante imediatamente antes da colocação no pavimento, podendo ser separadas em misturas novas, relativamente fluidas (lama asfáltica e micro revestimento), e misturas recicladas com uso de fresadoras-recicladoras.

Cada uma dessas misturas tem requisitos próprios de dosagem e atendem a certa finalidade, sempre associadas a espessuras calculadas em função do tráfego e do tipo de materiais existentes nas outras camadas.

Para o dimensionamento das patrulhas envolvidas em cada composição de custo unitária utilizou-se o conceito de utilização produtiva/improdutiva.

Durante a hora produtiva, o equipamento encontra-se dedicado ao serviço, com seus motores ou acionadores em funcionamento. Neste caso, o equipamento encontra-se efetivamente executando uma tarefa na frente de serviço. Na hora improdutivo, o equipamento encontra-se parado, com o motor desligado e em situação de espera, aguardando que algum outro membro da patrulha mecânica conclua sua parte, de modo a garantir frente para que ele possa atuar.

O formato das composições de custos em base horária/unitária foi preservado, alterando-se o conceito de produtivo e improdutivo dos equipamentos do Sicro 2. No SICRO, a parcela improdutivo apenas será remunerada nos serviços realizados por patrulha de equipamentos e cuja espera seja inerente ao equilíbrio das produções.

O coeficiente de utilização produtivo é o quociente da produção da equipe pela produção de cada tipo de equipamento e deve sempre ser menor ou igual a 1. O coeficiente de utilização improdutivo é obtido por meio desta diferença.

O custo de transporte deve ser pago por momento de transporte, cujas unidades de medição são tkm. Veículos como o caminhão tanque, o caminhão distribuidor de cimento e o caminhão espargidor possuem distância mínima já considerada na planilha de produção de equipe mecânica.

Se a distância for superior, o excedente deve ser pago por meio de momento de transporte e em função do tipo de revestimento da via, que podem ser: leito natural, revestimento primário ou pavimentada.

As operações relativas a carga, descarga e manobra tiveram seus tempos fixos apropriados em composições específicas no SICRO, incluídas nos serviços a que se destinam, em substituição a metodologia de caminhões equivalentes no Sicro 2.

As composições de custos referentes à remuneração do tempo fixo foram concebidas a partir da definição da produção horária do equipamento carregador e, portanto, independem da produção do serviço onde estão inseridas.

Entretanto, em casos específicos, o tempo de carga do equipamento transportador é função da produção horária de um equipamento que cumpre a função de carga, mesmo que este último não conste da composição de custos do tempo fixo. Essa situação pode ser ilustrada para o tempo de carga do material fresado, que é determinado a partir da produção horária da fresadora.

Em situações análogas à acima descrita, em que um equipamento define o tempo de carga de um material específico, embora não faça parte da estrutura analítica da composição de custos do tempo fixo, qualquer alteração em sua especificação deve ser acompanhada pelo engenheiro orçamentista de forma a permitir que os parâmetros de referência originais do SICRO sejam ajustados à nova situação.

Para fins de transporte, o SICRO adota a massa específica aparente natural $\gamma = 1,875 \text{ kg/m}^3$ para solos provenientes de escavação.

Em função dos processos de armazenamento dos insumos, usinagem, transporte e execução das misturas asfálticas usinadas foi incorporada a perda de 2% às composições de custos que remuneram tais serviços.

Como forma de ajustar os custos de usinagem de concreto asfáltico com borracha às reais condições de sua operação, foi adotado um fator de temperatura que implica em redução de 15% na produção horária do serviço. A inclusão deste fator deve-se à necessidade de aquecimento adicional da mistura com borracha em relação à temperatura requerida para a usinagem dos ligantes convencionais.

É importante destacar que os parâmetros médios adotados para a definição dos custos de referência dos serviços constantes do SICRO encontram-se sujeitos a ajustes durante a fase de elaboração do projeto, desde que tais alterações sejam acompanhadas de justificativas técnicas, devidamente avaliadas pelos entes responsáveis pela sua aprovação.

Outro ajuste implementado no SICRO se refere à inclusão do serviço de escavação, carga e transporte de material de jazida com escavadeira hidráulica, que otimiza a obtenção de solo para fins de pavimentação.

O SICRO apresenta composições de custos de pavimentação rodoviária para os seguintes serviços:

- Regularização do subleito;
- Reforço do subleito;
- Sub-base;
- Base;
- Imprimação;
- Pintura de ligação;
- Tratamento superficial (simples, duplo e triplo);
- Macadame betuminoso;
- Lama asfáltica;
- Micro revestimento a frio;
- Pré-misturado a frio;
- Areia asfalto a quente;
- Concreto asfáltico;
- Pré-misturado a quente;
- Pavimento de concreto compactado com rolo;
- Pavimento de concreto de cimento Portland;
- Fresagem de revestimentos;
- Estabilização de base;
- Reciclagem de pavimentos.

A execução das camadas de sub-base e de base de pavimentos exige normalmente a mistura de dois ou mais materiais, de forma a serem obedecidos os requisitos tecnológicos exigidos nas especificações técnicas de execução dessas camadas. Assim, mostra-se bastante frequente a utilização de misturas solo-brita, solo-cimento, solo-brita-cimento e solo-escória para confecção de camadas do pavimento, que podem ser misturados na pista ou em usina próprias.

As composições de custos de usinagem são utilizadas como auxiliares nos serviços de pavimentação e foram elaboradas admitindo traços de misturas, tipos de agregados e condições de aquisição definidas pelos serviços principais.

O SICRO apresenta composições de custos para os seguintes serviços de usinagem:

- Usinagem de solo brita;
- Usinagem de solo brita com cimento;
- Usinagem de solo areia;
- Usinagem de brita graduada;
- Usinagem de brita graduada tratada com cimento;
- Usinagem de solo melhorado com cimento;
- Usinagem de solo cimento;
- Usinagem de pré-misturado a frio (com e sem polímero);
- Usinagem de areia-asfalto a quente (com e sem polímero);
- Usinagem de concreto asfáltico (com e sem polímero);
- Usinagem de pré-misturado a quente (com polímero);
- Usinagem para pavimento de concreto;
- Usinagem para sub-base de concreto compactado com rolo;
- Usinagem de concreto asfáltico para reciclagem;
- Usinagem de concreto asfáltico com borracha;
- Usinagem a frio com espuma de asfalto de concreto asfáltico reciclado com adição de agregado comercial e cimento.

2. PAVIMENTAÇÃO

2. PAVIMENTAÇÃO

2.1. Regularização do Subleito

O serviço consiste em uma operação destinada a conformar o leito estradal, transversal e longitudinalmente, obedecendo às larguras e cotas constantes das notas de serviço de regularização de terraplenagem do projeto, compreendendo cortes ou aterros de até 20 cm de espessura.

O SICRO apresenta duas composições de custos para esse serviço, de acordo com a Especificação de Serviço DNIT nº 137/2010:

- Regularização do subleito;
- Regularização do subleito com fresagem, corte e controle automático de greide.

Na primeira composição de custo, o serviço de corte e reconformação geométrica do subleito é executado com motoniveladora e na segunda é executado por um equipamento fresador/distribuidor com controle automático de greide.

A equipe mecânica é complementada pelos seguintes equipamentos:

- Grade de discos rebocável;
- Trator agrícola;
- Caminhão tanque - capacidade 10.000 l;
- Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido;
- Rolo compactador de pneus autopropelido.

O equipamento fresador e o distribuidor de solos executam o serviço de regularização do subleito numa única passagem e é o líder dessa equipe mecânica. Este equipamento possui capacidade de descartar o excesso de material porventura existente, garantindo a geometria da seção-tipo do projeto com grande produtividade.

A base de seu funcionamento está na utilização de uma linha paralela ao greide projetado, que deve ser materializada no terreno pela equipe de topografia. O equipamento possui um sensor eletrônico que se desloca sobre essa linha e transmite para os comandos da máquina as posições corretas para seus instrumentos de corte, para que, tanto longitudinal (greide) quanto transversalmente (abaulamento), a superfície acabada fique nas cotas corretas do projeto.

2.1.1. Produção dos Equipamentos

a) Motoniveladora:

- Velocidade de operação: 115 m/min;
- Largura da lâmina: 3,55 m;
- Superposição longitudinal entre as passadas: 0,20 m;
- Largura útil da lâmina: 3,35 m;
- Fator de eficiência: 0,83;
- Número de passadas: 6;
- Tempo fixo: 0,25 min;
- Tempo de ciclo: 5,47 min (para D = 300,00 m).

A produção da motoniveladora pode ser definida por meio da seguinte fórmula:

$$P = \frac{60 \times D \times Fe \times L}{Np \times Tc} = \frac{60 \times 300 \times 0,83 \times 3,35}{6 \times 5,47} = 1.524,95 \text{ m}^2$$

onde:

P representa a produção horária;

D representa a distância;

Fe representa o fator de eficiência;

L representa a largura útil da lâmina;

Np representa o número de passadas;

Tc representa o tempo de ciclo.

O equipamento líder dessa equipe mecânica é o rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido, com produção horária de 841,00 m², o que resulta em uma utilização produtiva da motoniveladora de 0,55.

b) Equipamento fresador e distribuidor com controle automático de greide

- Velocidade de operação: 12 m/min;
- Largura útil: 3,60 m;
- Fator de eficiência: 0,83.

A produção mecânica do equipamento fresador e distribuidor pode ser definida por meio da seguinte fórmula:

$$P = 60 \times Fe \times L \times Vo = 60 \times 0,83 \times 3,60 \times 12 = 2.151,36 \text{ m}^2$$

onde:

P representa a produção horária;

Fe representa o fator de eficiência;

L representa a largura útil;

Vo representa a velocidade de operação.

2.1.2. Critérios de Medição

A medição do serviço de regularização do subleito deve ser realizada em função da área de plataforma efetivamente executada.

2.2. Reforço do Subleito

O serviço consiste na execução, sobre o subleito regularizado e compactado, de uma camada de solo estabilizado granulometricamente, com objetivo de reduzir as espessuras das camadas do pavimento, no caso de baixa capacidade de suporte do subleito. Os materiais normalmente utilizados são solos ou misturas de solos, extraídos de jazidas, desde que sua qualidade seja superior à do subleito.

O SICRO apresenta uma composição de custo para o serviço de reforço do subleito, de acordo com a Especificação de Serviço DNIT 138/2010, a saber:

- Reforço do subleito com material de jazida produzido.

A equipe mecânica empregada nos serviços de reforço do subleito é composta pelos seguintes equipamentos:

- Grade de discos rebocável;
- Motoniveladora;
- Rolo compactador de pneus autopropelido;
- Caminhão tanque com capacidade de 10.000 l;
- Trator agrícola;
- Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido.

2.2.1. Produção dos Equipamentos

A Tabela 01 apresenta os parâmetros operacionais dos equipamentos adotados para cálculo da produção mecânica dos serviços de reforço do subleito.

Tabela 01 - Parâmetros adotados para o cálculo da produção do serviço de reforço do subleito

Equipamento	Fator de Eficiência	Largura Útil (m)	Número de Passadas	Tempo Fixo (min)	Tempo de Ciclo (min)	Velocidade de Ida (m/min)	Velocidade de Retorno (m/min)
Trator agrícola com grade de disco rebocável	0,83	2,45	6	-	-	80,00	80,00
Motoniveladora		3,35	8	0,25	5,70	110,00	110,00
Rolo compactador de pneus		2,10	6	-	-	67,00	-
Caminhão tanque		-	-	38	50,00	833,33	833,33
Rolo compactador pé de carneiro		1,93	10	-	-	90,00	90,00

2.2.2. Critérios de Medição

A medição do serviço de reforço do subleito deve ser realizada em metros cúbicos, considerando o volume efetivamente executado.

Para remuneração do transporte do material de reforço do subleito, devem ser utilizadas as composições de custos específicas de momento de transporte. O volume deve ser calculado em função das larguras e espessuras médias obtidas no controle geométrico, não sendo consideradas quantidades superiores às indicadas no projeto.

2.3. Sub-base

A sub-base consiste em uma camada complementar à base, executada sobre o subleito ou reforço do subleito, devidamente compactado e regularizado, visando melhorar a distribuição das tensões verticais e também contribuir para as condições de drenagem do pavimento.

O SICRO apresenta composições de custos para os seguintes tipos de sub-base:

- Sub-base de solo estabilizado granulometricamente sem mistura;
- Sub-base de solo estabilizado granulometricamente com mistura de solos;
- Sub-base de solo estabilizado granulometricamente com mistura solo-areia;
- Sub-base de solo estabilizado granulometricamente com mistura solo-brita;
- Sub-base de solo estabilizado granulometricamente com mistura solo-brita-cimento;
- Sub-base de solo estabilizado granulometricamente com mistura solo-escória de aciaria;
- Sub-base de solo melhorado com cimento;
- Sub-base de solo-cimento;
- Sub-base de brita graduada;
- Sub-base de brita graduada tratada com cimento;
- Sub-base de concreto compactado com rolo;
- Sub-base de concreto de cimento;
- Sub-base de concreto adensado por vibração;
- Sub-base de macadame hidráulico;
- Sub-base de macadame seco.

Quando a sub-base for constituída por solo proveniente de uma única jazida, é necessário apenas promover a homogeneização da camada espalhada, visando uniformizar suas características geotécnicas. Quando se trata de mistura de solos ou de solo com areia, a mistura pode ser realizada na pista ou preferencialmente em usina de solos, com composições de custos específicas para cada caso.

A mistura na pista mostra-se particularmente recomendável nos casos em que as jazidas de materiais a serem misturados se encontram regularmente distribuídas ao longo do trecho em construção, eliminando os custos com transporte até a usina.

No SICRO estão tratados separadamente os casos em que a areia e a brita são obtidos comercialmente ou extraídas e produzidas pelo executante. No caso de haver a necessidade de extração de material de jazida em propriedade privada, é prevista na legislação a indenização do superficiário, cujo valor deve ser definido durante a fase de elaboração de orçamento.

Para as misturas de solo e areia, são previstas composições de custos com a proporção, em massa, de 70-30%, com a possibilidade de mistura em usina ou diretamente na pista.

Para as misturas de solo e brita, são apresentadas composições de custos para a proporção, em massa, de mistura 70-30%, com mistura em usina e na pista. São também apresentadas composições de custos envolvendo misturas de solo e brita com adição de 3%, em massa, de cimento em usina.

Para as misturas de solo e escória de aciaria são previstas composições para a proporção, em massa, de 50-50%, com mistura sendo realizada em usina e na pista.

Para a sub-base de solo melhorado com cimento, foi considerado, como referência, o teor de 4% de cimento, em massa, tanto para mistura em usina quanto na pista. Já para a sub-base de solo-cimento, é apresentada a composição de custo com o teor de 7% de cimento. Em ambos os casos, os materiais dessas sub-bases podem ser misturados na pista ou em usina misturadora.

Para a sub-base de brita graduada, foram desenvolvidas composições de custos considerando tanto a brita comercial quanto a produzida. Admite-se que o preparo da mistura seja realizado apenas em usina, apresentando-se uma composição específica para este fim. O espalhamento na pista pode ser realizado com distribuidor de agregados ou com vibroacabadora e a compactação com rolo compactador liso autopropelido vibratório e rolo de pneu autopropelido. O mesmo tratamento foi dado às sub-bases de brita graduada tratadas com cimento - BGTC, onde foram consideradas as possibilidades de utilização de brita comercial ou produzida, com a mistura sendo executada apenas em usinas.

Para a sub-base de concreto compactado com rolo - CCR, foram desenvolvidas composições de custos com emprego de brita comercial e produzida pelo executante, admitindo-se um consumo médio de cimento de 120 kg/m³, além de duas composições específicas para usinagem desse material. Para aplicação do CCR, foi prevista a utilização de vibroacabadora de asfalto, com a compactação sendo realizada apenas com rolo liso vibratório.

Para execução da sub-base de concreto de cimento Portland, foram desenvolvidas composições de custos prevendo a utilização de equipamentos de pequeno porte: betoneira a gasolina de 600 l, régua vibratória e transportador manual (gerica e carrinho de mão). De forma similar às demais composições de custos, os agregados podem ser obtidos de forma comercial ou diretamente produzidos pelo executante.

Já a sub-base de macadame hidráulico pode ser executada com brita comercial ou produzida e para sua aplicação foi admitido o emprego de um distribuidor de agregados autopropelido.

O macadame seco consiste em uma camada granular compactada composta por agregados graúdos, preenchidos a seco por agregados miúdos, cuja estabilidade é obtida por meio de ação mecânica enérgica de compactação. Sua execução é realizada em três etapas: uma camada de bloqueio, uma camada de agregado graúdo e uma camada final de enchimento (ou travamento).

As Figuras 02 e 03 ilustram o serviço de macadame seco, com destaque para execução da camada de enchimento com agregado miúdo.

Figura 02 - Execução de macadame seco



Figura 03 - Execução da camada de enchimento



As composições de custos do SICRO para o serviço de macadame seco consideram uma espessura média final de 20 cm, com os agregados miúdos sendo responsáveis pelo preenchimento dos vazios do material graúdo.

A equipe mecânica adotada na execução do serviço de macadame seco é composta pelos seguintes equipamentos:

- Motoniveladora;
- Distribuidor de agregados autopropelido;
- Rolo compactador liso autopropelido vibratório.

O cálculo das produções mecânicas dos equipamentos foi realizado utilizando-se os mesmos parâmetros operacionais adotados nos serviços anteriores.

Para execução da sub-base de macadame seco, foi admitida a utilização de um distribuidor de agregado autopropelido e a seguinte composição granulométrica:

- 0,15 m³ de pedrisco;
- 1,10 m³ de brita 4;
- 0,15 m³ de pó de pedra.

A equipe mecânica básica adotada para execução da sub-base sem mistura é constituída de:

- Grade de discos rebocável;
- Motoniveladora;
- Rolo compactador de pneus autopropelido;
- Caminhão tanque - capacidade 10.000 l;
- Trator agrícola;
- Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido.

2.3.1. Produção dos Equipamentos

A Tabela 02 apresenta os parâmetros operacionais dos equipamentos adotados para cálculo da produção mecânica dos serviços de execução de sub-base sem mistura.

Tabela 02 - Parâmetros adotados para cálculo de produção dos serviços de sub-base

Equipamento	Fator de Eficiência	Largura Útil (m)	Número de Passadas	Tempo Fixo (min)	Tempo de Ciclo (min)	Velocidade de Ida (m/min)	Velocidade de Retorno (m/min)
Trator agrícola com grade de disco rebocável	0,83	2,45	6	-	-	80,00	80,00
Motoniveladora		3,35	8	0,25	5,70	110,00	110,00
Rolo compactador de pneus		2,10	6	-	-	67,00	-
Caminhão tanque		-	-	38	50,0	833,33	833,33
Rolo compactador pé de carneiro		1,93	8	-	-	90,00	90,00

2.3.2. Critérios de Medição

A medição dos serviços de execução de sub-base deve ser realizada em metros cúbicos, incluindo mão de obra, equipamentos e materiais e considerando o volume efetivamente executado. Os custos associados ao transporte do material granular até a pista devem ser apropriados em composições específicas.

2.4. Base

A base é a camada do pavimento destinada a resistir aos esforços verticais oriundos dos veículos, distribuindo-os adequadamente à camada subjacente, executada sobre a sub-base, subleito ou reforço do subleito devidamente regularizado e compactado.

O SICRO apresenta composições de custos para os seguintes tipos de base:

- Base de solo estabilizado granulometricamente sem mistura;
- Base de solo estabilizado granulometricamente com mistura de solos;
- Base de solo estabilizado granulometricamente com mistura solo-areia;
- Base de solo estabilizado granulometricamente com mistura solo-brita;
- Base de solo estabilizado granulometricamente com mistura solo-brita-cimento;
- Base de solo estabilizado granulometricamente com mistura solo-escória de aciaria;
- Base de solo melhorado com cimento;
- Base de solo-cimento;
- Base de brita graduada;
- Base de brita graduada tratada com cimento;
- Base de macadame hidráulico;
- Base de macadame seco.

As composições de custos para execução dos serviços de base se apresentam idênticas às de sub-base na maioria dos tipos, excetuando-se apenas as de base de solo melhorado com cimento. A separação observada nas composições de custos de solo melhorado com cimento mostra-se necessária em virtude da diferenciação das energias de compactação entre as camadas.

2.4.1. Critérios de Medição

A medição dos serviços de execução de base deve ser realizada em metros cúbicos, incluindo mão de obra, equipamentos e materiais e considerando o volume efetivamente executado. Os custos associados ao transporte do material granular até a pista devem ser apropriados em composições específicas.

2.5. Imprimação

A imprimação consiste na aplicação de camada de material asfáltico sobre a superfície da base concluída, antes da execução de um revestimento asfáltico qualquer, objetivando conferir coesão superficial, impermeabilização e permitir condições de aderência entre esta e o revestimento a ser executado.

A execução do serviço de imprimação é realizada pela seguinte equipe mecânica:

- Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l;
- Vassoura mecânica rebocável;
- Tanque de estocagem de asfalto;
- Trator agrícola.

O ligante mais comum para execução da imprimação é o asfalto diluído CM-30, com taxa de aplicação de 1,2 l/m². Também pode ser utilizada a emulsão asfáltica do tipo EAI, com taxa de aplicação de 1,3 l/m².

Para o cálculo da produção do equipamento distribuidor de asfalto foi adotado um fator de eficiência de 0,6, em virtude das áreas liberadas para a aplicação do ligante mostrarem-se normalmente menores que a área teórica da capacidade de seu tanque.

2.5.1. Critérios de Medição

Os serviços de imprimação devem ser medidos em metros quadrados, considerando a área executada, incluídas todas as operações necessárias à execução, abrangendo armazenamento, perdas e transporte local do ligante betuminoso dos tanques de estocagem à pista, admitindo-se para tanto, distâncias de até 15.000 metros.

O transporte em distâncias superiores à prevista nas composições de custos deve ser remunerado por meio de composições específicas de momento de transporte.

2.6. Pintura de ligação

A pintura de ligação consiste na aplicação de ligante asfáltico sobre a superfície de base ou revestimento asfáltico anterior à execução de uma camada asfáltica qualquer, objetivando promover condições de aderência entre as mesmas.

A Figura 04 ilustra a execução do serviço de pintura de ligação em uma rodovia.

Figura 04 - Execução da pintura de ligação



O SICRO apresenta duas composições de custos para os serviços de pintura de ligação, a saber: uma utilizando ligante asfáltico convencional (emulsão RR-1C) e outra empregando emulsão modificada por polímero (RR-2C com polímero).

A equipe mecânica responsável pela execução da pintura de ligação é semelhante à que executa imprimação:

- Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l;
- Vassoura mecânica rebocável;
- Tanque de estocagem de asfalto;
- Trator agrícola.

Para fins de cálculo de produção dos equipamentos, considera-se a taxa de aplicação de 0,9 l/m² de emulsão diluída em água, na proporção de 1:1.

De forma similar ao serviço de imprimação, adotou-se um fator de eficiência de 0,6 para o distribuidor de asfalto, em virtude de as áreas liberadas para a aplicação mostrarem-se normalmente menores que a área teórica da capacidade de seu tanque.

2.6.1. Critérios de Medição

Os serviços de pintura de ligação devem ser medidos pela área efetivamente executada, em metros quadrados, incluídas todas as operações necessárias, abrangendo armazenamento, perdas e transporte local do ligante asfáltico dos tanques de estocagem à pista, admitindo-se para tanto, distâncias de até 15.000 m.

O transporte em distâncias superiores às previstas na composição de custos deve ser remunerado por meio de composições específicas de momento de transporte.

2.7. Tratamento Superficial (Simples, Duplo e Triplo)

O tratamento superficial consiste no revestimento constituído de uma ou mais camadas de ligante asfáltico, seguidas da aplicação de uma ou mais camadas de agregado mineral, submetidas à compressão mecânica.

O serviço de tratamento superficial pode ser executado com ligante asfáltico convencional (emulsão asfáltica RR-2C ou cimento asfáltico CAP 150/200) ou com ligantes asfálticos modificados por polímero SBS (emulsão ou CAP), sendo apresentadas composições de custo específicas para cada tipo.

De forma similar aos serviços de base e sub-base, o agregado britado pode ser produzido diretamente pelo executante ou adquirido comercialmente, sendo apresentadas composições de custo específicas para cada uma dessas situações.

A equipe mecânica executante do serviço de tratamento superficial é constituída pelos seguintes equipamentos:

- Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l;
- Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t;
- Vassoura mecânica rebocável;
- Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l;
- Aquecedor de fluido térmico (quando o ligante for CAP);
- Trator agrícola;
- Distribuidor de agregados rebocável.

A Tabela 03 apresenta as taxas de ligante asfáltico e agregados empregadas nas composições de custos de tratamento superficial.

Tabela 03 - Taxas referenciais de ligantes e de agregados para tratamento superficial

Tipo de Revestimento	Materiais	
	Taxa de Ligante Residual	Taxa de Agregado
TSS	1,0 l/m ²	10,0 kg/m ²
TSD	2,5 l/m ²	33,5 kg/m ²
TST	2,5 l/m ²	39,5 kg/m ²

2.7.1. Critérios de Medição

Os tratamentos superficiais devem ser medidos em metros quadrados, em função da área efetivamente executada, incluídas todas as operações e encargos necessários à execução, fornecimento, espalhamento, compactação, armazenamento, perdas e transporte do ligante betuminoso dos tanques de estocagem à pista, admitindo-se para tanto, distâncias de até 15.000 metros.

O transporte em distâncias superiores às previstas na composição de custos deve ser remunerado por meio de composições específicas de momento de transporte.

2.8. Macadame Betuminoso por Penetração

O macadame betuminoso por penetração consiste em uma camada de pavimento realizada por intermédio de duas aplicações alternadas de ligante asfáltico sobre agregados de tamanho e quantidades especificadas, sendo espalhada, nivelada e comprimida na pista. Esse serviço pode ser executado com ligante asfáltico convencional (emulsão asfáltica RR-2C ou cimento asfáltico CAP) ou com ligantes asfálticos modificados por polímero SBS (emulsão ou CAP).

De acordo com a Especificação de Serviço DNIT nº 149/2010, existem faixas granulométricas específicas para o agregado, em função do tipo de ligante (emulsão ou CAP). Em consequência disso, constam do SICRO oito composições de custos para macadame betuminoso com ligante convencional (quatro com brita produzida e quatro com brita comercial) e duas para ligante modificado por polímero.

A equipe mecânica para execução do serviço de macadame betuminoso por penetração é constituída pelos seguintes equipamentos:

- Caminhão distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l;
- Distribuidor de agregados autopropelido;
- Rolo compactador de pneus autopropelido;
- Vassoura mecânica rebocável;
- Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l;
- Trator agrícola;
- Rolo compactador liso vibratório autopropelido.

2.8.1. Critérios de Medição

O macadame betuminoso por penetração deve ser medido em metros cúbicos, em função do volume de material compactado na pista, incluindo mão de obra, equipamentos, materiais, espalhamento, compactação, armazenamento, perdas e transporte do ligante betuminoso dos tanques de estocagem à pista, admitindo-se para tanto, distâncias de até 15.000 metros.

O transporte em distâncias superiores às previstas nas composições de custos deve ser remunerado por meio de composições específicas de momento de transporte.

2.9. Lama Asfáltica

A lama asfáltica consiste na associação de agregado mineral, material de enchimento (filer), emulsão asfáltica e água, com consistência fluida, uniformemente espalhada sobre uma superfície previamente preparada, com a finalidade de selagem de trincas, impermeabilização ou rejuvenescimento do revestimento.

A equipe mecânica que executa o serviço de lama asfáltica é composta pelos seguintes equipamentos:

- Vassoura mecânica rebocável;
- Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l;
- Trator agrícola;
- Carregadeira de pneus;
- Caminhão tanque com capacidade de 6.000 l;
- Usina móvel de lama asfáltica.

O ciclo do serviço se inicia com o carregamento dos materiais que serão misturados e espalhados (pedrisco, pó-de-pedra, areia, filer, emulsão e água), e inclui seus deslocamentos, o preparo para a operação, a mistura e a descarga na pista.

A execução do serviço de lama asfáltica é prevista na Especificação de Serviço DNIT nº 150/2010 com três composições granulométricas distintas:

- As granulometrias mais finas, classificadas como I e II, apresentam consumo menor de ligantes asfálticos por área de aplicação, o que resulta em uma produção horária maior do equipamento;
- A granulometria mais grossa, classificada como III, consome maior quantidade de ligante asfáltico em virtude da maior espessura da camada.

As composições de custos dos serviços de lama asfáltica contemplam as três faixas granulométricas da especificação DNIT nº 150/2010 e foram elaboradas para agregados produzidos e comerciais.

A Tabela 04 apresenta os consumos dos materiais adotados nas composições em função da área de lama asfáltica.

Tabela 04 - Consumo de materiais por metro quadrado de lama asfáltica

Granulometria	Emulsão RL-1C (t)	Filler (kg)	Areia (m³)	Pedrisco (m³)
Faixa I	0,0006	0,050	0,00060	0,00277
Faixa II	0,0005	0,035	0,00080	0,00149
Faixa III	0,0007	0,065	0,00129	0,00300

2.9.1. Critérios de Medição

Os serviços de lama asfáltica devem ser medidos em metros quadrados, em função da área efetivamente executada, incluindo todas as operações necessárias à execução, fornecimento de pedrisco, areia e filer, armazenamento, perdas, espalhamento na pista e transporte de água. Os custos associados ao transporte dos materiais devem ser apropriados em composições específicas.

2.10. Micro-revestimento a Frio com Emulsão Modificada por Polímero

O micro-revestimento asfáltico a frio com emulsão modificada por polímero consiste na associação de agregados, de material de enchimento (filer), de emulsão modificada por polímero do tipo SBS, de água e de aditivos, se necessários, com consistência fluida, uniformemente espalhada sobre uma superfície previamente preparada.

As principais áreas de aplicação do micro-revestimento asfáltico são:

- Sobre pavimentos desgastados e em áreas de permeabilidade variável. Em alguns casos, existe a necessidade de aplicação em duas camadas, sendo a primeira de granulometria obrigatoriamente mais fina que a segunda, para que haja uma selagem de fissuras e trincas;
- Em zonas muito úmidas ou com a ocorrência de curvas acentuadas, o que exige do pavimento uma rugosidade superficial mais elevada, são aplicadas massas com granulometria de 0/12 mm;
- Na regularização de trechos, o micro-revestimento pode ser aplicado em depressões de até 4 cm. Acima desta espessura, recomenda-se a utilização de concreto asfáltico.

As Figuras 05 e 06 ilustram a execução do serviço de micro-revestimento asfáltico a frio em uma rodovia.

Figura 05 - Execução de micro-revestimento asfáltico a frio (1)



Figura 06 - Execução de micro-revestimento asfáltico a frio (2)



A equipe mecânica que executa o serviço de micro-revestimento a frio é constituída pelos seguintes equipamentos:

- Vassoura mecânica rebocável;
- Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l;
- Trator agrícola;
- Carregadeira de pneus;
- Caminhão tanque com capacidade de 6.000 l;
- Usina móvel para micro-revestimento.

A Especificação de Serviço DNIT nº 035/2005 estabelece que a composição granulométrica da mistura de agregados do micro-revestimento encontra-se dividida em três faixas, de acordo com sua finalidade de utilização.

O SICRO apresenta composições de custos para o serviço de micro-revestimento com espessuras de camada variando entre 0,8 a 2,5 cm.

A Tabela 05 apresenta os consumos dos materiais adotados nas composições em função da espessura e da área de micro-revestimento executado.

Tabela 05 - Consumo de materiais por metro quadrado de micro-revestimento a frio

Volume de Agregado (m ³ /m ²)	Peso de Agregado (kg/m ²)	Asfalto Residual (% em peso de agregado)	Teor de Emulsão (% em peso de agregado)	Peso de Emulsão (kg/m ²)
0,0080	12,00	10,50	16,15	1,94
0,0150	22,50	9,25	14,23	3,20
0,0200	30,00	6,50	10,00	3,00
0,0250	37,50	6,50	10,00	3,75

2.10.1. Critérios de Medição

Os serviços de micro-revestimento asfáltico a frio devem ser medidos em metros quadrados, em função da área efetivamente executada, incluindo todas as operações necessárias à execução, fornecimento de pedrisco, areia e filer, armazenamento e perdas da emulsão asfáltica, espalhamento e transporte de água.

2.11. Micro Pré-Misturado a Quente com Asfalto Polímero

O micro pré-misturado a quente com asfalto polímero consiste em uma mistura executada em usina apropriada, com características específicas, constituída por agregado, material de enchimento (filler), se necessário, e cimento asfáltico de petróleo molificado por polímero do tipo SBS, espalhada e comprimida a quente.

O serviço de micro pré-misturado com asfalto polímero é utilizado nas rodovias como camada de regularização, impermeabilização ou até como camada inibidora de reflexão de trincas subjacentes ao revestimento.

A equipe mecânica que executa o serviço de micro pré-misturado a quente com asfalto polímero é composta pelos seguintes equipamentos:

- Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t;
- Vassoura mecânica rebocável;
- Vibroacabadora de asfalto sobre esteiras;
- Trator agrícola;
- Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11 t.

O SICRO apresenta composições de custos para o serviço de micro pré-misturado a quente com asfalto polímero elaboradas com agregados produzidos e comerciais.

2.11.1. Critérios de Medição

Os serviços de micro pré-misturado a quente com asfalto polímero devem ser medidos em toneladas, em função da mistura efetivamente aplicada na pista, e incluem os custos referentes à mão de obra, equipamentos e materiais.

2.12. Pré-Misturado a Frio

O pré-misturado a frio consiste na mistura executada à temperatura ambiente, em usina apropriada, composta de agregado mineral graduado, material de enchimento (filer) e emulsão asfáltica, para espalhamento e compressão a frio.

A equipe mecânica que executa o serviço de pré-misturado a frio é composta pelos seguintes equipamentos:

- Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t;
- Vassoura mecânica rebocável;
- Vibroacabadora de asfalto sobre esteiras;
- Trator agrícola;
- Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11 t.

O SICRO apresenta composições de custos elaboradas para execução do pré-misturado a frio com emulsão convencional (Especificação de Serviço DNIT 153/2010) ou com emulsão modificada por polímero (Especificação de Serviço DNER 390/99).

Independentemente do tipo de ligante, são especificadas quatro faixas granulométricas para execução dos serviços de pré-misturado a frio.

A Tabela 06 apresenta os consumos dos materiais adotados nas composições em função do volume de pré-misturado a frio executado.

Tabela 06 - Consumo de materiais por unidade de volume de pré-misturado a frio

Faixa Granulométrica	Brita 1 (m³)	Brita 0 (m³)	Areia Média (m³)	Emulsão (t)	Cal Hidratada (kg)
A	0,17524	0,62794	0,29206	0,18254	43,80952
B	-	0,70095	0,36508	0,18254	43,80952
C	-	0,65714	0,37968	0,18254	87,61905
D	-	0,55492	0,45270	0,18254	87,61905

2.12.1. Critérios de Medição

Os serviços de pré-misturado a frio devem ser medidos em m³, em função do volume efetivamente aplicado na pista, e incluem os custos referentes à mão de obra, equipamentos, materiais, usinagem, espalhamento e compactação.

Os custos associados ao transporte dos insumos até a usina e da mistura até a pista devem ser apropriados em composições específicas.

2.13. Areia Asfalto a Quente

A areia asfalto a quente consiste em uma mistura executada a quente em usina apropriada, com características específicas, composta de areia (agregado miúdo), material de enchimento (filler), se necessário, e cimento asfáltico, espalhado e compactado a quente.

A equipe mecânica que executa o serviço de areia asfalto a quente é composta pelos seguintes equipamentos:

- Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t;
- Vassoura mecânica rebocável;
- Vibroacabadora de asfalto sobre esteiras;
- Trator agrícola;
- Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11 t.

O SICRO apresenta composições de custos elaboradas para execução de areia asfalto a quente com ligante convencional (Especificação de Serviço DNIT nº 032/2005) ou modificado por polímero (Especificação de Serviço DNER nº 387/99).

Em função do tipo de ligante, são definidas nas referidas especificações de serviço duas faixas granulométricas para asfalto convencional (A e B) e três faixas para asfalto modificado (A, B e C).

A Tabela 07 apresenta os consumos dos materiais adotados nas composições de areia asfalto a quente em função da massa de serviço executado.

Tabela 07 - Consumo de materiais por tonelada de areia asfalto a quente

Tipo de Ligante	Faixa Granulométrica	Areia Média (m³)	Cal Hidratada (kg)	CAP (t)
Asfalto Convencional	A	0,57492	55,04587	0,08257
	B	0,59327	27,52293	0,08257
Asfalto Modificado por Polímero	A	0,61006	28,30189	0,05660
	B	0,59748	47,16981	0,05660
	C	0,58567	56,07477	0,06542

2.13.1. Critérios de Medição

Os serviços de areia asfalto a quente devem ser medidos em toneladas, em função da mistura efetivamente aplicada na pista, e incluem os custos referentes à mão de obra, equipamentos, materiais, usinagem, espalhamento e compactação.

Os custos associados ao transporte da areia e do cimento até a usina e da mistura até a pista devem ser apropriados em composições específicas.

2.14. Pré-misturado a Quente com Asfalto Polímero - Camada Porosa de Atrito

O pré-misturado a quente consiste em uma mistura executada em usina apropriada, com características específicas, constituída de agregado, material de enchimento (filer) e cimento asfáltico de petróleo modificado por polímero do tipo SBS, espalhada e comprimida a quente.

O pré-misturado a quente com asfalto polímero pode ser utilizado como camada sobrejacente ao revestimento, com a função de camada porosa de atrito.

A equipe mecânica que executa o serviço de pré-misturado a quente é composta pelos seguintes equipamentos:

- Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t;
- Vassoura mecânica rebocável;
- Vibroacabadora de asfalto sobre esteiras;
- Trator agrícola;
- Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11 t.

A Especificação de Serviço DNER nº 386/99 define cinco faixas granulométricas para execução dos serviços de pré-misturado a quente.

A Tabela 08 apresenta os consumos dos materiais adotados nas composições de pré-misturado a quente em função da massa de serviço executado.

Tabela 08 - Consumo de materiais por tonelada de pré-misturado a quente

Material	Faixa I	Faixa II	Faixa III	Faixa IV	Faixa V
Brita 0 (m³)	0,063349	0,09524	0,09524	0,12698	0,22222
Areia média (m³)	0,16508	0,17778	0,26032	0,12063	0,12698
Pedrisco (m³)	0,38095	0,34921	0,25397	0,36190	0,26032
Cal hidratada (kg)	38,09524	19,04762	38,09524	38,09524	38,09524
CAP 50/70 com polímero (t)	0,04762	0,04762	0,04762	0,04762	0,04762

2.14.1. Critérios de Medição

Os serviços de pré-misturado a quente com asfalto polímero devem ser medidos em toneladas, em função da mistura efetivamente aplicada na pista, e incluem os custos referentes à mão de obra, equipamentos, materiais, usinagem, espalhamento e compactação.

Os custos associados ao transporte dos insumos devem ser apropriados em composições de custos específicas.

2.15. Concreto Asfáltico

O concreto asfáltico consiste em uma mistura executada a quente, em usina apropriada, com características específicas, composta de agregado graduado, material de enchimento (filler) e cimento asfáltico, espalhada e compactada a quente.

O DNIT normalizou, por meio de suas especificações de serviço, três tipos de concreto asfáltico, a saber:

- Concreto asfáltico com ligante convencional (Especificação de Serviço DNIT nº 031/2006);
- Concreto asfáltico com asfalto polímero (Especificação de Serviço DNER nº 385/99);
- Concreto asfalto com asfalto-borracha (Especificação de Serviço DNIT nº 112/2009).

2.15.1. Concreto Asfáltico com Ligante Convencional

A Especificação de Serviço DNIT nº 031/2006 define três faixas granulométricas para execução dos serviços de concreto asfáltico com ligante convencional.

A Tabela 09 apresenta os consumos dos materiais adotados nas composições de concreto asfáltico em função da massa de serviço executado.

Tabela 09 - Consumo de materiais por tonelada de concreto asfáltico com ligante convencional

Material	Faixa A	Faixa B	Faixa C
Brita 0 (m³)	0,15873	0,16981	0,12579
Areia média (m³)	0,20952	0,24528	0,32704
Brita 1 (m³)	0,15873	0,06289	-
Pedrisco (m³)	0,08254	0,11950	0,13836
CAP 50/70 (t)	0,04762	0,05660	0,05660
Cal hidratada (kg)	38,09524	47,16981	56,60377

A equipe mecânica que executa o serviço de concreto asfáltico com ligante convencional é composta pelos seguintes equipamentos:

- Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t;
- Vibroacabadora de asfalto sobre esteiras;
- Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11 t.

2.15.2. Concreto Asfáltico com Asfalto Polímero

A Especificação de Serviço DNER nº 385/1999 define três faixas granulométricas para execução dos serviços de concreto asfáltico com ligante polimérico.

A Tabela 10 apresenta os consumos dos materiais adotados nas composições de concreto asfáltico em função da massa de serviço executado.

Tabela 10 - Consumo de materiais por tonelada de concreto asfáltico com ligante polimérico

Material	Faixa A	Faixa B	Faixa C
Brita 0 (m³)	0,15873	0,17143	0,08176
Areia média (m³)	0,20952	0,25397	0,37736
Brita 1 (m³)	0,15873	0,06349	-
Pedrisco (m³)	0,08254	0,11429	0,12579
CAP 50/70 com polímero (t)	0,04762	0,04762	0,05660
Cal hidratada (kg)	38,09524	47,61905	66,03774

2.15.3. Concreto Asfáltico com Asfalto-Borracha

A Especificação de Serviço DNIT nº 112/2009 define três faixas granulométricas contínuas e uma descontínua ("*gap graded*") para execução dos serviços de concreto asfáltico com asfalto borracha.

A Tabela 11 apresenta os consumos dos materiais adotados nas composições de concreto asfáltico com asfalto borracha em função da massa de serviço executado.

Tabela 11 - Consumo de materiais por tonelada de concreto asfáltico com asfalto borracha

Material	Faixa A	Faixa B	Faixa C	Gap Graded
Brita 0 (m³)	0,15873	0,16981	0,12579	0,09434
Pó de pedra (m³)	0,20952	0,24528	0,32704	0,19497
Brita 1 (m³)	0,15873	0,06289	-	-
Pedrisco (m³)	0,08254	0,11950	0,13836	0,31447
CAP 50/70 com borracha (t)	0,04762	0,05660	0,05660	0,05660
Cal hidratada (kg)	38,09524	47,16981	56,60377	37,73585

2.15.4. Critérios de Medição

Os serviços de concreto asfáltico devem ser medidos em toneladas, em função da mistura efetivamente aplicada na pista, e incluem os custos referentes à mão de obra, equipamentos, materiais, usinagem, espalhamento e compactação.

Os custos associados ao transporte dos insumos devem ser apropriados em composições de custos específicas.

2.16. Pavimentos de Concreto

O pavimento de concreto simples consiste no pavimento cuja camada é constituída por placas de concreto de cimento Portland, não armadas ou eventualmente com armadura sem função estrutural, que desempenham simultaneamente as funções de base e de revestimento.

O SICRO apresenta composições de custos para os seguintes tipos de pavimentos de concreto:

- Pavimento de concreto com equipamento de pequeno porte (Especificação de Serviço DNIT nº 047/2004);
- Pavimento de concreto com equipamento forma-trilho (Especificação de Serviço DNIT nº 048/2004);
- Pavimento de concreto com equipamento de forma deslizante (Especificação de Serviço DNIT nº 049/2009);
- Pavimento de concreto compactado com rolo (Especificação de Serviço DNIT nº 059/2004).

Os serviços associados à execução das barras longitudinais e de ligação constam das composições de custos de pavimentos de concreto com seus respectivos quantitativos iguais a zero. Tal fato decorre da grande variabilidade no dimensionamento das placas de concreto para pavimento rígido, o que demanda definição prévia durante a fase de elaboração do projeto, pois o consumo de aço para tais serviços constitui custo representativo quando da confecção do orçamento.

De forma similar, os serviços associados à serragem, limpeza e enchimento de juntas estão incluídos nas composições, com quantitativo nulo, facultando ao orçamentista a adoção dos quantitativos específicos de cada projeto.

2.16.1. Pavimento de Concreto com Equipamento de Pequeno Porte

A Tabela 12 apresenta a relação das composições de custos para execução de pavimento de concreto com equipamento de pequeno porte disponibilizada no SICRO. As composições são diferenciadas em função da espessura da placa e da presença ou ausência de aditivo de cura e de tela soldada.

Tabela 12 - Relação de composições de custos para execução dos serviços de pavimento de concreto com equipamento de pequeno porte

Espessura da Placa	Aditivo para Cura	Tela soldada
0,12 m	Sem agente de cura	Sem tela soldada
	Com agente de cura	Com tela soldada
0,14 m	Com agente de cura	Sem tela soldada
	Com agente de cura	Com tela soldada
0,15 m	Com agente de cura	Sem tela soldada
	Com agente de cura	Com tela soldada

Tabela 12 - Relação de composições de custos para execução dos serviços de pavimento de concreto com equipamento de pequeno porte (2/2)

Espessura da Placa	Aditivo para Cura	Tela soldada
0,16 m	Com agente de cura	Sem tela soldada
	Com agente de cura	Com tela soldada
0,18 m	Com agente de cura	Sem tela soldada
	Com agente de cura	Com tela soldada
0,20 m	Com agente de cura	Com tela soldada
0,22 m	Com agente de cura	Com tela soldada
0,24 m	Com agente de cura	Com tela soldada

A Tabela 13 apresenta os consumos dos materiais nas composições de pavimento de concreto com equipamento de pequeno porte em função da área de serviço.

Tabela 13 - Consumo de materiais por metro quadrado de pavimento de concreto executado com equipamento de pequeno porte

Espessura da Placa (m)	Aditivo para Cura (kg)	Tela de Aço Soldada (kg)
0,12 m	0,20	3,11
0,14 m		
0,15 m		
0,16 m		4,48
0,18 m		
0,20 m		5,37
0,22 m		
0,24 m		

Face às características destes serviços nos projetos, as composições de custos foram elaboradas adotando-se concreto usinado comercial, com resistência à tração na flexão de 4,5 MPa e transporte realizado com caminhão betoneira.

2.16.2. Pavimento de Concreto com Equipamento Forma-Trilho

O SICRO apresenta composições de custos para os serviços de pavimentos de concreto com equipamento forma-trilho considerando as seguintes premissas:

- Utilização de central de concreto (dosadora e misturadora), com capacidade nominal de produção de 150 m³/h;
- Transporte de concreto em caminhão basculante.

A Tabela 14 apresenta os consumos dos materiais nas composições de pavimento de concreto com equipamentos forma-trilho em função o volume de serviço.

Tabela 14 - Consumo de materiais por metro cúbico de pavimento de concreto com equipamento forma-trilho

Material	Consumo
Brita 1	0,3720 m ³
Brita 2	0,3720 m ³
Areia média	0,4670 m ³
Aditivo plastificante	1,2000 kg
Aditivo incorporador de ar	0,0900 kg
Cimento Portland CP-32	380,00 kg

Os equipamentos necessários à execução desse tipo de pavimento envolvem:

- Equipamento forma-trilho - 13,4 kW;
- Retroescavadeira de pneus - 58 kW.

2.16.3. Pavimento de Concreto com Equipamento de Forma Deslizante

As composições de custos para execução de pavimentos de concreto de cimento Portland com utilização de formas deslizantes foram elaboradas a partir de duas premissas básicas, a saber:

- Utilização de central de concreto (dosadora e misturadora), com capacidade nominal de produção de 150 m³/h;
- Transporte de concreto em caminhão basculante.

A Tabela 15 apresenta os consumos dos materiais nas composições de pavimento de concreto com formas deslizantes em função o volume de serviço.

Tabela 15 - Consumo de materiais por metro cúbico de pavimento de concreto executado com formas deslizantes

Material	Consumo
Brita 1	0,3720 m ³
Brita 2	0,3720 m ³
Areia média	0,4670 m ³
Aditivo plastificante	1,2000 kg
Aditivo incorporador de ar	0,0900 kg
Cimento Portland CP-32	380,00 kg

A distribuição do concreto na pista é realizada por meio da utilização de uma vibroacabadora de concreto, com formas deslizantes e controle eletrônico de nível, auxiliada por uma retroescavadeira de pneus. Encontra-se também prevista na composição a utilização de uma texturizadora para acabamento final da superfície da placa e a aplicação da cura química.

A produção do serviço foi definida admitindo-se a concretagem simultânea de duas faixas de tráfego com largura total de 7,20 m e espessura de 0,20 m.

2.16.4. Critérios de Medição

Os serviços de pavimento de concreto devem ser medidos em toneladas, em função da mistura efetivamente aplicada na pista, e incluem os custos referentes à mão de obra, equipamentos, materiais, usinagem, espalhamento e compactação.

Os custos associados ao transporte dos insumos devem ser apropriados em composições de custos específicas.

2.17. Fresagem de Revestimento Asfáltico

A fresagem consiste no processo de remoção do revestimento asfáltico com auxílio de equipamento especial, constituído de cortador giratório com dentes especiais de aço, formando diversos ângulos e com movimento rotativo contínuo, cujo funcionamento tem por finalidade desbastar e demolir o revestimento para a sua remoção ou reaproveitamento.

As máquinas fresadoras possuem uma correia transportadora que eleva o material fresado para carregá-lo em caminhão basculante, que deve acompanhar a operação.

Quando a fresagem é executada sem interrupção, em grandes extensões de trechos com segmentos homogêneos, sem a necessidade de reposicionamento dos equipamentos, é denominada de fresagem contínua. Caso contrário, é denominada de fresagem descontínua.

O SICRO apresenta composições de custos para estas duas situações de fresagem, diferenciando-as por meio da aplicação de fatores de eficiência de 0,83 para serviços contínuos e de 0,41 para serviços descontínuos.

O cálculo da produção do serviço de fresagem de revestimento asfáltico foi obtido admitindo-se a utilização de uma fresadora a frio de 410 kW, com largura útil de fresagem de 2,00 m, com profundidade do corte de 0,05 m e velocidade de operação 12,35 m/min, resultando em uma produção horária de 61,50 m³ para serviços contínuos e de 30,38 m³ para serviços descontínuos.

2.17.1. Critérios de Medição

Os serviços de fresagem de revestimento asfáltico devem ser medidos em m³, de acordo com os dados fornecidos pelo projeto, e incluem os custos referentes à mão de obra, com os respectivos encargos sociais, e aos equipamentos.

Os custos associados ao transporte do material fresado devem ser apropriados em composições de custos específicas.

2.18. Reciclagem do Pavimento

A reciclagem do pavimento consiste na demolição do revestimento existente, incorporando-o à camada de base existente, com a finalidade de se obter uma nova camada de base mais resistente. Esse serviço pode ser executado sem adição de nenhum material virgem ou com adição de estabilizantes químicos e agregados.

O SICRO apresenta composições de custos para os seguintes tipos de reciclagem de pavimentos:

- Reciclagem simples com incorporação do revestimento asfáltico;
- Reciclagem com adição de cimento e incorporação do revestimento asfáltico;
- Reciclagem com adição de brita produzida e incorporação do revestimento asfáltico;
- Reciclagem com adição de brita comercial e incorporação do revestimento asfáltico;
- Reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base com adição de brita produzida e cimento;
- Reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base com adição de brita comercial e cimento;
- Reciclagem com espuma asfáltica e incorporação do revestimento asfáltico à base com adição de cimento;
- Reciclagem com espuma asfáltica e incorporação do revestimento asfáltico à base com adição de pó de pedra comercial e cimento;
- Reciclagem em usina com espuma de asfalto de concreto asfáltico com adição de agregado comercial e cimento.

O cálculo da produção do serviço foi obtido admitindo-se a reciclagem de uma camada de revestimento e base com 0,20 metros de espessura.

Os consumos foram definidos por volume de material reciclado em função das soluções de reciclagem propostas, conforme detalhado a seguir:

- Reciclagem com adição de cimento e incorporação do revestimento asfáltico à base: Consumo de cimento = 88,0 kg;
- Reciclagem com adição de brita e incorporação do revestimento asfáltico à base: Consumo de brita = $0,025 \text{ m}^3 \times 1,500 \text{ t/m}^3 = 0,0375 \text{ t} = 37,5 \text{ kg}$;
- Reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base com adição de brita e cimento: Consumo de brita = $0,025 \text{ m}^3 \times 1,500 \text{ t/m}^3 = 0,0375 \text{ t} = 37,5 \text{ kg}$; Consumo de cimento = 88,0 kg;
- Reciclagem com espuma asfáltica e incorporação do revestimento asfáltico à base: Consumo de pó de pedra = $0,020 \text{ m}^3 \times 1,5 \text{ t/m}^3 = 0,030 \text{ t} = 30,0 \text{ kg}$; Consumo de cimento = 24,0 kg; Consumo de cimento asfáltico = 60,0 kg;
- Reciclagem em usina com espuma de asfalto de concreto asfáltico com adição de agregado comercial e cimento: Consumo de pó de pedra = $0,443 \text{ m}^3 \times 1,5 \text{ t/m}^3 = 0,6657 \text{ t} = 665,7 \text{ kg}$; Consumo de cimento = 21,0 kg; Consumo de cimento asfáltico = 60,0 kg; Material fresado retirado da pista = $1,03553 \text{ m}^3 \times 1,5 \text{ t/m}^3 = 1,5533 \text{ t} = 1.553,3 \text{ kg}$.

2.18.1. Critérios de Medição

Os serviços de reciclagem de pavimento são medidos em m³, em função do volume da mistura aplicada na pista, conforme indicação de projeto, e incluem os custos referentes à mão de obra, equipamentos, materiais, usinagem, espalhamento e compactação.

2.19. Concreto Asfáltico Reciclado a Quente em Usina com Adição de Asfalto e Brita

A reciclagem de concreto asfáltico a quente consiste em se executar a fresagem de um pavimento, transportar o material fresado até uma usina adaptada, realizar a sua mistura com porcentagens adicionais de agregados, ligante betuminoso e agente rejuvenescedor e posteriormente transportá-lo para a pista, onde a mistura deve ser espalhada e compactada.

A reciclagem exige estudo prévio da composição do concreto asfáltico a ser reciclado, do agente de reciclagem a ser utilizado e dos agregados que deverão ser acrescentados, a fim de que a mistura resultante esteja dentro das faixas exigidas para a camada a ser construída.

A Tabela 16 apresenta os consumos dos materiais necessários à execução de concreto asfáltico reciclado a quente.

Tabela 16 - Consumo de materiais por tonelada de concreto asfáltico reciclado a quente

Material	Consumo (kg)
Material fresado retirado da pista	699,0
Pó-de-pedra adicional	125,0
Ligante betuminoso adicional	25,0
Cimento Portland	10,0
Agente rejuvenescedor	20,0

2.19.1. Critérios de Medição

Os serviços de concreto asfáltico reciclado a quente devem ser medidos em toneladas, em função do peso da mistura efetivamente aplicada na pista, e incluem os custos referentes à mão de obra, equipamentos, materiais, usinagem, espalhamento e compactação.

Os custos associados aos serviços de fresagem do revestimento não estão incluídos na composição, devendo ser apropriados em composições específicas.

Os custos associados ao transporte do material fresado também devem ser apropriados em composições de custos específicas.

2.20. Manta Sintética para Recapeamento Asfáltico

A utilização da manta sintética no recapeamento asfáltico tem sido recomendada para o aumento da vida útil do novo pavimento. A manta é aplicada sobre o pavimento a ser restaurado após a aplicação de uma pintura de ligação com emulsão asfáltica.

Para que a manta sintética fique bem assentada sobre o pavimento antigo, recomenda-se a aplicação de rolo de pneus, seguida de aplicação de outra pintura de ligação com emulsão asfáltica. Após estas operações, procede-se a execução da nova camada asfáltica.

A manta sintética, impregnada com asfalto, absorve e dissipa as tensões provocadas nas trincas existentes, retardando o mecanismo de sua reflexão, o que aumenta a vida útil do novo revestimento. Além disso, a manta sintética impregnada com asfalto funciona como uma membrana impermeável, impedindo a penetração da água na estrutura do pavimento e no subleito, evitando o bombeamento de finos e o surgimento de deformações permanentes na pista.

As composições de custos do SICRO preveem uma carregadeira sobre pneus, a ser utilizada para manter elevado o rolo da manta sintética durante a sua aplicação.

2.20.1. Critérios de Medição

O serviço de manta sintética para recapeamento asfáltico deve ser medido em m², em função da área efetivamente executada, conforme as indicações de projeto, e inclui mão de obra, materiais e equipamentos.

Os custos associados ao transporte da manta sintética até a pista devem ser apropriados em composições de custos específicas.

2.21. Geogrelha Bidirecional

A geogrelha bidirecional é utilizada para reforço estrutural de bases e sub-bases granulares de pavimentos rodoviários, conforme apresentado nas Figuras 07 e 08. A sua utilização proporciona a melhoria da capacidade resistente, por meio do confinamento dos materiais e pela introdução de elementos resistentes a tração, o que permite a consequente redução da espessura da camada granular em até 50%.

Figura 07 - Geogrelha bidirecional



Figura 08 - Geogrelha bidirecional aplicada no pavimento

A utilização de geogrelha bidirecional também é recomendada para reforço de solos com baixa capacidade de suporte.

A geogrelha é fornecida em rolos de 3,5 x 50 m e é lançada manualmente.

2.21.1. Critérios de Medição

Os serviços de fornecimento e colocação de geogrelha bidirecional devem ser medidos em m², em função da área de superfície do pavimento, e incluem todos os custos com materiais, equipamentos e mão de obra.

2.22. Escavação e Carga de Material de Jazida

O serviço de escavação e carga de material de jazida compreende as operações para obtenção de material para utilização na pavimentação de estradas.

O SICRO apresenta duas composições de custos para esse serviço, a saber:

- Escavação e carga de material de jazida com escavadeira (Figura 09);
- Escavação e carga de material de jazida com trator de esteira e carregadeira;

Por critérios técnicos e econômicos, aliados à versatilidade do equipamento, as composições de custos de pavimentação que exigem a importação de materiais adotam a escavadeira hidráulica como equipamento escavo-carregador na atividade auxiliar de escavação e carga de material de jazida.

2.22.1. Produção dos Equipamentos

As produções dos equipamentos empregados nas composições de custos de escavação e carga de material de jazida encontram-se apresentadas na Tabela 17.

Tabela 17 - Produção nos serviços de escavação e carga de material de jazida

Equipamentos Utilizados	Produção (m³/h)
Escavadeira hidráulica sobre esteira com caçamba e capacidade de 1,5 m³	221,33
Trator de esteira com lâmina e carregadeira de pneus com capacidade de 3,3 m³	171,31

Para o cálculo da produção da escavadeira hidráulica nos serviços de escavação e carga de material de jazida, foram considerados os seguintes parâmetros:

- Capacidade da caçamba: 1,50 m³;
- Fator de carga: 1,00;
- Fator de conversão: 0,80 (1ª categoria);
- Fator de eficiência: 0,83;
- Tempo de ciclo: 0,27 min.

Para o cálculo da produção da carregadeira de pneus nos serviços de escavação e carga de material de jazida, foram considerados os seguintes parâmetros:

- Capacidade da caçamba: 3,3 m³;
- Fator de carga: 0,90 (1ª categoria);
- Fator de conversão: 0,80 (1ª categoria);
- Fator de eficiência: 0,83;
- Tempo de ciclo: 0,5323 min.

Para o cálculo da produção do trator de esteiras nos serviços de escavação e carga de material de jazida, foram considerados os seguintes parâmetros:

- Capacidade da lâmina: 4,30 m³;
- Fator de carga: 0,90 (1ª categoria);
- Fator de conversão: 0,80 (1ª categoria);
- Fator de eficiência: 0,83;
- Distância: 15 m;
- Velocidade (ida e retorno): 30 - 60 m/min;
- Tempo de ciclo: 0,9000 min.

Figura 09 - Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica



2.22.2. Critérios de Medição

Os serviços de escavação e carga de material de jazida devem ser medidos em m^3 , em função do volume de material extraído, medido e avaliado no corte (volume “in natura”), e dos equipamentos utilizados nas operações.

3. USINAGEM

3. USINAGEM

3.1. Usinagem de Solo Brita

O SICRO apresenta composições de custos para usinagem de solo brita admitindo percentual de mistura em massa de 70 e 30%, respectivamente, considerando as combinações de brita produzida e comercial.

A equipe mecânica que participa da usinagem de solo brita é constituída pelos seguintes equipamentos:

- Carregadeira de pneus de 3,3 m³;
- Usina misturadora de solos de 300 t/h;
- Grupo gerador de 100/110 kVA.

A produção da usina misturadora para esse serviço foi definida admitindo-se uma massa específica da mistura igual a 2,06 t/m³ e um fator de eficiência de 0,83, o que resulta em uma produção de 124,50 m³/h.

3.2. Usinagem de Solo Brita com Cimento

O SICRO apresenta composições de custos para usinagem de solo brita com adição de cimento para o percentual de 70% de solo, 30% de brita. Em relação à massa total de agregados o cimento responde por 3% da mistura, considerando as combinações de brita produzida e comercial.

A equipe mecânica que participa da usinagem de solo brita com adição de cimento é constituída pelos seguintes equipamentos:

- Carregadeira de pneus de 3,3 m³;
- Usina misturadora de solos de 300 t/h;
- Grupo gerador de 100/110 kVA.

A produção da usina misturadora para esse serviço foi definida admitindo-se uma massa específica da mistura igual a 2,06 t/m³ e um fator de eficiência de 0,83, o que resulta em uma produção de 124,50 m³/h.

3.3. Usinagem de Solo Areia

O SICRO apresenta composições de custos de usinagem de solo areia admitindo o percentual de mistura em peso de 70-30%, considerando as combinações de areia extraída e comercial.

A equipe mecânica que participa da usinagem de solo areia é constituída pelos seguintes equipamentos:

- Carregadeira de pneus de 3,3 m³;
- Usina misturadora de solos de 300 t/h;
- Grupo gerador de 100/110 kVA.

A produção da usina misturadora para esse serviço foi definida admitindo-se uma massa específica da mistura igual a $2,06 \text{ t/m}^3$ e um fator de eficiência de 0,83, o que resulta em uma produção de $124,50 \text{ m}^3/\text{h}$.

3.4. Usinagem de Brita Graduada

O SICRO apresenta composições de custos para usinagem de brita graduada em função da condição de aquisição da pedra, seja produzida ou comercial.

A equipe mecânica que participa da usinagem de brita graduada é constituída pelos seguintes equipamentos:

- Carregadeira de pneus de $3,3 \text{ m}^3$;
- Usina misturadora de solos de 300 t/h ;
- Grupo gerador de 100/110 kVA.

A produção da usina misturadora para esse serviço foi definida admitindo-se uma massa específica da mistura igual a $2,20 \text{ t/m}^3$ e um fator de eficiência de 0,83, o que resulta em uma produção de $113,18 \text{ m}^3/\text{h}$.

3.5. Usinagem de Brita Graduada Tratada com Cimento

O SICRO apresenta composições de custos para usinagem de brita graduada tratada com cimento em função da condição de aquisição da pedra, seja produzida ou comercial. O teor de cimento adotado foi de 4% em relação ao peso total da mistura.

A equipe mecânica que participa da usinagem de brita graduada tratada com cimento é constituída pelos seguintes equipamentos:

- Carregadeira de pneus de $3,3 \text{ m}^3$;
- Usina misturadora de solos de 300 t/h ;
- Grupo gerador de 100/110 kVA.

A produção da usina misturadora para esse serviço foi definida admitindo-se uma massa específica da mistura igual a $2,20 \text{ t/m}^3$ e um fator de eficiência de 0,83, o que resulta em uma produção de $113,80 \text{ m}^3/\text{h}$.

3.6. Usinagem de Solo Melhorado com Cimento

O SICRO apresenta composições de custos para usinagem de solo melhorado considerando a adição de 4% de cimento, em massa.

A equipe mecânica que participa da usinagem de solo melhorado com cimento é constituída pelos seguintes equipamentos:

- Carregadeira de pneus de $3,3 \text{ m}^3$;
- Usina misturadora de solos de 300 t/h ;
- Grupo gerador de 100/110 kVA.

A produção da usina misturadora para esse serviço foi definida admitindo-se uma massa específica da mistura igual a $2,06 \text{ t/m}^3$ e um fator de eficiência de 0,83, o que resulta em uma produção de $120,7 \text{ m}^3/\text{h}$.

3.7. Usinagem de Solo Cimento

O SICRO apresenta composições de custos para usinagem de solo cimento considerando a adição de 7% de cimento, em massa.

A equipe mecânica que participa da usinagem de solo cimento é constituída pelos seguintes equipamentos:

- Carregadeira de pneus de $3,3 \text{ m}^3$;
- Usina misturadora de solos de 300 t/h ;
- Grupo gerador de 100/110 kVA.

A produção da usina misturadora para esse serviço foi definida admitindo-se uma massa específica da mistura igual a $2,06 \text{ t/m}^3$ e um fator de eficiência de 0,83, o que resulta em uma produção de $120,7 \text{ m}^3/\text{h}$.

3.8. Usinagem de Solo-Escória de Aciaria

O SICRO apresenta uma composição de custos para usinagem de solo-escória, com o percentual de 50% de material de jazida e 50% de escória de aciaria.

A equipe mecânica que participa da usinagem de solo cimento é constituída pelos seguintes equipamentos:

- Carregadeira de pneus de $3,3 \text{ m}^3$;
- Usina misturadora de solos de 300 t/h ;
- Grupo gerador de 100/110 kVA.

A produção da usina misturadora para esse serviço foi definida admitindo-se um fator de eficiência de 0,83, o que resulta em uma produção de $124,5 \text{ m}^3/\text{h}$.

3.9. Usinagem de Pré-Misturado a Frio

O SICRO apresenta composições de custos de usinagem de pré-misturado a frio considerando as diferentes formas de aquisição da brita (produzida e comercial) e da areia (extraída e comercial).

A equipe mecânica que participa da usinagem de pré-misturado a frio é constituída pelos seguintes equipamentos:

- Carregadeira de pneus de $1,53 \text{ m}^3$;
- Tanque de estocagem de asfalto de 30.000 l;
- Usina misturadora de pré-misturado a frio de 60 t/h ;
- Grupo gerador de 36/40 kVA.

A produção da usina misturadora de pré-misturado a frio foi definida admitindo-se uma massa específica da mistura igual a $2,37 \text{ t/m}^3$ e um fator de eficiência de 0,83, o que resulta em uma produção de $21,65 \text{ m}^3/\text{h}$.

3.10. Usinagem de Pré-Misturado a Frio com Asfalto Polímero

O SICRO apresenta composições de custos de usinagem de pré-misturado a frio com asfalto polímero considerando as diferentes formas de aquisição da brita e da areia. A equipe mecânica que participa da usinagem de pré-misturado a frio é constituída pelos seguintes equipamentos:

- Carregadeira de pneus de $1,53 \text{ m}^3$;
- Tanque de estocagem de asfalto de 30.000 l;
- Usina misturadora de pré-misturado a frio de 60 t/h;
- Grupo gerador de 36/40 kVA.

A produção da usina misturadora de pré-misturado a frio foi definida admitindo-se uma massa específica da mistura igual a $2,37 \text{ t/m}^3$, e um fator de eficiência de 0,83, o que resulta em uma produção de $21,65 \text{ m}^3/\text{h}$.

3.11. Usinagem de Areia Asfalto a Quente

O SICRO apresenta composições de custos elaboradas para execução de areia asfáltica a quente com ligante convencional (Especificação de Serviço DNIT nº 032/2005) ou modificado por polímero (Especificação de Serviço DNER nº 387/99).

A equipe mecânica que participa da usinagem de areia asfalto a quente é constituída pelos seguintes equipamentos:

- Carregadeira de pneus de $1,53 \text{ m}^3$;
- Tanque de estocagem de asfalto de 30.000 l;
- Aquecedor de fluido térmico (12 kW);
- Usina de asfalto a quente gravimétrica de 100/140 t/h;
- Grupo gerador de 456 kVA.

O consumo de ligante foi estimado em função dos teores, em peso, em relação ao peso total de agregados, dos ligantes convencional e modificado por polímero, conforme apresentado na Tabela 18.

Tabela 18 - Consumo de ligantes nos serviços de usinagem de areia asfalto

Faixa Granulométrica	Tipo de Ligante	Teor de Ligante
A	Ligante comum	9,0%
B		9,5%
A	Ligante modificado por polímero	6,5%
B		6,8%
C	Ligante modificado por polímero	7,0%

A produção da usina de asfalto foi definida admitindo-se um fator de eficiência de 0,83, o que resulta em uma produção de 83,0 t/h.

3.12. Usinagem de Concreto Asfáltico (com e sem Polímero)

O SICRO apresenta composições de custos de concreto asfáltico contemplando as faixas granulométricas A, B e C da Especificação de Serviço DNIT nº 031/2006, com a utilização de ligante asfáltico convencional, e as faixas A, B e C da Especificação de Serviço DNIT nº 112/2009, com ligante asfáltico modificado por polímero.

Quanto ao agregado, foram desenvolvidas composições de custos de usinagem do concreto asfáltico para as seguintes situações:

- Faixa A - Binder - areia e brita comerciais;
- Faixa A - Binder - areia extraída e brita produzida;
- Faixa B - Camada de ligação e rolamento - areia e brita comerciais;
- Faixa B - Camada de ligação e rolamento - areia extraída e brita produzida;
- Faixa C - Capa de rolamento - areia e brita comerciais;
- Faixa C - Capa de rolamento - areia extraída e brita produzida.

A equipe mecânica que participa da usinagem de concreto asfáltico é constituída pelos seguintes equipamentos:

- Carregadeira de pneus de 1,53 m³;
- Tanque de estocagem de asfalto de 30.000 l;
- Aquecedor de fluido térmico (12 kW);
- Usina de asfalto a quente gravimétrica de 100/140 t/h;
- Grupo gerador de 456 kVA.

O consumo de ligante foi estimado em função dos teores, em peso em relação ao peso total de agregados, dos ligantes convencional e modificado por polímero, conforme apresentado na Tabela 19.

Tabela 19 - Consumo de ligantes nos serviços de usinagem de concreto asfáltico

Faixa Granulométrica	Tipo de Ligante	Teor de Ligante
A	Ligante comum	5,0%
B		5,0%
C		5,5%
A	Ligante modificado por polímero	5,0%
B		5,0%
C		5,5%

A produção da usina de asfalto foi definida admitindo-se um fator de eficiência de 0,83, o que resulta em uma produção de 83,0 t/h.

3.13. Usinagem de Concreto Asfáltico com Borracha

O SICRO apresenta composições de custos de usinagem concreto asfáltico com borracha considerando a utilização de ligante asfáltico do tipo AB-8, com 15% de borracha, e a utilização de agregados produzidos ou comerciais, conforme preconizado na Especificação de Serviço DNIT nº 112/2009.

Quanto ao agregado, foram desenvolvidas composições de custos de usinagem do concreto asfáltico com borracha para as seguintes situações:

- Faixa A - Camada de ligação (binder) - brita comercial e produzida;
- Faixa B - Camada de ligação e rolamento - brita comercial e produzida;
- Faixa C - Camada de rolamento - brita comercial e produzida;
- Faixa "Gap Graded" - Camada de rolamento - brita comercial e produzida.

A equipe mecânica que participa da usinagem de concreto asfáltico com borracha é constituída pelos seguintes equipamentos:

- Carregadeira de pneus de 1,53 m³;
- Tanque de estocagem de asfalto de 60.000 l;
- Aquecedor de fluido térmico (12 kW);
- Usina de asfalto a quente gravimétrica de 100/140 t/h;
- Grupo gerador de 456 kVA.

A Tabela 20 apresenta os consumos dos materiais adotados nas composições de concreto asfáltico com borracha em função da massa de serviço executado.

Tabela 20 - Consumo de materiais por tonelada de concreto asfáltico com borracha

Faixa	Brita comercial				Brita Produzida (m³)	CAP com Borracha (t)	Cal Hidratada (kg)
	Brita 1 (m³)	Brita 0 (m³)	Pedrisco (m³)	Pó de Pedra (m³)			
A	0,15873	0,15873	0,08254	0,20952	0,60952	0,04762	38,09
B	0,06289	0,16981	0,1195	0,24528	0,59748	0,04717	47,16
C	-	0,12579	0,13836	0,32704	0,59119	0,05189	56,60
Gap Graded	-	0,09434	0,31447	0,19497	0,60377	0,0566	37,73

O cálculo da produção da usina de concreto asfáltico com borracha foi definido por meio da aplicação da seguinte fórmula:

$$P = C_m \times FE \times FTM \times FUA \times FAE \times FGM$$

onde:

P representa a produção;

C_m representa a capacidade média;

FE representa o fator de eficiência;

FTM representa o fator de temperatura da massa;

FUA representa o fator de umidade dos agregados;

FAE representa o fator de altitude do equipamento;

FGM representa o fator de granulometria do material.

O fator de temperatura média da massa pode ser definido em função da Tabela 21.

Tabela 21 - Fator de temperatura da massa asfáltica

Temperatura da massa (°C)	FTM
127	1,12
132	1,09
138	1,06
143	1,03
150	1,00
155	0,97
160	0,94
165	0,91
170	0,88
175	0,85

O fator de umidade dos agregados pode ser definido em função da Tabela 22.

Tabela 22 - Fator de umidade dos agregados

Umidade (%)	FUA
3	1,00
4	0,85
5	0,70
6	0,60
7	0,53
8	0,48
9	0,43
10	0,39

O fator de altitude do equipamento considera a redução da produtividade da usina de asfalto em função da altitude (acima no nível do mar) do local onde está instalada, com valores propostos de acordo com a Tabela 23.

Tabela 23 - Fator de altitude dos equipamentos

Altitude (m)	FAE
Nível do Mar - 0	1,00
200	0,98
400	0,96
600	0,94
800	0,92
1000	0,90
1200	0,88
1400	0,86

O fator de granulometria dos materiais considera a proporção entre os materiais passantes e retidos na peneira #8 (2,38 mm), de acordo com a Tabela 24.

Tabela 24 - Fator de granulometria dos materiais

Proporção (%)	FGM
80/20	1,00
70/30	0,95
60/40	0,90
50/50	0,85
40/60	0,80
30/70	0,75
20/80	0,70
10/90	0,65

As composições de custos dos serviços de usinagem de concreto asfáltico com borracha foram elaboradas em função dos seguintes parâmetros:

- Capacidade média da usina: 100 t;
- Temperatura média da massa: 175°C;
- Umidade média dos agregados: 3,0%;
- Altitude do equipamento: inferior a 200 m;
- Proporção da granulometria do material: 80/20, ou seja 80% retido e 20% passante na peneira #8.

Admitidas os referidos parâmetros, a produção da usina de concreto asfáltico com borracha foi definida em 70,55 t/h.

3.14. Usinagem de Pré-misturado a Quente com Asfalto Polímero - Camada Porosa de Atrito

As composições de custos da usinagem de pré-misturado a quente com asfalto polímero contemplam as faixas granulométricas I a V da Especificação de Serviço DNER nº 386/99, considerando as diferentes formas de aquisição da brita (produzida e comercial) e da areia (extraída e comercial).

A Tabela 25 apresenta os consumos dos materiais adotados nas composições de usinagem do pré-misturado a quente com asfalto polímero em função da massa de serviço executado.

Tabela 25 - Consumo de materiais por tonelada de pré-misturado a quente

Insumo	Unidade	Faixas Granulométricas				
		Faixa I	Faixa II	Faixa III	Faixa IV	Faixa V
Areia média	m³	0,16508	0,17778	0,26032	0,12063	0,12698
Pedrisco	m³	0,38095	0,34921	0,25397	0,36190	0,26032
Brita 0	m³	0,06349	0,09524	0,09524	0,12698	0,22222
Cal hidratada	kg	38,09524	19,04762	38,09524	38,09524	38,09524
CAP 50/70	t	0,04762	0,04762	0,04762	0,04762	0,04762

A equipe mecânica que participa da usinagem de concreto asfáltico com borracha é constituída pelos seguintes equipamentos:

- Carregadeira de pneus de 1,53 m³;
- Tanque de estocagem de asfalto de 30.000 l;
- Aquecedor de fluido térmico (12kW);
- Usina de asfalto a quente gravimétrica de 100/140 t/h;
- Grupo gerador de 456 kVA.

A produção da usina de asfalto foi definida admitindo-se um fator de eficiência de 0,83, o que resulta em uma produção de 83,0 t/h.

3.15. Usinagem para Pavimento de Concreto com Formas Deslizantes

O SICRO apresenta composições de custos de usinagem para pavimento de concreto com formas deslizantes considerando as diferentes formas de aquisição da brita (produzida e comercial) e da areia (extraída e comercial).

A Tabela 26 apresenta os consumos dos materiais adotados nas composições de pavimento de concreto em função do volume de serviço executado.

Tabela 26 - Consumo de materiais por metro cúbico de pavimento de concreto

Material	Unidade	Quantidade
Areia média	m ³	0,4670
Brita 1	m ³	0,3720
Brita 2	m ³	0,3720
Aditivo plastificante	kg	1,2000
Aditivo incorporador de ar	kg	0,0900
Cimento Portland CP-32 a granel	kg	380,0000

A equipe mecânica que participa da usinagem de pavimento de concreto é constituída pelos seguintes equipamentos:

- Carregadeira de pneus de 3,3 m³;
- Central de concreto (dosadora/misturadora) de 150 m³/h;
- Grupo gerador 310/340 kVA.

A produção da usina de concreto dosadora e misturadora foi definida admitindo-se um fator de eficiência de 0,83, o que resulta em uma produção de 124,5 m³/h.

3.16. Usinagem para Sub-base de Concreto Compactado com Rolo - CCR

O SICRO apresenta composições de custos de usinagem para sub-base de concreto compactado em função da condição de aquisição da pedra (produzida e comercial).

A Tabela 27 apresenta os consumos dos materiais adotados na usinagem para sub-base de concreto compactado com rolo em função do volume de serviço executado.

Tabela 27 - Consumo de materiais por metro cúbico de sub-base de CCR

Material	Unidade	Quantidade
Brita 0	m ³	0,15200
Brita 1	m ³	0,30400
Brita 2	m ³	0,22800
Brita 3	m ³	0,22800
Pó de pedra	m ³	0,60800
Cimento Portland CP-32 a granel	kg	120,0000

A equipe mecânica que participa da usinagem da sub-base de concreto compactado a rolo é constituída pelos seguintes equipamentos:

- Carregadeira de pneus de 3,3 m³;
- Central de concreto (dosadora/misturadora) de 150 m³/h;
- Grupo gerador 310/340 kVA.

A produção da usina de concreto dosadora e misturadora foi definida admitindo-se um fator de eficiência de 0,83, o que resulta em uma produção de 124,5 m³/h.

3.17. Usinagem para Pavimento de Concreto Compactado com Rolo - CCR

O SICRO apresenta composições de custos de usinagem para pavimento de concreto compactado com rolo em função da condição de aquisição da pedra, seja produzida ou comercial.

A Tabela 28 apresenta os consumos dos materiais adotados na usinagem para pavimento de concreto compactado em função do volume de serviço executado.

Tabela 28 - Consumo de materiais por metro cúbico de pavimento de CCR

Material	Unidade	Quantidade
Brita 0	m ³	0,14660
Brita 1	m ³	0,29320
Brita 2	m ³	0,22000
Brita 3	m ³	0,22000
Pó de pedra	m ³	0,58660
Cimento Portland CP-32 a granel	kg	200,0000

A equipe mecânica que participa da usinagem de pavimento de concreto compactado a rolo é constituída pelos seguintes equipamentos:

- Carregadeira de pneus de 3,3 m³;
- Central de concreto (dosadora/misturadora) de 150 m³/h;
- Grupo gerador 310/340 kVA.

A produção da usina de concreto dosadora e misturadora foi definida admitindo-se um fator de eficiência de 0,83, o que resulta em uma produção de 124,5 m³/h.

3.18. Usinagem de Concreto Asfáltico para Reciclagem em Usina Fixa com Adição de Asfalto

O SICRO apresenta composições de custos de usinagem de concreto asfáltico em usina fixa com adição de cimento em função da condição de aquisição da pedra, seja produzida ou comercial.

A equipe mecânica que participa da usinagem de concreto asfáltico para reciclagem em usina fixa é constituída pelos seguintes equipamentos:

- Carregadeira de pneus de 1,53 m³;
- Tanque de estocagem de asfalto de 30.000 l;
- Aquecedor de fluido térmico (12kW);
- Usina de asfalto a quente gravimétrica de 100/140 t/h;
- Grupo gerador de 456 kVA.

A produção da usina de asfalto foi definida admitindo-se um fator de eficiência de 0,83, o que resulta em uma produção de 83,0 t/h.

3.19. Usinagem a Frio com Espuma de Asfalto de Concreto Asfáltico Reciclado com Adição de Agregado Comercial e Cimento

O SICRO apresenta uma composição de custos de usinagem a frio com espuma de asfalto, com adição de agregado comercial e cimento em usina móvel.

A equipe mecânica que participa desse serviço é constituída pelos seguintes equipamentos:

- Carregadeira de pneus de 1,53 m³;
- Tanque de estocagem de asfalto de 30.000 l;
- Usina misturadora móvel de reciclagem a frio com sistema de espuma de asfalto.

A produção da usina de asfalto foi definida admitindo-se um fator de eficiência de 0,83, o que resulta em uma produção de 83,0 m³/h.

