



Sistema de Custos Referenciais de Obras – SICRO

Caderno técnico Usinagem

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
Diretoria Geral
Diretoria de Planejamento e Pesquisa
Coordenação-Geral de Custos de Infraestrutura de Transportes

Sistema de Custos Referenciais de Obras – SICRO

Versão 1.1
Mês de referência: janeiro de 2025

Caderno técnico Usinagem



Controle de versão do Caderno técnico

Número da versão	Referência	Descrição das alterações	Data da entrega da versão	Documento de referência	Observações
1.0	janeiro de 2025	-	24/03/2025	Informativo SICRO nº 01/2025, de 25/03/2025.	-
1.1	janeiro de 2025	adequação dos vínculos dos sumários e melhoria de itens de formatação	21/05/2025	-	-



APRESENTAÇÃO

O Sistema de Custos Referenciais de Obras – SICRO constitui a síntese de todo o desenvolvimento técnico das áreas de custos do extinto Departamento Nacional de Estradas e Rodagem – DNER e do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT na formação de preços referenciais para contratação e desenvolvimento de obras públicas na área de infraestrutura de transportes.

Consoante a história desses relevantes órgãos, o SICRO 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.

Em alinhamento com a constante evolução dos procedimentos executivos de serviços de engenharia, associados ao aprimoramento tecnológico dos insumos empregados no desenvolvimento das atividades, torna-se primordial manter um processo contínuo de revisão do sistema, de modo a prover ao seu usuário uma ferramenta de orçamentação representativa e atualizada de forma harmônica com métodos de trabalho inovadores adotados no âmbito de empreendimentos de infraestrutura de transportes.

Nesse sentido, visando promover uma abordagem expandida das premissas e metodologias já consolidadas, incorporando novos elementos técnicos, ampliando seu arcabouço conceitual, foi concebida uma nova estrutura organizacional para os dispositivos integrantes do sistema, cujos conteúdos encontram-se incorporados nos seguintes itens:

- manuais de custos - metodologia e conceitos;
- memoriais de cálculo - cadernos técnicos e planilhas de equipes mecânicas;
- aplicação de metodologias.

Nos manuais de custos constam os elementos teóricos e diretivos que constituem as metodologias empregadas no desenvolvimento das composições de custos referenciais do SICRO, bem como de todos os instrumentos aplicados na formação de orçamentos e precificação de obras de infraestrutura de transportes.

Os cadernos técnicos apresentam as metodologias executivas das atividades e as respectivas condições de contorno adotadas no cálculo dos consumos dos materiais e produção horária dos serviços, suas respectivas memórias e as planilhas de equipes mecânicas.

A aplicação de metodologias possui por objetivo instituir um guia prático para elaboração de orçamentos baseados no SICRO, estabelecendo diretrizes básicas para tomada de decisão e exemplos práticos que ilustram o emprego das diferentes ferramentas que integram o sistema.



LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de curva granulométrica referencial	1
Figura 2 - Atividades integrantes do grupo de serviços de usinagem	6
Figura 3 - Temperatura versus porcentagem de ligante asfáltico adicional	75
Figura 4 - Temperatura versus porcentagem de ligante novo a ser incorporado	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Massas específicas referenciais de solos e agregados	3
Tabela 2 - Massas específicas referenciais das misturas usinadas e executadas em pista.....	3
Tabela 3 - Massas específicas referenciais de argamassas e concreto	4
Tabela 4 - Massas específicas referenciais de materiais	4
Tabela 5 - Consumos dos insumos - usinagem de solo brita sem cimento.....	8
Tabela 6 - Consumos dos insumos - usinagem de solo brita com cimento.....	9
Tabela 7 - Serviços empregados nas operações de transporte - usinagem de solo brita.....	9
Tabela 8 - Consumos dos insumos - usinagem de solo areia.....	12
Tabela 9 - Serviços empregados nas operações de transporte - usinagem de solo areia.....	12
Tabela 10 - Consumos dos insumos - usinagem de solo escória de aciaria	15
Tabela 11 - Serviços empregados nas operações de transporte - usinagem de solo escória de aciaria.....	15
Tabela 12 - Consumos dos insumos - usinagem de solo melhorado com cimento	17
Tabela 13 - Consumos dos insumos - usinagem de solo cimento	18
Tabela 14 - Serviços empregados nas operações de transporte - usinagem de solo com adição de cimento	18
Tabela 15 - Composição granulométrica para brita graduada - faixa I.....	21
Tabela 16 - Consumos dos insumos - usinagem de brita graduada - faixa I....	21
Tabela 17 - Composição granulométrica para brita graduada - faixa II.....	21
Tabela 18 - Consumos dos insumos - usinagem de brita graduada - faixa II...	22
Tabela 19 - Composição granulométrica para brita graduada - faixa III.....	22
Tabela 20 - Consumos dos insumos - usinagem de brita graduada - faixa III..	22
Tabela 21 - Consumos dos insumos - usinagem de brita graduada	23



Tabela 22 - Composição granulométrica para brita graduada tratada com cimento.....	23
Tabela 23 - Consumos dos insumos - usinagem de brita graduada tratada com cimento.....	23
Tabela 24 - Serviços empregados nas operações de transporte - usinagem de brita graduada	24
Tabela 25 - Conversão para transporte - usinagem de brita graduada	24
Tabela 26 - Faixas granulométricas para as espessuras de microrrevestimento a frio	26
Tabela 27 - Composição granulométrica para agregados para microrrevestimento - faixa II	27
Tabela 28 - Consumos dos insumos - usinagem de agregados para microrrevestimento - faixa II	27
Tabela 29 - Composição granulométrica para agregados para microrrevestimento – faixa III	27
Tabela 30 - Consumos dos insumos - usinagem de agregados para microrrevestimento - faixa III	28
Tabela 31 - Serviços empregados nas operações de transporte - usinagem de agregados para microrrevestimento a frio.....	28
Tabela 32 - Conversão para transporte - usinagem de agregados para microrrevestimento a frio.....	29
Tabela 33 - Composição granulométrica para pré-misturado a frio - faixa A ...	31
Tabela 34 - Consumos dos insumos - usinagem de pré-misturado a frio - faixa A	32
Tabela 35 - Composição granulométrica para pré-misturado a frio - faixa B ...	32
Tabela 36 - Consumos dos insumos - usinagem de pré-misturado a frio - faixa B	32
Tabela 37 - Composição granulométrica para pré-misturado a frio - faixa C ...	33
Tabela 38 - Consumos dos insumos - usinagem de pré-misturado a frio - faixa C	33
Tabela 39 - Consumos dos insumos - usinagem de pré-misturado a frio - faixa C com emulsão asfáltica com polímero	34
Tabela 40 - Composição granulométrica para pré-misturado a frio - faixa D ...	34
Tabela 41 - Consumos dos insumos - usinagem de pré-misturado a frio - faixa D	35
Tabela 42 - Composição granulométrica para pré-misturado a frio - faixa D ...	35
Tabela 43 - Consumos dos insumos - usinagem de pré-misturado a frio - faixa D com emulsão asfáltica com polímero	35
Tabela 44 - Serviços empregados nas operações de transporte - usinagem de pré-misturado a frio	36



Tabela 45 - Conversão para transporte - usinagem de pré-misturado a frio	36
Tabela 46 - Composição granulométrica para micro pré-misturado a quente com asfalto polímero - faixa A.....	39
Tabela 47 - Consumos dos insumos - usinagem de micro pré-misturado a quente com asfalto polímero - faixa A.....	39
Tabela 48 - Composição granulométrica para micro pré-misturado a quente com asfalto polímero - faixa B.....	40
Tabela 49 - Consumos dos insumos - usinagem de micro pré-misturado a quente com asfalto polímero - faixa B.....	40
Tabela 50 - Consumos dos insumos - usinagem de micro pré-misturado a quente com asfalto polímero	40
Tabela 51 - Serviços empregados nas operações de transporte - usinagem de micro pré-misturado a quente com asfalto polímero	41
Tabela 52 - Conversão para transporte - usinagem de micro pré-misturado a quente com asfalto polímero	41
Tabela 53 - Composição granulométrica para pré-misturado a quente com asfalto polímero - faixa I.....	44
Tabela 54 - Consumos dos insumos - usinagem de pré-misturado a quente com asfalto polímero - faixa I	44
Tabela 55 - Composição granulométrica para pré-misturado a quente com asfalto polímero - faixa II.....	45
Tabela 56 - Consumos dos insumos - usinagem de pré-misturado a quente com asfalto polímero - faixa II	45
Tabela 57 - Composição granulométrica para pré-misturado a quente com asfalto polímero - faixa III.....	45
Tabela 58 - Consumos dos insumos - usinagem de pré-misturado a quente com asfalto polímero - faixa III	46
Tabela 59 - Composição granulométrica para pré-misturado a quente com asfalto polímero - faixa IV	46
Tabela 60 - Consumos dos insumos - usinagem de pré-misturado a quente com asfalto polímero - faixa IV	47
Tabela 61 - Composição granulométrica para pré-misturado a quente com asfalto polímero - faixa V	47
Tabela 62 - Consumos dos insumos - usinagem de pré-misturado a quente com asfalto polímero - faixa V.....	47
Tabela 63 - Serviços empregados nas operações de transporte - usinagem de pré-misturado a quente	48
Tabela 64 - Conversão para transporte - usinagem de pré-misturado a quente	49
Tabela 65 - Composição granulométrica para areia-asfalto - faixa A.....	52
Tabela 66 - Consumos dos insumos - usinagem de areia-asfalto - faixa A.....	52



Tabela 67 - Composição granulométrica para areia-asfalto - faixa B.....	52
Tabela 68 - Consumos dos insumos - usinagem de areia-asfalto - faixa B.....	53
Tabela 69 - Composição granulométrica para areia-asfalto com asfalto polímero - faixa A	53
Tabela 70 - Consumos dos insumos - usinagem de areia-asfalto com asfalto polímero - faixa A	53
Tabela 71 - Composição granulométrica para areia-asfalto com asfalto polímero - faixa B	54
Tabela 72 - Consumos dos insumos - usinagem de areia-asfalto com asfalto polímero - faixa B	54
Tabela 73 - Composição granulométrica para areia-asfalto com asfalto polímero - faixa C	54
Tabela 74 - Consumos dos insumos - usinagem de areia-asfalto com asfalto polímero - faixa C	55
Tabela 75 - Serviços empregados nas operações de transporte - usinagem de areia-asfalto.....	55
Tabela 76 - Composição granulométrica para concreto asfáltico - faixa A-25..	58
Tabela 77 - Consumos dos insumos - usinagem de concreto asfáltico - faixa A- 25	59
Tabela 78 - Composição granulométrica para concreto asfáltico - faixa B-19..	59
Tabela 79 - Consumos dos insumos - usinagem de concreto asfáltico - faixa B- 19	60
Tabela 80 - Composição granulométrica para concreto asfáltico - faixa C-12,5	60
Tabela 81 - Consumos dos insumos - usinagem de concreto asfáltico - faixa C- 12,5	60
Tabela 82 - Composição granulométrica para concreto asfáltico - faixa D-9,5	61
Tabela 83 - Consumos dos insumos - usinagem de concreto asfáltico - faixa D- 9,5	61
Tabela 84 - Composição granulométrica para concreto asfáltico com asfalto polímero - faixa A	62
Tabela 85 - Consumos dos insumos - usinagem de concreto asfáltico com asfalto polímero - faixa A	62
Tabela 86 - Composição granulométrica para concreto asfáltico com asfalto polímero - faixa B	63
Tabela 87 - Consumos dos insumos - usinagem de concreto asfáltico com asfalto polímero - faixa B	63
Tabela 88 - Composição granulométrica para concreto asfáltico com asfalto polímero - faixa C	64



Tabela 89 - Consumos dos insumos - usinagem de concreto asfáltico com asfalto polímero - faixa C	64
Tabela 90 - Serviços empregados nas operações de transporte - usinagem de concreto asfáltico	65
Tabela 91 - Conversão para transporte - usinagem de concreto asfáltico	65
Tabela 92 - Composição granulométrica para concreto asfáltico com borracha - faixa A	68
Tabela 93 - Consumos dos insumos - usinagem de concreto asfáltico com borracha - faixa A	68
Tabela 94 - Composição granulométrica para concreto asfáltico com borracha - faixa B	69
Tabela 95 - Consumos dos insumos - usinagem de concreto asfáltico com borracha - faixa B	69
Tabela 96 - Composição granulométrica para concreto asfáltico com borracha - faixa C	70
Tabela 97 - Consumos dos insumos - usinagem de concreto asfáltico com borracha - faixa C	70
Tabela 98 - Composição granulométrica para concreto asfáltico com borracha (<i>Gap Graded</i>)	71
Tabela 99 - Consumos dos insumos - usinagem de concreto asfáltico com borracha (<i>Gap Graded</i>)	71
Tabela 100 - Serviços empregados nas operações de transporte - usinagem de concreto asfáltico com borracha	72
Tabela 101 - Conversão para transporte - usinagem de concreto asfáltico com borracha	72
Tabela 102 - Consumos dos insumos - usinagem de concreto asfáltico reciclado a quente	76
Tabela 103 - Serviços empregados nas operações de transporte - usinagem de concreto asfáltico reciclado a quente	77
Tabela 104 - Conversão para transporte - usinagem de concreto asfáltico reciclado a quente	77
Tabela 105 - Composição granulométrica para concreto asfáltico reciclado a frio com espuma de asfalto	80
Tabela 106 - Consumos dos insumos - usinagem de concreto asfáltico reciclado a frio com espuma de asfalto	80
Tabela 107 - Serviços empregados nas operações de transporte - usinagem de concreto asfáltico reciclado a frio com espuma de asfalto	81
Tabela 108 - Consumos dos insumos - usinagem para pavimento de concreto com fôrmas deslizantes	84
Tabela 109 - Serviços empregados nas operações de transporte - usinagem para pavimento de concreto com fôrmas deslizantes	84



Tabela 110 - Conversão para transporte - usinagem para pavimento de concreto com fôrmas deslizantes.....	85
Tabela 111 - Composição granulométrica de concreto compactado com rolo para pavimento.....	88
Tabela 112 - Consumos dos insumos - usinagem de concreto compactado com rolo para pavimento.....	88
Tabela 113 - Composição granulométrica para sub-base de concreto compactado com rolo	89
Tabela 114 - Consumos dos insumos - usinagem de sub-base de concreto compactado com rolo	89
Tabela 115 - Serviços empregados nas operações de transporte - usinagem de concreto compactado com rolo	90
Tabela 116 - Conversão para transporte - usinagem de concreto compactado com rolo.....	90
Tabela 117 - Relação das composições de custos por subgrupo - usinagem .	91



SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Parâmetros referenciais.....	2
2	SERVIÇOS	6
2.1	Misturas de solo e agregados	6
2.1.1	Usinagem de solo brita (com e sem cimento).....	6
2.1.1.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	<i>6</i>
2.1.1.2	<i>Metodologia executiva</i>	<i>7</i>
2.1.1.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	<i>7</i>
2.1.1.4	<i>Mão de obra</i>	<i>8</i>
2.1.1.5	<i>Materiais e atividades auxiliares.....</i>	<i>8</i>
2.1.1.6	<i>Operações de transporte</i>	<i>9</i>
2.1.1.7	<i>Critérios de medição.....</i>	<i>10</i>
2.1.2	Usinagem de solo areia	10
2.1.2.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	<i>10</i>
2.1.2.2	<i>Metodologia executiva</i>	<i>10</i>
2.1.2.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	<i>10</i>
2.1.2.4	<i>Mão de obra</i>	<i>11</i>
2.1.2.5	<i>Materiais e atividades auxiliares.....</i>	<i>11</i>
2.1.2.6	<i>Operações de transporte</i>	<i>12</i>
2.1.2.7	<i>Critérios de medição.....</i>	<i>13</i>
2.1.3	Usinagem de solo escória de aciaria	13
2.1.3.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	<i>13</i>
2.1.3.2	<i>Metodologia executiva</i>	<i>13</i>
2.1.3.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	<i>13</i>
2.1.3.4	<i>Mão de obra</i>	<i>14</i>
2.1.3.5	<i>Materiais e atividades auxiliares.....</i>	<i>14</i>
2.1.3.6	<i>Operações de transporte</i>	<i>15</i>
2.1.3.7	<i>Critérios de medição.....</i>	<i>15</i>
2.1.4	Usinagem de solo com adição de cimento	15
2.1.4.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	<i>16</i>
2.1.4.2	<i>Metodologia executiva</i>	<i>16</i>
2.1.4.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	<i>16</i>
2.1.4.4	<i>Mão de obra</i>	<i>17</i>
2.1.4.5	<i>Materiais e atividades auxiliares.....</i>	<i>17</i>



2.1.4.6	<i>Operações de transporte</i>	18
2.1.4.7	<i>Critérios de medição</i>	18
2.1.5	Usinagem de brita graduada (com e sem cimento)	18
2.1.5.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	19
2.1.5.2	<i>Metodologia executiva</i>	19
2.1.5.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	19
2.1.5.4	<i>Mão de obra</i>	20
2.1.5.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	20
2.1.5.6	<i>Operações de transporte</i>	24
2.1.5.7	<i>Critérios de medição</i>	25
2.1.6	Usinagem de agregados para microrrevestimento a frio	25
2.1.6.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	25
2.1.6.2	<i>Metodologia executiva</i>	25
2.1.6.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	25
2.1.6.4	<i>Mão de obra</i>	26
2.1.6.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	26
2.1.6.6	<i>Operações de transporte</i>	28
2.1.6.7	<i>Critérios de medição</i>	29
2.2	Misturas asfálticas a frio	29
2.2.1	Usinagem de pré-misturado a frio (com e sem polímero)	29
2.2.1.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	29
2.2.1.2	<i>Metodologia executiva</i>	29
2.2.1.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	30
2.2.1.4	<i>Mão de obra</i>	31
2.2.1.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	31
2.2.1.6	<i>Operações de transporte</i>	36
2.2.1.7	<i>Critérios de medição</i>	37
2.3	Misturas asfálticas a quente	37
2.3.1	Usinagem de micro pré-misturado a quente (com polímero)	37
2.3.1.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	37
2.3.1.2	<i>Metodologia executiva</i>	37
2.3.1.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	37
2.3.1.4	<i>Mão de obra</i>	38
2.3.1.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	38
2.3.1.6	<i>Operações de transporte</i>	41



2.3.1.7	<i>Critérios de medição</i>	42
2.3.2	Usinagem de pré-misturado a quente (com polímero)	42
2.3.2.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	42
2.3.2.2	<i>Metodologia executiva</i>	42
2.3.2.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	42
2.3.2.4	<i>Mão de obra</i>	43
2.3.2.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	43
2.3.2.6	<i>Operações de transporte</i>	48
2.3.2.7	<i>Critérios de medição</i>	49
2.3.3	Usinagem de areia-asfalto (com e sem polímero)	49
2.3.3.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	49
2.3.3.2	<i>Metodologia executiva</i>	50
2.3.3.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	50
2.3.3.4	<i>Mão de obra</i>	51
2.3.3.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	51
2.3.3.6	<i>Operações de transporte</i>	55
2.3.3.7	<i>Critérios de medição</i>	56
2.3.4	Usinagem de concreto asfáltico (com e sem polímero).....	56
2.3.4.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	56
2.3.4.2	<i>Metodologia executiva</i>	56
2.3.4.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	57
2.3.4.4	<i>Mão de obra</i>	58
2.3.4.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	58
2.3.4.6	<i>Operações de transporte</i>	64
2.3.4.7	<i>Critérios de medição</i>	66
2.3.5	Usinagem de concreto asfáltico com borracha	66
2.3.5.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	66
2.3.5.2	<i>Metodologia executiva</i>	66
2.3.5.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	66
2.3.5.4	<i>Mão de obra</i>	67
2.3.5.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	67
2.3.5.6	<i>Operações de transporte</i>	72
2.3.5.7	<i>Critérios de medição</i>	73
2.4	Misturas asfálticas recicladas	73
2.4.1	Usinagem de concreto asfáltico reciclado a quente	73



2.4.1.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	73
2.4.1.2	<i>Metodologia executiva</i>	73
2.4.1.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	73
2.4.1.4	<i>Mão de obra</i>	74
2.4.1.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	75
2.4.1.6	<i>Operações de transporte</i>	77
2.4.1.7	<i>Critérios de medição</i>	78
2.4.2	Usinagem de concreto asfáltico reciclado a frio com espuma de asfalto	78
2.4.2.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	78
2.4.2.2	<i>Metodologia executiva</i>	78
2.4.2.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	78
2.4.2.4	<i>Mão de obra</i>	79
2.4.2.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	79
2.4.2.6	<i>Operações de transporte</i>	81
2.4.2.7	<i>Critérios de medição</i>	82
2.5	Misturas de concreto de cimento Portland	82
2.5.1	Usinagem para pavimento de concreto com fôrmas deslizantes	82
2.5.1.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	82
2.5.1.2	<i>Metodologia executiva</i>	82
2.5.1.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	82
2.5.1.4	<i>Mão de obra</i>	83
2.5.1.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	83
2.5.1.6	<i>Operações de transporte</i>	84
2.5.1.7	<i>Critérios de medição</i>	86
2.5.2	Usinagem de concreto compactado com rolo	86
2.5.2.1	<i>Dispositivos legais e técnico-normativos</i>	86
2.5.2.2	<i>Metodologia executiva</i>	86
2.5.2.3	<i>Produção horária e equipe mecânica</i>	86
2.5.2.4	<i>Mão de obra</i>	87
2.5.2.5	<i>Materiais e atividades auxiliares</i>	87
2.5.2.6	<i>Operações de transporte</i>	89
2.5.2.7	<i>Critérios de medição</i>	90
APÊNDICE A - RELAÇÃO DAS COMPOSIÇÕES DE CUSTOS POR SUBGRUPO - USINAGEM		91



1 INTRODUÇÃO

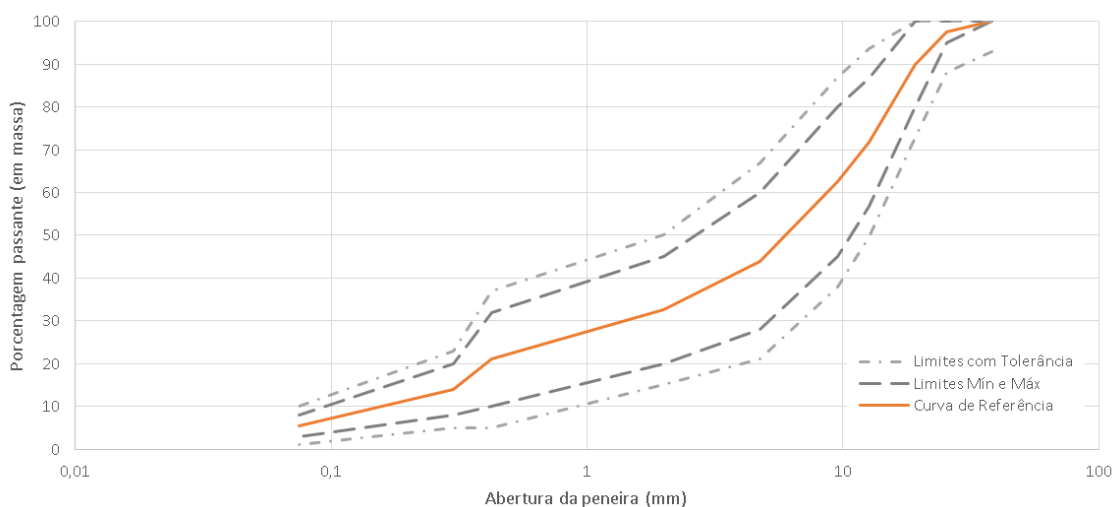
O presente caderno técnico compreende as diretrizes metodológicas utilizadas na elaboração das composições de custos associadas ao grupo de serviços de usinagem, bem como os memoriais de cálculo descritivo desenvolvidos para a obtenção dos parâmetros empregados.

Contextualizando acerca do tema, usinagem consiste no conjunto de operações desenvolvidas para promover a dosagem e homogeneização mecânica de materiais, por meio do emprego de usina móvel ou estacionária, visando confeccionar uma mistura coesa com adequada trabalhabilidade para aplicação nas camadas estruturais e de revestimento do pavimento.

A produção em usinas proporciona um rígido controle tecnológico do processo global, de modo que a mistura seja confeccionada com precisão, atendendo de forma assertiva aos critérios técnicos.

As dosagens referenciais adotadas nos modelos de custo do SICRO foram definidas com base na média dos limites superiores e inferiores das faixas granulométricas estabelecidas pelos normativos, consoante ao exemplo apresentado na figura 1.

Figura 1 - Exemplo de curva granulométrica referencial



Fonte: FGV IBRE

Destaca-se que, é de relevante importância que em fase de projeto e orçamentação o responsável técnico pelo desenvolvimento dos trabalhos adeque os consumos e os parâmetros empregados nas composições de custos referenciais, em conformidade com os elementos obtidos em campo, por meio da análise e ensaios laboratoriais desenvolvidos para os agregados, materiais de jazida e misturas gerais, visando refletir as condições de contorno e dimensionamento específicos do empreendimento.



1.1 Parâmetros referenciais

Visando padronização nos mecanismos utilizados para determinar as produções horárias de equipamentos e serviços, foram definidos métodos específicos para a concepção de memórias e formulações associadas, cuja classificação segue os seguintes preceitos:

- método teórico;
- método empírico:
 - aferição em obra;
 - referencial técnico especializado;
 - referencial histórico consolidado.

O método teórico consiste no desenvolvimento de expressões matemáticas que reproduzem o desempenho dos equipamentos durante o processo de execução dos serviços, levando em consideração dados de operação e características técnicas adquiridas em catálogos de fornecedores.

No sentido oposto, ao passo que não se vislumbra a possibilidade de se produzir um modelo teórico, são empregados métodos empíricos. No que tange ao procedimento de aferição em obra, sua base reside na realização de levantamentos de campo, objetivando a coleta de dados que permita sua utilização como parâmetro referencial de custos.

Em linhas distintas à prática anterior, o método empírico baseado em referencial técnico especializado remete a pesquisa em literatura acadêmica, em pareceres consultivos, bem como a catálogos fornecidos por empresas de engenharia e fabricantes de equipamentos, de onde podem ser extraídos, de forma consistente, valores de produções nominais de maquinários e serviços, ou ainda viabilizar a construção de modelos paramétricos que proporcionem a elaboração de memoriais de cálculo específicos.

Por fim, admite-se a utilização de referenciais históricos consolidados para definir a produção de serviços. Entretanto, tal recurso é utilizado estritamente se não for possível empregar os métodos anteriormente expostos, cujos valores obrigatoriamente são oriundos dos sistemas de custos desenvolvidos no âmbito do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT e Departamento Nacional de Estradas e Rodagem – DNER.

A indicação do método aplicado na determinação da produção dos serviços do Sistema de Custos Referenciais de Obras – SICRO constará das planilhas de produção de equipes mecânicas das atividades.

No grupo de serviços de usinagem são utilizados os seguintes fatores de correção:



a) fator de eficiência

O fator de eficiência adotado para os serviços de usinagem corresponde a 0,83.

Importante destacar que, para as atividades em que a produção horária é estabelecida por meio de métodos empíricos, onde a atribuição do valor é efetuada de forma direta com base em aferições ou bibliografia técnica, caso os parâmetros geradores do fator de eficiência se encontrem incorporados nos procedimentos executivos observados, essas não farão jus à incidência desse.

b) fator de conversão

De forma genérica, os fatores de conversão empregados no âmbito das atividades de usinagem, correspondem ao consumo dos insumos que compõem as misturas em associação com o equipamento vinculado à carga, cujos valores remetem às respectivas dosagens referenciais.

c) fator de carga:

- materiais de 1ª categoria: $F_{ca} = 0,90$.

d) fator de temperatura

O fator de temperatura adotado na produção de misturas asfálticas com borracha corresponde a 0,85, devido à necessidade de aquecimento adicional da mistura com borracha em relação à temperatura requerida para a usinagem com ligantes convencionais.

No que tange às massas específicas de materiais e misturas adotadas como referência no âmbito das atividades de usinagem, as tabelas 1, 2, 3 e 4 apresentam os respectivos valores.

Tabela 1 - Massas específicas referenciais de solos e agregados

Materiais	Massa específica natural (t/m³)	Massa específica solta (t/m³)	Massa específica compactada (t/m³)
Materiais de 1ª categoria	1,87500	1,50000	2,06300
Materiais de 2ª categoria	2,08500	1,50000	2,08500
Materiais de 3ª categoria	2,63000	1,50000	2,10000
Solos	1,87500	1,50000	2,06300
Brita	2,63000	1,50000	2,10000
Areia	-	1,50000	1,72500

Tabela 2 - Massas específicas referenciais das misturas usinadas e executadas em pista

Misturas	Massa específica Compactada (t/m³)
Brita graduada	2,20000
Brita graduada tratada com cimento	2,20000
Solo-areia	2,06300



Tabela 2 - Massas específicas referenciais das misturas usinadas e executadas em pista (2/2)

Misturas	Massa específica compactada (t/m³)
Solo-brita	2,06300
Solo-brita com cimento	2,06300
Solo-cal	2,06300
Solo-cimento	2,06300
Solo melhorado com cal	2,06300
Solo melhorado com cimento	2,06300
Solo melhorado com escória de aciaria	2,06300
Macadame seco	2,10000
Macadame hidráulico	2,10000
Areia-asfalto	1,98000
Concreto asfáltico usinado a quente	2,40000
Concreto asfáltico pré-misturado a frio	2,30000
Concreto asfáltico reciclado a frio	2,30000
Lama asfáltica	2,30000
Microrrevestimento a frio	2,30000
Tratamentos superficiais	2,30000
Base reestabilizada	2,06300
Base reciclada em usina	2,30000
Base reciclada com incorporação do revestimento asfáltico	2,20000

Tabela 3 - Massas específicas referenciais de argamassas e concreto

Materiais	Massa específica (t/m³)
Argamassa de cimento e areia	2,10000
Argamassa de cimento, cal hidratada e areia	1,80000
Concreto armado	2,50000
Concreto de cimento Portland	2,40000
Nata de cimento	1,90000

Tabela 4 - Massas específicas referenciais de materiais

Materiais	Massa específica (t/m³)
Cal hidratada	1,40000
Cimento asfáltico de petróleo	1,00000
Cimento Portland	1,40000
Emulsão asfáltica	1,00000
Escória de aciaria	1,50000
Filer cal	0,50000
Filer cimento	1,40000



Concernente aos cálculos de dosagem das misturas que integram os serviços de usinagem, ressalta-se que os valores referenciais foram determinados com base nos parâmetros médios estabelecidos por meio dos dispositivos normativos desenvolvidos pelo Instituto de Pesquisas em Transportes – IPR/DNIT.

As misturas de agregados são regidas por curvas granulométricas normatizadas, as quais estabelecem intervalos percentuais de material passante para cada abertura de peneira.

Para as graduações que não possuem os limites percentuais em massa estabelecidos em norma, é realizada uma interpolação linear entre as peneiras de aberturas contíguas de modo a completar as faixas. Os limites inferiores e superiores de material passante são utilizados para definir a porcentagem retida média dos agregados, sendo agrupados em conformidade com a classificação granulométrica.

Destaca-se que, para somatórios inferiores a 5%, os valores são adicionados ao percentual do material subsequente.

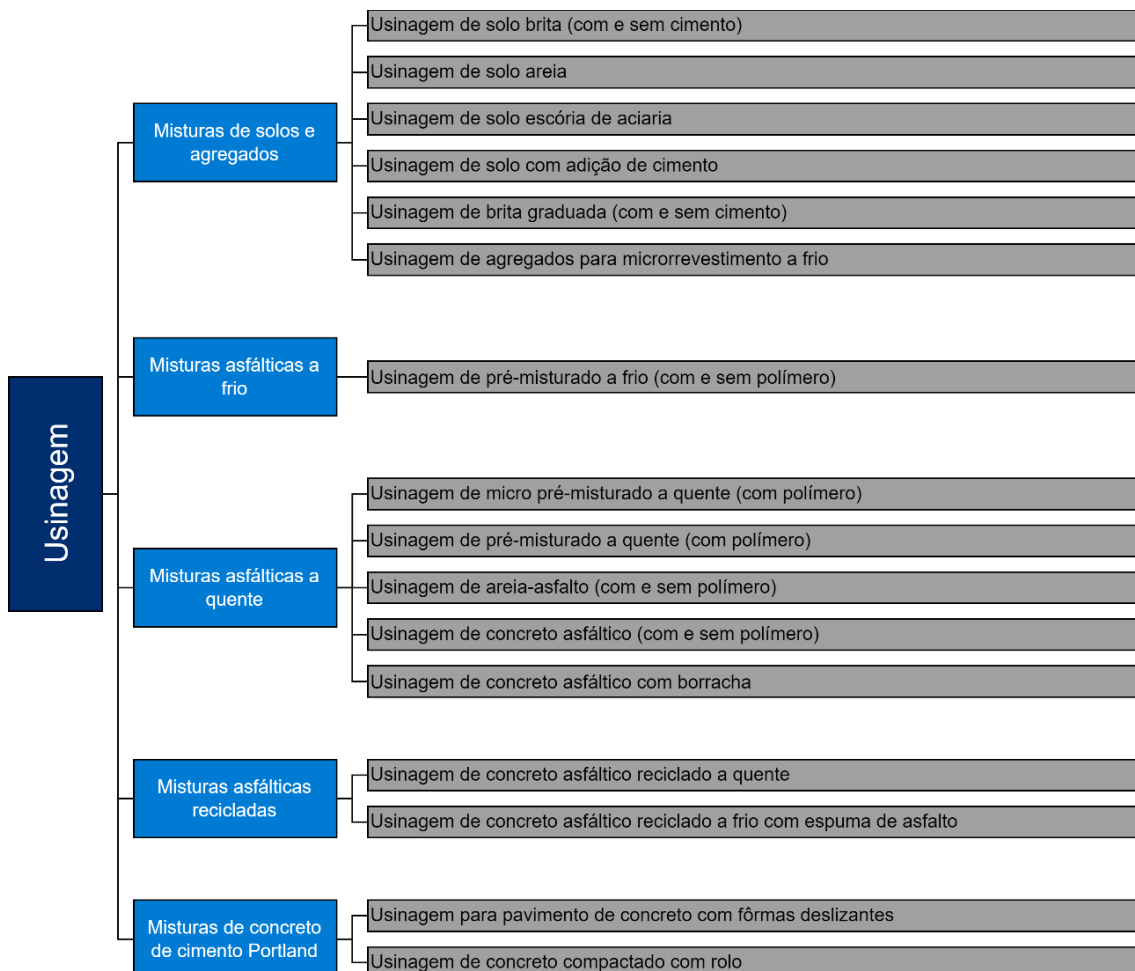
O consumo dos insumos é efetuado preliminarmente em massa, sendo convertido de forma posterior à unidade referencial adotada no SICRO.



2 SERVIÇOS

As atividades integrantes do grupo de serviços de usinagem são classificadas em conformidade com a estrutura organizacional apresentada na figura 2.

Figura 2 - Atividades integrantes do grupo de serviços de usinagem



Fonte: FGV IBRE

2.1 Misturas de solo e agregados

2.1.1 Usinagem de solo brita (com e sem cimento)

O serviço consiste na operação de homogeneização de solo e brita em usina, com ou sem adição de cimento.

2.1.1.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

As premissas empregadas na formulação das condições de contorno estabelecidas foram baseadas nos seguintes dispositivos:

- DNIT ES 139/2010: *Pavimentação - Sub-base estabilizada granulometricamente;*



- DNIT ES 141/2022: *Pavimentação - Base estabilizada granulometricamente.*

2.1.1.2 Metodologia executiva

A modelagem referencial adotada na concepção das composições de custos do serviço pressupõe a execução das seguintes etapas:

- solo brita com cimento:
 - abastecimento da usina com solo e brita por meio de carregadeira de pneus e cimento pela mão de obra;
 - dosagem dos insumos e homogeneização por meio de usina misturadora de solos.
- solo brita sem cimento:
 - abastecimento da usina com solo e brita por meio de carregadeira de pneus;
 - dosagem dos insumos e homogeneização por meio de usina misturadora de solos.

2.1.1.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- usina misturadora de solos: líder de equipe;
- grupo gerador;
- carregadeira de pneus.

a) usina misturadora de solos

A produção horária é estabelecida por método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{C_{ap} \times F_e}{F_{cv}}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;

C_{ap} representa a capacidade de produção da usina, em toneladas por hora;

F_e representa o fator de eficiência;

F_{cv} representa o fator de conversão para a mistura, em toneladas por metro cúbico.

O grupo gerador opera em conjunto com a usina misturadora de solos, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.



b) carregadeira de pneus

A produção horária é estabelecida por método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times C_{ap} \times F_{ca} \times F_e}{F_{cv} \times T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;

C_{ap} representa a capacidade da carregadeira de pneus, em metros cúbicos;

F_{ca} representa o fator de carga;

F_e representa o fator de eficiência;

F_{cv} representa o fator de conversão, em metros cúbicos por metro cúbico;

T_c representa o tempo de ciclo, em minutos.

2.1.1.4 Mão de obra

São empregados de forma acessória ao desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 2 serventes para auxiliar nas operações de carga e usinagem;
- 1 servente para atuar no controle da balança.

2.1.1.5 Materiais e atividades auxiliares

Para o serviço de usinagem de solo brita são utilizados os seguintes insumos:

- material de jazida: consiste em solo no estado natural com propriedades adequadas para a mistura;
- brita: consiste em agregado graúdo;
- cimento Portland: consiste em insumo aglomerante.

a) solo brita

A tabela 5 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 5 - Consumos dos insumos - usinagem de solo brita sem cimento

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/m³)	Massa específica (t/m³)	Consumo (un/m³)
Solo	m³	70,00	70,00	1,44411	1,87500	0,77019
Brita 1	m³	30,00	30,00	0,61890	1,50000	0,41260
Solo brita	m³	-	100,00	-	2,06300	-



b) solo brita com adição de cimento

A tabela 6 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 6 - Consumos dos insumos - usinagem de solo brita com cimento

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/m³)	Massa específica (t/m³)	Consumo (un/m³)
Solo	m³	70,00	67,900	1,40078	1,87500	0,74708
Brita 1	m³	30,00	29,100	0,60033	1,50000	0,40022
Cimento Portland	kg	3,00	3,000	0,06189	1,40000	61,89000
Solo brita com cimento	m³	-	100,000	-	2,06300	-

2.1.1.6 Operações de transporte

A tabela 7 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

Tabela 7 - Serviços empregados nas operações de transporte - usinagem de solo brita

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M0191	Brita 1	1,50000 t/m³	5914647	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com carregadeira de 3,40 m³ (exclusa) e descarga livre
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada
M0424	Cimento Portland CP II - 32 - saco	0,00100 t/kg	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
			5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
			5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
			5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h	1,50000 t/m³	5915407	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com carregadeira de 3,40 m³ e descarga livre
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada



Tabela 7 - Serviços empregados nas operações de transporte - usinagem de solo brita (2/2)

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
4016096	Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica	1,87500 t/m ³	5914354	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m ³ - carga com escavadeira de 1,56 m ³ (exclusa) e descarga livre
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia pavimentada

2.1.1.7 Critérios de medição

A medição do serviço de usinagem de solo brita deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente produzido e aplicado em pista.

2.1.2 Usinagem de solo areia

O serviço consiste na operação de homogeneização de solo e areia em usina.

2.1.2.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

As premissas empregadas na formulação das condições de contorno estabelecidas foram baseadas nos seguintes dispositivos:

- DNIT ES 139/2010: *Pavimentação - Sub-base estabilizada granulometricamente;*
- DNIT ES 141/2022: *Pavimentação - Base estabilizada granulometricamente.*

2.1.2.2 Metodologia executiva

A modelagem referencial adotada na concepção das composições de custos do serviço pressupõe a execução das seguintes etapas:

- abastecimento da usina com solo e areia por meio de carregadeira de pneus;
- dosagem dos insumos e homogeneização por meio de usina misturadora de solos.

2.1.2.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- usina misturadora de solos: líder de equipe;
- grupo gerador;
- carregadeira de pneus.



a) usina misturadora de solos

A produção horária é estabelecida por método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{C_{ap} \times F_e}{F_{cv}}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;

C_{ap} representa a capacidade de produção da usina, em toneladas por hora;

F_e representa o fator de eficiência;

F_{cv} representa o fator de conversão para a mistura, em toneladas por metro cúbico.

O grupo gerador opera em conjunto com a usina misturadora de solos, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

b) carregadeira de pneus

A produção horária é estabelecida por método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times C_{ap} \times F_{ca} \times F_e}{F_{cv} \times T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;

C_{ap} representa a capacidade da carregadeira de pneus, em metros cúbicos;

F_{ca} representa o fator de carga;

F_e representa o fator de eficiência;

F_{cv} representa o fator de conversão, em metros cúbicos por metro cúbico;

T_c representa o tempo de ciclo, em minutos.

2.1.2.4 Mão de obra

São empregados de forma acessória ao desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 2 serventes para auxiliar nas operações de carga e usinagem;
- 1 servente para atuar no controle da balança.

2.1.2.5 Materiais e atividades auxiliares

Para o serviço de usinagem de solo areia são utilizados os seguintes insumos:

- material de jazida: consiste em solo no estado natural com propriedades adequadas para a mistura;
- areia: consiste em agregado miúdo.



a) solo areia

A tabela 8 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 8 - Consumos dos insumos - usinagem de solo areia

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/m³)	Massa específica (t/m³)	Consumo (un/m³)
Solo	m³	70,00	70,00	1,44411	1,87500	0,77019
Areia média	m³	30,00	30,00	0,61890	1,50000	0,41260
Solo areia	m³	-	100,00	-	2,06300	-

2.1.2.6 Operações de transporte

A tabela 9 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

Tabela 9 - Serviços empregados nas operações de transporte - usinagem de solo areia

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M0028	Areia média	1,50000 t/m³	5914647	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com carregadeira de 3,40 m³ (exclusa) e descarga livre
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada
4816020	Areia extraída com draga de sucção tipo bomba	1,50000 t/m³	5915407	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com carregadeira de 3,40 m³ e descarga livre
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada
4016096	Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica	1,87500 t/m³	5914354	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com escavadeira de 1,56 m³ (exclusa) e descarga livre
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada



2.1.2.7 Critérios de medição

A medição do serviço de usinagem de solo areia deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente produzido e aplicado em pista.

2.1.3 Usinagem de solo escória de aciaria

O serviço consiste na operação de homogeneização de solo e escória de aciaria em usina.

2.1.3.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

As premissas empregadas na formulação das condições de contorno estabelecidas foram baseadas nos seguintes dispositivos:

- DNIT ES 114/2009: *Pavimentação rodoviária - Sub-base estabilizada granulometricamente com escória de aciaria - ACERITA*;
- DNIT ES 115/2009: *Pavimentação rodoviária - Base estabilizada granulometricamente com escória de aciaria - ACERITA*.

2.1.3.2 Metodologia executiva

A modelagem referencial adotada na concepção da composição de custos do serviço pressupõe a execução das seguintes etapas:

- abastecimento da usina com solo e escória de aciaria por meio da carregadeira de pneus;
- dosagem dos insumos e homogeneização por meio de usina misturadora de solos.

2.1.3.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- usina misturadora de solos: líder de equipe;
- grupo gerador;
- carregadeira de pneus.

a) usina misturadora de solos

A produção horária é estabelecida por método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{C_{ap} \times F_e}{F_{cv}}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;

C_{ap} representa a capacidade de produção da usina, em toneladas por hora;



F_e representa o fator de eficiência;

F_{cv} representa o fator de conversão para a mistura, em toneladas por metro cúbico.

O grupo gerador opera em conjunto com a usina misturadora de solos, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

b) carregadeira de pneus

A produção horária é estabelecida por método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times C_{ap} \times F_{ca} \times F_e}{F_{cv} \times T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;

C_{ap} representa a capacidade da carregadeira de pneus, em metros cúbicos;

F_{ca} representa o fator de carga;

F_e representa o fator de eficiência;

F_{cv} representa o fator de conversão, em metros cúbicos por metro cúbico;

T_c representa o tempo de ciclo, em minutos.

2.1.3.4 Mão de obra

São empregados de forma acessória ao desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 2 serventes para auxiliar nas operações de carga e usinagem;
- 1 servente para atuar no controle da balança.

2.1.3.5 Materiais e atividades auxiliares

Para o serviço de usinagem de solo escória de aciaria são utilizados os seguintes insumos:

- material de jazida: consiste em solo no estado natural com propriedades adequadas para a mistura;
- escória de aciaria: consiste em agregado siderúrgico proveniente da produção e refino do aço.

a) solo escória de aciaria

A tabela 10 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

**Tabela 10 - Consumos dos insumos - usinagem de solo escória de aciaria**

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/m³)	Massa específica (t/m³)	Consumo (un/m³)
Solo	m³	50,00	50,00	1,03149	1,87500	0,55013
Escória de aciaria	m³	50,00	50,00	1,03151	1,50000	0,68767
Solo escória de aciaria	m³	-	100,00	-	2,06300	-

2.1.3.6 Operações de transporte

A tabela 11 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

Tabela 11 - Serviços empregados nas operações de transporte - usinagem de solo escória de aciaria

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M0194	Escória de aciaria	1,50000 t/m³	5915407	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com carregadeira de 3,40 m³ e descarga livre
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada
4016096	Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica	1,87500 t/m³	5914354	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com escavadeira de 1,56 m³ (exclusa) e descarga livre
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
4016096	Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica	1,87500 t/m³	5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada

2.1.3.7 Critérios de medição

A medição do serviço de usinagem de solo escória de aciaria deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente produzido e aplicado em pista.

2.1.4 Usinagem de solo com adição de cimento

O serviço consiste na operação de homogeneização de solo e cimento em usina.



2.1.4.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

As premissas empregadas na formulação das condições de contorno estabelecidas foram baseadas nos seguintes dispositivos:

- DNIT ES 057/2004: *Pavimento Rígido - Execução de sub-base melhorada com cimento*;
- DNIT ES 058/2004: *Pavimento Rígido - Execução de sub-base de solo-cimento*;
- DNIT ES 140/2022: *Pavimentação - Sub-base de solo melhorado com cimento*;
- DNIT ES 142/2022: *Pavimentação - Base de solo melhorado com cimento*;
- DNIT ES 143/2022: *Pavimentação - Base de solo-cimento*.

2.1.4.2 Metodologia executiva

A modelagem referencial adotada na concepção das composições de custos do serviço pressupõe a execução das seguintes etapas:

- abastecimento da usina com solo por meio da carregadeira de pneus;
- dosagem dos insumos e homogeneização por meio de usina misturadora de solos.

2.1.4.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- usina misturadora de solos: líder de equipe;
- grupo gerador;
- carregadeira de pneus.

a) usina misturadora de solos

A produção horária é estabelecida por método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{C_{ap} \times F_e}{F_{cv}}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;

C_{ap} representa a capacidade de produção da usina, em toneladas por hora;

F_e representa o fator de eficiência;

F_{cv} representa o fator de conversão para a mistura, em toneladas por metro cúbico.



O grupo gerador opera em conjunto com a usina misturadora de solos, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

b) carregadeira de pneus

A produção horária é estabelecida por método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times C_{ap} \times F_{ca} \times F_e}{F_{cv} \times T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;

C_{ap} representa a capacidade da carregadeira de pneus, em metros cúbicos;

F_{ca} representa o fator de carga;

F_e representa o fator de eficiência;

F_{cv} representa o fator de conversão, em metros cúbicos por metro cúbico;

T_c representa o tempo de ciclo, em minutos.

2.1.4.4 Mão de obra

São empregados de forma acessória ao desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 2 serventes para auxiliar nas operações de carga e usinagem;
- 1 servente para atuar no controle da balança.

2.1.4.5 Materiais e atividades auxiliares

Para o serviço de usinagem de solo com adição de cimento são utilizados os seguintes insumos:

- material de jazida: consiste em solo no estado natural com propriedades adequadas para a mistura;
- cimento Portland: consiste em insumo aglomerante.

a) solo melhorado com cimento

A tabela 12 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 12 - Consumos dos insumos - usinagem de solo melhorado com cimento

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/m³)	Massa específica (t/m³)	Consumo (un/m³)
Solo	m³	100,00	97,00	2,00111	1,87500	1,06726
Cimento Portland	kg	3,00	3,00	0,06189	1,40000	61,89000
Solo melhorado com cimento	m³	-	100,00	-	2,06300	-



b) solo cimento

A tabela 13 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 13 - Consumos dos insumos - usinagem de solo cimento

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/m³)	Massa específica (t/m³)	Consumo (un/m³)
Solo	m³	100,00	93,00	1,91859	1,87500	1,02325
Cimento Portland	kg	7,00	7,00	0,14441	1,40000	144,41000
Solo cimento	m³	-	100,00	-	2,06300	-

2.1.4.6 Operações de transporte

A tabela 14 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

Tabela 14 - Serviços empregados nas operações de transporte - usinagem de solo com adição de cimento

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M1954	Cimento Portland CP II - 32 - a granel	0,00100 t/kg	5914363	Carga, manobra e descarga de cimento a granel em caminhão silo de 30 m³
			5914364	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m³ - rodovia em leito natural
			5914365	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914366	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m³ - rodovia pavimentada
4016096	Escavação e carga de material de jazida com escavadeira hidráulica	1,87500 t/m³	5914354	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com escavadeira de 1,56 m³ (exclusa) e descarga livre
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada

2.1.4.7 Critérios de medição

A medição do serviço de usinagem de solo com adição de cimento deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente produzido e aplicado em pista.

2.1.5 Usinagem de brita graduada (com e sem cimento)

O serviço consiste na operação de homogeneização de brita com granulometria variada, com ou sem adição de cimento, em usina.



2.1.5.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

As premissas empregadas na formulação das condições de contorno estabelecidas foram baseadas nos seguintes dispositivos:

- ABNT NBR 12262/2013: *Execução de base ou sub-base de brita graduada tratada com cimento - Procedimento*;
- ABNT NBR 12264/1991: *Sub-base ou base de brita graduada - Procedimento*.

2.1.5.2 Metodologia executiva

A modelagem referencial adotada na concepção das composições de custos do serviço pressupõe a execução das seguintes etapas:

- brita graduada:
 - abastecimento da usina com brita e pó de pedra por meio da carregadeira de pneus;
 - dosagem dos insumos e homogeneização por meio de usina misturadora de solos.
- brita graduada tratada com cimento:
 - abastecimento da usina com brita e pó de pedra por meio da carregadeira de pneus e cimento por meio de caminhão silo;
 - dosagem dos insumos e homogeneização por meio de usina misturadora de solos.

2.1.5.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- usina misturadora de solos: líder de equipe;
- grupo gerador;
- carregadeira de pneus.

a) usina misturadora de solos

A produção horária é estabelecida por método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{C_{ap} \times F_e}{F_{cv}}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;

C_{ap} representa a capacidade de produção da usina, em toneladas por hora;



F_e representa o fator de eficiência;

F_{cv} representa o fator de conversão para a mistura, em toneladas por metro cúbico.

O grupo gerador opera em conjunto com a usina misturadora de solos, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

b) carregadeira de pneus

A produção horária é estabelecida por método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times C_{ap} \times F_{ca} \times F_e}{F_{cv} \times T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;

C_{ap} representa a capacidade da carregadeira de pneus, em metros cúbicos;

F_{ca} representa o fator de carga;

F_e representa o fator de eficiência;

F_{cv} representa o fator de conversão, em metros cúbicos por metro cúbico;

T_c representa o tempo de ciclo, em minutos.

2.1.5.4 Mão de obra

São empregados de forma acessória ao desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 2 serventes para auxiliar nas operações de carga e usinagem;
- 1 servente para atuar no controle da balança.

2.1.5.5 Materiais e atividades auxiliares

Para o serviço de usinagem de brita graduada são utilizados os seguintes insumos:

- brita: consiste em agregado graúdo;
- pó de pedra: consiste em agregado miúdo;
- cimento Portland: consiste em insumo aglomerante.

a) brita graduada

A dosagem de brita graduada para a faixa I é definida a partir da composição granulométrica apresentada na tabela 15.



Tabela 15 - Composição granulométrica para brita graduada - faixa I

Material	Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em massa (%)	Porcentagem retida, em massa (%)		
	ABNT	Abertura (mm)		Mínima	Máxima	Média
Brita 3	2"	50,800	100-100	0,00	0,00	0,00
	1 1/2"	38,100	90-100	10,00	0,00	5,00
Brita 2	1"	25,400	63,26-89,97	26,74	10,03	18,38
Brita 1	3/4"	19,100	50-85	13,26	4,97	9,12
Brita 0	3/8"	9,500	35-65	15,00	20,00	17,50
	Nº 4	4,750	25-45	10,00	20,00	15,00
Pó de pedra	Nº 10	2,000	18-35	7,00	10,00	8,50
	Nº 40	0,425	8-22	10,00	13,00	11,50
	Nº 200	0,075	3-9	5,00	13,00	9,00

Apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 16 - Consumos dos insumos - usinagem de brita graduada - faixa I

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/m³)	Massa específica (t/m³)	Consumo (un/m³)
Brita 3	m³	5,000	5,319	0,11702	1,50000	0,07801
Brita 2	m³	18,380	19,555	0,43020	1,50000	0,28680
Brita 1	m³	9,120	9,700	0,21341	1,50000	0,14227
Brita 0	m³	32,500	34,574	0,76064	1,50000	0,50709
Pó de pedra	m³	29,000	30,851	0,67872	1,50000	0,45248
Brita graduada	m³	-	100,000	-	2,20000	-

A dosagem de brita graduada para a faixa II é definida a partir da composição granulométrica apresentada na tabela 17.

Tabela 17 - Composição granulométrica para brita graduada - faixa II

Material	Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em massa (%)	Porcentagem retida, em massa (%)		
	ABNT	Abertura (mm)		Mínima	Máxima	Média
Brita 3	1 1/2"	38,100	100-100	0,00	0,00	0,00
Brita 2	1"	25,400	73,26-96,66	26,74	3,34	15,04
Brita 1	3/4"	19,100	60-95	13,26	1,66	7,46
Brita 0	3/8"	9,500	40-75	20,00	20,00	20,00
	Nº 4	4,750	25-60	15,00	15,00	15,00
Pó de pedra	Nº 10	2,000	15-45	10,00	15,00	12,50
	Nº 40	0,425	8-25	7,00	20,00	13,50
	Nº 200	0,075	2-10	6,00	15,00	10,50



A tabela 18 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 18 - Consumos dos insumos - usinagem de brita graduada - faixa II

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/m³)	Massa específica (t/m³)	Consumo (un/m³)
Brita 2	m³	15,040	16,000	0,35199	1,50000	0,23466
Brita 1	m³	7,460	7,937	0,17462	1,50000	0,11641
Brita 0	m³	35,000	37,234	0,81915	1,50000	0,54610
Pó de pedra	m³	36,500	38,830	0,85425	1,50000	0,56950
Brita graduada	m³	-	100,000	-	2,20000	-

A dosagem de brita graduada para a faixa III é definida a partir da composição granulométrica apresentada na tabela 19.

Tabela 19 - Composição granulométrica para brita graduada - faixa III

Material	Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em massa (%)	Porcentagem retida, em massa (%)		
	ABNT	Abertura (mm)		Mínima	Máxima	Média
Brita 3	1 1/2"	38,100	100-100	0,00	0,00	0,00
Brita 2	1"	25,400	77-100	23,00	0,00	11,50
Brita 1	3/4"	19,100	66-88	11,00	12,00	11,50
Brita 0	3/8"	9,500	46-71	20,00	17,00	18,50
	Nº 4	4,750	30-56	16,00	15,00	15,50
Pó de pedra	Nº 10	2,000	20-44	10,00	12,00	11,00
	Nº 40	0,425	8-25	12,00	19,00	15,50
	Nº 200	0,075	5-10	3,00	15,00	9,00

A tabela 20 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 20 - Consumos dos insumos - usinagem de brita graduada - faixa III

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/m³)	Massa específica (t/m³)	Consumo (un/m³)
Brita 2	m³	11,500	12,432	0,27351	1,50000	0,18234
Brita 1	m³	11,500	12,432	0,27351	1,50000	0,18234
Brita 0	m³	34,000	36,757	0,80865	1,50000	0,53910
Pó de pedra	m³	35,500	38,378	0,84432	1,50000	0,56288
Brita graduada	m³	-	100,000	-	2,20000	-

O consumo referencial adotado é definido por meio da média obtida para as faixas I, II e III, consoante aos valores apresentados na tabela 21.



Tabela 21 - Consumos dos insumos - usinagem de brita graduada

Material	Unidade	Consumo médio (un/m³)	Porcentagem em massa (%)	Consumo adotado (un/m³)	Porcentagem efetiva (%)
Brita 2	m³	0,23460	16,000	0,26060	17,768
Brita 1	m³	0,14701	10,020	0,14700	10,023
Brita 0	m³	0,53076	36,190	0,53076	36,188
Pó de pedra	m³	0,52829	36,020	0,52829	36,020
Brita graduada	m³	-	-	-	100,000

b) brita graduada tratada com cimento

A dosagem da mistura de brita graduada tratada com cimento é definida a partir da composição granulométrica apresentada na tabela 22.

Tabela 22 - Composição granulométrica para brita graduada tratada com cimento

Material	Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em massa (%)	Porcentagem retida, em massa (%)		
	ABNT	Abertura (mm)		Mínima	Máxima	Média
Brita 3	1 1/2"	38,100	100	0,00	0,00	0,00
Brita 2	1"	25,400	90-100	10,00	0,00	5,00
Brita 1	3/4"	19,100	75-95	15,00	5,00	10,00
Brita 0	3/8"	9,500	45-64	30,00	31,00	30,50
	Nº 4	4,750	30-45	15,00	19,00	17,00
Pó de pedra	Nº 10	2,000	18-33	12,00	12,00	12,00
	Nº 40	0,425	7-17	11,00	16,00	13,50
	Nº 80	0,180	1-11	6,00	6,00	6,00
	Nº 200	0,075	0-8	1,00	3,00	2,00

A tabela 23 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 23 - Consumos dos insumos - usinagem de brita graduada tratada com cimento

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/m³)	Massa específica (t/m³)	Consumo (un/m³)
Brita 2	m³	5,000	5,000	0,11000	1,50000	0,07333
Brita 1	m³	10,000	10,000	0,22001	1,50000	0,14667
Brita 0	m³	47,500	47,500	1,04501	1,50000	0,69667
Pó de pedra	m³	33,500	33,500	0,73700	1,50000	0,49133
Cimento Portland	kg	4,000	4,000	0,08800	1,40000	88,00000
Brita graduada com cimento	m³	100,000	100,000	-	2,20000	-



2.1.5.6 Operações de transporte

A tabela 24 apresenta as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

Tabela 24 - Serviços empregados nas operações de transporte - usinagem de brita graduada

Descrição	Código SICRO	Descrição
Brita 0, brita 1, brita 2 e pó de pedra	5914647	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m ³ - carga com carregadeira de 3,40 m ³ (exclusa) e descarga livre
	5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em leito natural
	5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em revestimento primário
	5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia pavimentada
Cimento Portland CP II - 32 - a granel	5914363	Carga, manobra e descarga de cimento a granel em caminhão silo de 30 m ³
	5914364	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m ³ - rodovia em leito natural
	5914365	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m ³ - rodovia em revestimento primário
	5914366	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m ³ - rodovia pavimentada
Brita produzida em central de britagem de 80 m ³ /h	5915407	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m ³ - carga com carregadeira de 3,40 m ³ e descarga livre
	5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em leito natural
	5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em revestimento primário
	5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia pavimentada

A tabela 25 apresenta os parâmetros referenciais de conversão para unidade de transporte dos insumos integrantes do serviço.

Tabela 25 - Conversão para transporte - usinagem de brita graduada

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte
M0005	Brita 0	1,50000 t/m ³
M0191	Brita 1	1,50000 t/m ³
M0192	Brita 2	1,50000 t/m ³
M1135	Pó de Pedra	1,50000 t/m ³
M1954	Cimento Portland CP II - 32 - a granel	0,00100 t/kg
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m ³ /h	1,50000 t/m ³



2.1.5.7 Critérios de medição

A medição do serviço de usinagem de brita graduada deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente produzido e aplicado em pista.

2.1.6 Usinagem de agregados para microrrevestimento a frio

O serviço consiste na operação de homogeneização dos agregados para microrrevestimento em usina.

2.1.6.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

As premissas empregadas na formulação das condições de contorno estabelecidas foram baseadas no seguinte dispositivo:

- DNIT ES 035/2018: *Pavimentação Asfáltica - Microrrevestimento asfáltico*.

2.1.6.2 Metodologia executiva

A modelagem referencial adotada na concepção das composições de custos do serviço pressupõe a execução das seguintes etapas:

- abastecimento da usina com brita e pó de pedra por meio da carregadeira de pneus;
- dosagem dos insumos e homogeneização por meio de usina misturadora de solos.

2.1.6.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- usina misturadora de pré-misturado a frio: líder de equipe;
- grupo gerador;
- carregadeira de pneus.

a) usina misturadora de pré-misturado a frio

A produção horária é estabelecida por método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{C_{ap} \times F_e}{F_{cv}}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;

C_{ap} representa a capacidade de produção da usina, em toneladas por hora;



F_e representa o fator de eficiência;

F_{cv} representa o fator de conversão para a mistura, em toneladas por metro cúbico.

O grupo gerador opera em conjunto com a usina misturadora de pré-misturado a frio, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

b) carregadeira de pneus

A produção horária é estabelecida por método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times C_{ap} \times F_{ca} \times F_e}{F_{cv} \times T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;

C_{ap} representa a capacidade da carregadeira de pneus, em metros cúbicos;

F_{ca} representa o fator de carga;

F_e representa o fator de eficiência;

F_{cv} representa o fator de conversão, em metros cúbicos por metro cúbico;

T_c representa o tempo de ciclo, em minutos.

2.1.6.4 Mão de obra

São empregados de forma acessória ao desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 2 serventes para auxiliar nas operações de carga e usinagem;
- 1 servente para atuar no controle da balança.

2.1.6.5 Materiais e atividades auxiliares

Para o serviço de usinagem de agregados para microrrevestimento a frio são utilizados os seguintes insumos:

- brita: consiste em agregado graúdo;
- pó de pedra: consiste em agregado miúdo.

A tabela 26 apresenta as faixas granulométricas adotadas como referência.

Tabela 26 - Faixas granulométricas para as espessuras de microrrevestimento a frio

Faixa granulométrica	Espessuras
Faixa II	0,80 cm
Faixa III	1,50 cm
Faixa III	2,00 cm



a) agregados para microrrevestimento - faixa II

A dosagem é definida a partir da composição granulométrica apresentada na tabela 27.

Tabela 27 - Composição granulométrica para agregados para microrrevestimento - faixa II

Material	Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em massa (%)	Porcentagem retida, em massa (%)		
	ABNT	Abertura (mm)		Mínima	Máxima	Média
Brita 1	3/8"	9,500	100-100	0,00	0,00	0,00
Brita 0	Nº 4	4,750	70-90	30,00	10,00	20,00
Pó de pedra	Nº 8	2,360	45-70	25,00	20,00	22,50
	Nº 16	1,180	28-50	17,00	20,00	18,50
	Nº 30	0,600	19-34	9,00	16,00	12,50
	Nº 50	0,300	12-25	7,00	9,00	8,00
	Nº 100	0,150	7-18	5,00	7,00	6,00
	Nº 200	0,075	5-15	2,00	3,00	2,50

A tabela 28 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 28 - Consumos dos insumos - usinagem de agregados para microrrevestimento - faixa II

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/m³)	Massa específica (t/m³)	Consumo (un/m³)
Brita 0	m³	20,00	20,00	0,30000	1,50000	0,20000
Pó de pedra	m³	80,00	80,00	1,20000	1,50000	0,80000
Agregados	m³	-	100,00	-	1,50000	-

b) agregados para microrrevestimento - faixa III

A dosagem é definida a partir da composição granulométrica apresentada na tabela 29.

Tabela 29 - Composição granulométrica para agregados para microrrevestimento – faixa III

Material	Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em massa (%)	Porcentagem retida, em massa (%)		
	ABNT	Abertura (mm)		Mínima	Máxima	Média
Brita 1	1/2"	12,700	100-100	0,00	0,00	0,00
	3/8"	9,500	85-100	15,00	0,00	7,50
Brita 0	Nº 4	4,750	60-87	25,00	13,00	19,00
Pó de pedra	Nº 8	2,360	40-60	20,00	27,00	23,50



Tabela 29 - Composição granulométrica para agregados para microrrevestimento - faixa III (2/2)

Material	Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em massa (%)	Porcentagem retida, em massa (%)		
	ABNT	Abertura (mm)		Mínima	Máxima	Média
Pó de pedra	Nº 16	1,180	28-45	12,00	15,00	13,50
	Nº 30	0,600	19-34	9,00	11,00	10,00
	Nº 50	0,300	14-25	5,00	9,00	7,00
	Nº 100	0,150	8-17	6,00	8,00	7,00
	Nº 200	0,075	4-8	4,00	3,00	3,50

A tabela 30 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 30 - Consumos dos insumos - usinagem de agregados para microrrevestimento - faixa III

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/m³)	Massa específica (t/m³)	Consumo (un/m³)
Brita 1	m³	7,500	7,500	0,11250	1,50000	0,07500
Brita 0	m³	19,000	19,000	0,28500	1,50000	0,19000
Pó de pedra	m³	73,500	73,500	1,10250	1,50000	0,73500
Agregados	m³	-	100,000	-	1,50000	-

2.1.6.6 Operações de transporte

A tabela 31 apresenta as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

Tabela 31 - Serviços empregados nas operações de transporte - usinagem de agregados para microrrevestimento a frio

Descrição	Código SICRO	Descrição
Brita 0, brita 1 e pó de pedra	5914647	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com carregadeira de 3,40 m³ (exclusa) e descarga livre
	5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
	5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
	5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada
Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h	5915407	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com carregadeira de 3,40 m³ e descarga livre
	5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural



Tabela 31 - Serviços empregados nas operações de transporte - usinagem de agregados para microrrevestimento a frio (2/2)

Descrição	Código SICRO	Descrição
Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h	5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
	5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada

A tabela 32 apresenta os parâmetros referenciais de conversão para unidade de transporte dos insumos integrantes do serviço.

Tabela 32 - Conversão para transporte - usinagem de agregados para microrrevestimento a frio

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte (t/m³)
M0005	Brita 0	1,50000
M0191	Brita 1	1,50000
M1135	Pó de pedra	1,50000
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m³/h	1,50000

2.1.6.7 Critérios de medição

A medição do serviço de usinagem de agregados para microrrevestimento deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente produzido, empregado em usina para confecção de microrrevestimento, com mistura final aplicada em pista.

2.2 Misturas asfálticas a frio

2.2.1 Usinagem de pré-misturado a frio (com e sem polímero)

O serviço consiste na confecção de pré-misturado a frio em usina.

2.2.1.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

As premissas empregadas na formulação das condições de contorno estabelecidas foram baseadas nos seguintes dispositivos:

- DNIT ES 153/2010: *Pavimentação asfáltica - Pré-misturado a frio com emulsão catiônica convencional*;
- DNER ES 390/1999: *Pavimentação - Pré-misturado a frio com emulsão modificada por polímero*.

2.2.1.2 Metodologia executiva

A modelagem referencial adotada na concepção das composições de custos do serviço pressupõe a execução das seguintes etapas:



- abastecimento da usina com os agregados por meio da carregadeira de pneus, emulsão asfáltica por meio de tanque de estocagem e material de enchimento (filer) por meio de caminhão silo;
- dosagem dos insumos e homogeneização por meio da usina misturadora de pré-misturado a frio.

2.2.1.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- usina misturadora de pré-misturado a frio: líder de equipe;
- grupo gerador;
- carregadeira de pneus;
- tanque de estocagem de asfalto.

a) usina misturadora de pré-misturado a frio

A produção horária é estabelecida por método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{C_{ap} \times F_e}{F_{cv}}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;

C_{ap} representa a capacidade de produção da usina, em toneladas por hora;

F_e representa o fator de eficiência;

F_{cv} representa o fator de conversão para a mistura, em toneladas por metro cúbico.

O grupo gerador opera em conjunto com a usina misturadora de pré-misturado a frio, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

b) carregadeira de pneus

A produção horária é estabelecida por método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times C_{ap} \times F_{ca} \times F_e}{F_{cv} \times T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;

C_{ap} representa a capacidade da carregadeira de pneus, em metros cúbicos;

F_{ca} representa o fator de carga;

F_e representa o fator de eficiência;



F_{cv} representa o fator de conversão, em metros cúbicos por metro cúbico;
 T_c representa o tempo de ciclo, em minutos.

c) tanque de estocagem de asfalto

São empregadas duas unidades de tanque de estocagem de asfalto para o desenvolvimento do serviço, sendo atribuída a utilização operativa integral na atividade.

2.2.1.4 Mão de obra

São empregados de forma acessória ao desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 2 serventes para auxiliar nas operações de carga e usinagem;
- 1 servente para atuar no controle da balança.

2.2.1.5 Materiais e atividades auxiliares

Para o serviço de usinagem de pré-misturado a frio são utilizados os seguintes insumos:

- brita: consiste em agregado graúdo;
- areia e pedrisco: consistem em agregados miúdos;
- cal hidratada: consiste em insumo aglomerante;
- emulsão asfáltica: consiste em ligante constituído pela dispersão entre uma fase asfáltica e outra aquosa, por meio da ação de agente emulsificador, sendo convencional ou modificada por polímero.

a) pré-misturado a frio - faixa A

A dosagem é definida a partir da composição granulométrica apresentada na tabela 33.

Tabela 33 - Composição granulométrica para pré-misturado a frio - faixa A

Material	Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em massa (%)	Porcentagem retida, em massa (%)		
	ABNT	Abertura (mm)		Mínima	Máxima	Média
Brita 2	1"	25,400	100-100	0,00	0,00	0,00
Brita 1	3/4"	19,100	75-100	25,00	0,00	12,50
Brita 1	1/2"	12,700	45-73,3	30,00	27,00	28,30
Brita 0	3/8"	9,500	30-60	15,00	13,00	14,20
Pedrisco	Nº 4	4,750	10-35	20,00	25,00	22,50
Areia média	Nº 10	2,000	5-20	5,00	15,00	10,00
	Nº 200	0,075	0-5	5,00	15,00	10,00



A tabela 34 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 34 - Consumos dos insumos - usinagem de pré-misturado a frio - faixa A

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/m³)	Massa específica (t/m³)	Coefficiente de perda	Consumo (un/m³)
Brita 1	m³	40,833	38,889	0,91233	1,50000	2,00%	0,60822
Brita 0	m³	14,167	13,492	0,31652	1,50000	2,00%	0,21101
Pedrisco	m³	22,500	21,429	0,50273	1,50000	2,00%	0,33515
Areia média	m³	20,000	19,048	0,44687	1,50000	2,00%	0,29791
Cal hidratada	kg	2,500	2,381	0,05586	1,40000	2,00%	55,85826
Emulsão asfáltica	t	5,000	7,937	0,18620	-	2,00%	0,18620
Pré-misturado a frio	m³	-	-	-	2,30000	-	-

b) pré-misturado a frio - faixa B

A dosagem é definida a partir da composição granulométrica apresentada na tabela 35.

Tabela 35 - Composição granulométrica para pré-misturado a frio - faixa B

Material	Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em massa (%)	Porcentagem retida, em massa (%)		
	ABNT	Abertura (mm)		Mínima	Máxima	Média
Brita 1	3/4"	19,100	100-100	0,00	0,00	0,00
	1/2"	12,700	75-100	25,00	0,00	12,50
Brita 0	3/8"	9,500	35-70	40,00	30,00	35,00
Pedrisco	Nº 4	4,750	15-40	20,00	30,00	25,00
Areia média	Nº 10	2,000	10-25	5,00	15,00	10,00
	Nº 200	0,075	0-5	10,00	20,00	15,00

A tabela 36 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 36 - Consumos dos insumos - usinagem de pré-misturado a frio - faixa B

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/m³)	Massa específica (t/m³)	Coefficiente de perda	Consumo (un/m³)
Brita 1	m³	12,500	11,905	0,27929	1,50000	2,00%	0,18619
Brita 0	m³	35,000	33,333	0,78200	1,50000	2,00%	0,52133
Pedrisco	m³	25,000	23,810	0,55859	1,50000	2,00%	0,37239
Areia média	m³	25,000	23,810	0,55859	1,50000	2,00%	0,37239
Cal hidratada	kg	2,500	2,381	0,05586	1,40000	2,00%	55,85826



Tabela 36 - Consumos dos insumos - usinagem de pré-misturado a frio - faixa B (2/2)

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/m³)	Massa específica (t/m³)	Coefficiente de perda	Consumo (un/m³)
Emulsão asfáltica	t	5,000	7,937	0,18620	-	2,00%	0,18620
Pré-misturado a frio	m³	-	-	-	2,34600	-	-

c) pré-misturado a frio - faixa C

A dosagem é definida a partir da composição granulométrica apresentada na tabela 37.

Tabela 37 - Composição granulométrica para pré-misturado a frio - faixa C

Material	Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em massa (%)	Porcentagem retida, em massa (%)		
	ABNT	Abertura (mm)		Mínima	Máxima	Média
Brita 2	1"	25,400	100-100	0,00	0,00	0,00
Brita 1	3/4"	19,100	95-100	5,00	0,00	2,50
	1/2"	12,700	58,3-80	36,67	20,00	28,33
Brita 0	3/8"	9,500	40-70	18,33	10,00	14,17
Pedrisco	Nº 4	4,750	20-40	20,00	30,00	25,00
Areia média	Nº 10	2,000	10-25	10,00	15,00	12,50
Areia média	Nº 200	0,075	0-8	10,00	17,00	13,50

A tabela 38 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 38 - Consumos dos insumos - usinagem de pré-misturado a frio - faixa C

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/m³)	Massa específica (t/m³)	Coefficiente de perda	Consumo (un/m³)
Brita 1	m³	30,833	29,365	0,68891	1,50000	2,00%	0,45927
Brita 0	m³	14,167	13,492	0,31652	1,50000	2,00%	0,21101
Pedrisco	m³	25,000	23,810	0,55859	1,50000	2,00%	0,37239
Areia média	m³	26,000	24,762	0,58092	1,50000	2,00%	0,38728
Cal hidratada	kg	4,000	3,810	0,08938	1,40000	2,00%	89,38260
Emulsão asfáltica	t	5,000	7,937	0,18620	-	2,00%	0,18620
Pré-misturado a frio	m³	-	-	-	2,34600	-	-



d) pré-misturado a frio - faixa C - emulsão asfáltica com polímero

A dosagem é definida a partir da composição granulométrica apresentada na tabela 37.

A tabela 39 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 39 - Consumos dos insumos - usinagem de pré-misturado a frio - faixa C com emulsão asfáltica com polímero

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/m³)	Massa específica (t/m³)	Coefficiente de perda	Consumo (un/m³)
Brita 1	m³	30,833	29,226	0,68564	1,50000	2,00%	0,45709
Brita 0	m³	14,167	13,428	0,31502	1,50000	2,00%	0,21001
Pedrisco	m³	25,000	23,697	0,55593	1,50000	2,00%	0,37062
Areia média	m³	26,000	24,645	0,57818	1,50000	2,00%	0,38545
Cal hidratada	kg	4,000	3,791	0,08894	1,40000	2,00%	88,93686
Emulsão asfáltica	t	5,500	8,689	0,20384	-	2,00%	0,20384
Pré-misturado a frio	m³	-	-	-	2,34600		-

e) pré-misturado a frio - faixa D

A dosagem é definida a partir da composição granulométrica apresentada na tabela 40.

Tabela 40 - Composição granulométrica para pré-misturado a frio - faixa D

Material	Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em massa (%)	Porcentagem retida, em massa (%)		
	ABNT	Abertura (mm)		Mínima	Máxima	Média
Brita 1	3/4"	19,100	100-100	0,00	0,00	0,00
	1/2"	12,700	95-100	5,00	0,00	2,50
Brita 0	3/8"	9,500	45-80	50,00	20,00	35,00
Pedrisco	Nº 4	4,750	25-45	20,00	35,00	27,50
Areia média	Nº 10	2,000	15-30	10,00	15,00	12,50
	Nº 200	0,075	0-8	15,00	22,00	18,50

A tabela 41 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

**Tabela 41 - Consumos dos insumos - usinagem de pré-misturado a frio - faixa D**

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/m³)	Massa específica (t/m³)	Coefficiente de perda	Consumo (un/m³)
Brita 0	m³	37,500	35,714	0,83786	1,50000	2,00%	0,55857
Pedrisco	m³	27,500	26,190	0,61442	1,50000	2,00%	0,40961
Areia média	m³	31,000	29,524	0,69264	1,50000	2,00%	0,46176
Cal hidratada	kg	4,000	3,810	0,08938	1,40000	2,00%	89,38260
Emulsão asfáltica	t	5,000	7,937	0,18620	-	2,00%	0,18620
Pré-misturado a frio	m³	-	-	-	2,34600	-	-

f) pré-misturado a frio - faixa D - emulsão asfáltica com polímero

A dosagem é definida a partir da composição granulométrica apresentada na tabela 42.

Tabela 42 - Composição granulométrica para pré-misturado a frio - faixa D

Material	Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em massa (%)	Porcentagem retida, em massa (%)		
	ABNT	Abertura (mm)		Mínima	Máxima	Média
Brita 1	3/4"	19,100	100-100	0,00	0,00	0,00
	1/2"	12,700	95-100	5,00	0,00	2,50
Brita 0	3/8"	9,500	45-80	50,00	20,00	35,00
Pedrisco	Nº 4	4,750	25-45	20,00	35,00	27,50
Areia média	Nº 10	2,000	14-30	11,00	15,00	13,00
	Nº 200	0,075	0-8	14,00	22,00	18,00

A tabela 43 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 43 - Consumos dos insumos - usinagem de pré-misturado a frio - faixa D com emulsão asfáltica com polímero

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/m³)	Massa específica (t/m³)	Coefficiente de perda	Consumo (un/m³)
Brita 0	m³	37,500	35,545	0,83388	1,50000	2,00%	0,55592
Pedrisco	m³	27,500	26,066	0,61151	1,50000	2,00%	0,40767
Areia média	m³	31,000	29,384	0,68936	1,50000	2,00%	0,45957
Cal hidratada	kg	4,000	3,791	0,08894	1,40000	2,00%	88,93686
Emulsão asfáltica	t	5,500	8,689	0,20384	-	2,00%	0,20384
Pré-misturado a frio	m³	-	-	-	2,34600	-	-



2.2.1.6 Operações de transporte

A tabela 44 apresenta as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

Tabela 44 - Serviços empregados nas operações de transporte - usinagem de pré-misturado a frio

Descrição	Código SICRO	Descrição
Areia média, brita 0, brita 1 e pedrisco	5914647	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m ³ - carga com carregadeira de 3,40 m ³ (exclusa) e descarga livre
	5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em leito natural
	5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em revestimento primário
	5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia pavimentada
Cal hidratada - a granel	5914363	Carga, manobra e descarga de cimento a granel em caminhão silo de 30 m ³
	5914364	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m ³ - rodovia em leito natural
	5914365	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m ³ - rodovia em revestimento primário
	5914366	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m ³ - rodovia pavimentada
Areia extraída e brita produzida	5915407	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m ³ - carga com carregadeira de 3,40 m ³ e descarga livre
	5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em leito natural
	5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em revestimento primário
	5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia pavimentada

A tabela 45 apresenta os parâmetros referenciais de conversão para unidade de transporte dos insumos integrantes do serviço.

Tabela 45 - Conversão para transporte - usinagem de pré-misturado a frio

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte
M0028	Areia média	1,50000 t/m ³
M0005	Brita 0	1,50000 t/m ³
M0191	Brita 1	1,50000 t/m ³
M1103	Pedrisco	1,50000 t/m ³
M0344	Cal hidratada - a granel	0,00100 t/kg
4816020	Areia extraída com draga de sucção tipo bomba	1,50000 t/m ³
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m ³ /h	1,50000 t/m ³



2.2.1.7 Critérios de medição

A medição do serviço de usinagem de pré-misturado a frio deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente produzido e aplicado em pista.

2.3 Misturas asfálticas a quente

2.3.1 Usinagem de micro pré-misturado a quente (com polímero)

O serviço consiste na confecção de micro pré-misturado a quente em usina.

2.3.1.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

As premissas empregadas na formulação das condições de contorno estabelecidas foram baseadas no seguinte dispositivo:

- DNER ES 388/1999: *Pavimentação - Micro pré-misturado a quente com asfalto polímero.*

2.3.1.2 Metodologia executiva

A modelagem referencial adotada na concepção das composições de custos do serviço pressupõe a execução das seguintes etapas:

- abastecimento da usina com os agregados por meio da carregadeira de pneus, cimento asfáltico por meio de tanque de estocagem e material de enchimento (filer) por meio de caminhão silo;
- aquecimento do cimento asfáltico;
- aquecimento e secagem dos agregados;
- dosagem dos insumos e homogeneização por meio da usina de asfalto a quente.

2.3.1.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- usina de asfalto a quente gravimétrica: líder de equipe;
- grupo gerador;
- aquecedor de fluido térmico;
- carregadeira de pneus;
- tanque de estocagem de asfalto.

a) usina de asfalto a quente

A produção horária é estabelecida por método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:



$$P = C_{ap} \times F_e$$

onde:

P representa a produção horária, em toneladas por hora;

C_{ap} representa a capacidade de produção da usina, em toneladas por hora;

F_e representa o fator de eficiência.

O grupo gerador e o aquecedor de fluido térmico operam em conjunto com a usina de asfalto, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

b) carregadeira de pneus

A produção horária é estabelecida por método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times C_{ap} \times F_{ca} \times F_e}{F_{cv} \times T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em toneladas por hora;

C_{ap} representa a capacidade da carregadeira de pneus, em metros cúbicos;

F_{ca} representa o fator de carga;

F_e representa o fator de eficiência;

F_{cv} representa o fator de conversão, em metros cúbicos por tonelada;

T_c representa o tempo de ciclo, em minutos.

c) tanque de estocagem de asfalto

São empregadas duas unidades de tanque de estocagem de asfalto para o desenvolvimento do serviço, sendo atribuída a utilização operativa integral na atividade.

2.3.1.4 Mão de obra

São empregados de forma acessória ao desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 2 serventes para auxiliar nas operações de carga e usinagem;
- 1 servente para atuar no controle da balança;
- 1 servente para atuar no controle e monitoramento da temperatura da usina.

2.3.1.5 Materiais e atividades auxiliares

Para o serviço de usinagem de micro pré-misturado a quente são utilizados os seguintes insumos:



- brita: consiste em agregado graúdo;
- pedrisco e pó de pedra: consistem em agregados miúdos;
- cal hidratada: consiste em insumo aglomerante;
- cimento asfáltico com polímero: consiste em ligante asfáltico com comportamento termoplástico, semissólido ou sólido à temperatura ambiente, obtido para apresentar características específicas para o emprego na construção de pavimentos por meio de processo a quente.

a) micro pré-misturado a quente com asfalto polímero

A dosagem de micro pré-misturado a quente com asfalto polímero para a faixa A é definida a partir da composição granulométrica apresentada na tabela 46.

Tabela 46 - Composição granulométrica para micro pré-misturado a quente com asfalto polímero - faixa A

Material	Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em massa (%)	Porcentagem retida, em massa (%)		
	ABNT	Abertura (mm)		Mínima	Máxima	Média
Brita 0	3/8"	9,500	100-100	0,00	0,00	0,00
Pedrisco	Nº 4	4,750	50-90	50,00	10,00	30,00
Pó de pedra	Nº 10	2,000	30-75	20,00	15,00	17,50
	Nº 40	0,425	15-40	15,00	35,00	25,00
	Nº 80	0,180	8-30	7,00	10,00	8,50
	Nº 200	0,075	5-10	3,00	20,00	1,50

A tabela 47 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 47 - Consumos dos insumos - usinagem de micro pré-misturado a quente com asfalto polímero - faixa A

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/t)	Massa específica (t/m³)	Consumo (un/t)
Pedrisco	m³	30,000	29,703	0,29703	1,50000	0,19802
Pó de pedra	m³	62,500	61,881	0,61881	1,50000	0,41254
Cal hidratada	kg	3,000	2,970	0,02970	1,40000	29,70297
Cimento asfáltico	t	5,500	5,446	0,05446	-	0,05446
Micro pré-misturado	t	-	100,000	1,00000	-	-

A dosagem de micro pré-misturado a quente com asfalto polímero para a faixa B é definida a partir da composição granulométrica apresentada na tabela 48.



Tabela 48 - Composição granulométrica para micro pré-misturado a quente com asfalto polímero - faixa B

Material	Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em massa (%)	Porcentagem retida, em massa (%)		
	ABNT	Abertura (mm)		Mínima	Máxima	Média
Brita 0	3/8"	9,500	100-100	0,00	0,00	0,00
Pedrisco	Nº 4	4,750	65-92	35,00	8,00	21,50
Pó de pedra	Nº 10	2,000	40-80	25,00	12,00	18,50
	Nº 40	0,425	15-48	25,00	32,00	28,50
	Nº 80	0,180	6-35	9,00	13,00	11,00
	Nº 200	0,075	2-15	4,00	20,00	12,00

A tabela 49 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 49 - Consumos dos insumos - usinagem de micro pré-misturado a quente com asfalto polímero - faixa B

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/t)	Massa específica (t/m³)	Consumo (un/t)
Pedrisco	m³	21,500	21,500	0,21500	1,50000	0,14333
Pó de pedra	m³	70,000	70,000	0,70000	1,50000	0,46667
Cal hidratada	kg	3,000	3,000	0,03000	1,40000	30,00000
Cimento asfáltico	t	5,500	5,500	0,05500	-	0,05500
Micro pré-misturado	t	-	100,000	1,00000	-	-

O consumo referencial adotado é definido por meio da média obtida para as faixas A e B, consoante aos valores apresentados na tabela 50.

Tabela 50 - Consumos dos insumos - usinagem de micro pré-misturado a quente com asfalto polímero

Material	Unidade	Coeficiente de perda	Consumo final (un/t)	Porcentagem efetiva (%)	Massa específica (t/m³)	Massa (t/t)
Pedrisco	m³	2,00%	0,17409	25,601	1,50000	0,26114
Pó de pedra	m³	2,00%	0,44840	65,941	1,50000	0,67260
Cal hidratada	kg	2,00%	30,44700	2,985	1,40000	0,03045
Cimento asfáltico	t	2,00%	0,05582	5,473	-	0,05582
Micro pré-misturado	t		-	100,000	-	1,00000

b) óleo tipo A1

Consiste em óleo combustível de baixo ponto de fluidez utilizado no queimador da usina de asfalto a quente para secagem dos agregados.



O consumo referencial de óleo combustível adotado é de 8,00 litros por unidade de serviço executado.

2.3.1.6 Operações de transporte

A tabela 51 apresenta as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

Tabela 51 - Serviços empregados nas operações de transporte - usinagem de micro pré-misturado a quente com asfalto polímero

Descrição	Código SICRO	Descrição
Pó de pedra e pedrisco	5914647	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m ³ - carga com carregadeira de 3,40 m ³ (exclusa) e descarga livre
	5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em leito natural
	5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em revestimento primário
	5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia pavimentada
Cal hidratada - a granel	5914363	Carga, manobra e descarga de cimento a granel em caminhão silo de 30 m ³
	5914364	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m ³ - rodovia em leito natural
	5914365	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m ³ - rodovia em revestimento primário
	5914366	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m ³ - rodovia pavimentada
Brita produzida em central de britagem de 80 m ³ /h	5915407	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m ³ - carga com carregadeira de 3,40 m ³ e descarga livre
	5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em leito natural
	5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em revestimento primário
	5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia pavimentada

A tabela 52 apresenta os parâmetros referenciais de conversão para unidade de transporte dos insumos integrantes do serviço.

Tabela 52 - Conversão para transporte - usinagem de micro pré-misturado a quente com asfalto polímero

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte
M1135	Pó de pedra	1,50000 t/m ³
M1103	Pedrisco	1,50000 t/m ³
M0344	Cal hidratada - a granel	0,00100 t/kg
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m ³ /h	1,50000 t/m ³



2.3.1.7 Critérios de medição

A medição do serviço de usinagem de microrrevestimento pré-misturado a quente deve ser realizada em toneladas, em função da massa efetivamente produzida e aplicada em pista.

2.3.2 Usinagem de pré-misturado a quente (com polímero)

O serviço consiste na confecção de pré-misturado a quente em usina.

2.3.2.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

As premissas empregadas na formulação das condições de contorno estabelecidas foram baseadas no seguinte dispositivo:

- DNER ES 386/1999: *Pavimentação - Pré-misturado a quente com asfalto polímero - camada porosa de atrito.*

2.3.2.2 Metodologia executiva

A modelagem referencial adotada na concepção das composições de custos do serviço pressupõe a execução das seguintes etapas:

- abastecimento da usina com os agregados por meio da carregadeira de pneus, cimento asfáltico por meio de tanque de estocagem e material de enchimento (filer) por meio de caminhão silo;
- aquecimento do cimento asfáltico;
- aquecimento e secagem dos agregados;
- dosagem dos insumos e homogeneização por meio da usina de asfalto a quente.

2.3.2.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- usina de asfalto a quente gravimétrica: líder de equipe;
- grupo gerador;
- aquecedor de fluido térmico;
- carregadeira de pneus;
- tanque de estocagem de asfalto.

a) usina de asfalto a quente

A produção horária é estabelecida por método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = C_{ap} \times F_e$$



onde:

P representa a produção horária, em toneladas por hora;

C_{ap} representa a capacidade de produção da usina, em toneladas por hora;

F_e representa o fator de eficiência.

O grupo gerador e o aquecedor de fluido térmico operam em conjunto com a usina de asfalto, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

b) carregadeira de pneus

A produção horária é estabelecida por método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{C_{ap} \times F_{ca} \times F_e}{F_{cv} \times T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em toneladas por hora;

C_{ap} representa a capacidade da carregadeira de pneus, em metros cúbicos;

F_{ca} representa o fator de carga;

F_e representa o fator de eficiência;

F_{cv} representa o fator de conversão, em metros cúbicos por tonelada;

T_c representa o tempo de ciclo, em minutos.

c) tanque de estocagem de asfalto

São empregadas duas unidades de tanque de estocagem de asfalto para o desenvolvimento do serviço, sendo atribuída a utilização operativa integral na atividade.

2.3.2.4 Mão de obra

São empregados de forma acessória ao desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 2 serventes para auxiliar nas operações de carga e usinagem;
- 1 servente para atuar no controle da balança;
- 1 servente para atuar no controle e monitoramento da temperatura da usina.

2.3.2.5 Materiais e atividades auxiliares

Para o serviço de usinagem de pré-misturado a quente são utilizados os seguintes insumos:

- brita: consiste em agregado graúdo;



- pedrisco e areia: consistem em agregados miúdos;
- cal hidratada: consiste em insumo aglomerante;
- cimento asfáltico com polímero: consiste em ligante asfáltico com comportamento termoplástico, semissólido ou sólido à temperatura ambiente, obtido para apresentar características específicas para o emprego na construção de pavimentos por meio de processo a quente.

a) pré-misturado a quente - faixa I

A dosagem é definida a partir da composição granulométrica apresentada na tabela 53.

Tabela 53 - Composição granulométrica para pré-misturado a quente com asfalto polímero - faixa I

Material	Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em massa (%)	Porcentagem retida, em massa (%)		
	ABNT	Abertura (mm)		Mínima	Máxima	Média
Brita 1	1/2"	12,700	100-100	0,00	0,00	0,00
Brita 0	3/8"	9,500	80-100	20,00	0,00	10,00
Pedrisco	Nº 4	4,750	20-40	60,00	60,00	60,00
Areia média	Nº 10	2,000	12-20	8,00	20,00	14,00
	Nº 40	0,425	8-14	4,00	6,00	5,00
	Nº 80	0,180	6,21-10,79	1,79	3,21	2,50
	Nº 200	0,075	3-5	3,21	5,79	4,50

A tabela 54 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 54 - Consumos dos insumos - usinagem de pré-misturado a quente com asfalto polímero - faixa I

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/t)	Massa específica (t/m³)	Coefficiente de perda	Consumo (un/t)
Brita 0	m³	10,00	9,524	0,09714	1,50000	2,00%	0,06476
Pedrisco	m³	60,00	57,143	0,58286	1,50000	2,00%	0,38857
Areia média	m³	26,00	24,762	0,25257	1,50000	2,00%	0,16838
Cal hidratada	kg	4,00	3,810	0,03885	1,40000	2,00%	38,85180
Cimento asfáltico	t	5,00	4,762	0,04857	-	2,00%	0,04857
Pré-misturado a quente	t	-	100,000	1,02000	-	-	-

b) pré-misturado a quente - faixa II

A dosagem é definida a partir da composição granulométrica apresentada na tabela 55.



Tabela 55 - Composição granulométrica para pré-misturado a quente com asfalto polímero - faixa II

Material	Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em massa (%)	Porcentagem retida, em massa (%)		
	ABNT	Abertura (mm)		Mínima	Máxima	Média
Brita 1	1/2"	12,700	100-100	0,00	0,00	0,00
Brita 0	3/8"	9,500	70-100	30,00	0,00	15,00
Pedrisco	Nº 4	4,750	20-40	50,00	60,00	55,00
Areia média	Nº 10	2,000	5-20	15,00	20,00	17,50
	Nº 40	0,425	2,22-8,88	2,78	11,12	6,95
	Nº 80	0,180	2-8	0,22	0,88	0,55
	Nº 200	0,075	0-4	2,00	4,00	3,00

A tabela 56 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 56 - Consumos dos insumos - usinagem de pré-misturado a quente com asfalto polímero - faixa II

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/t)	Massa específica (t/m³)	Coefficiente de perda	Consumo (un/t)
Brita 0	m³	15,00	14,286	0,14571	1,50000	2,00%	0,09714
Pedrisco	m³	55,00	52,381	0,53429	1,50000	2,00%	0,35619
Areia média	m³	28,00	26,667	0,27201	1,50000	2,00%	0,18134
Cal hidratada	kg	2,00	1,904	0,01942	1,40000	2,00%	19,42080
Cimento asfáltico	t	5,00	4,762	0,04857	-	2,00%	0,04857
Pré-misturado a quente	t	-	100,00	1,02000	-	-	-

c) pré-misturado a quente - faixa III

A dosagem é definida a partir da composição granulométrica apresentada na tabela 57.

Tabela 57 - Composição granulométrica para pré-misturado a quente com asfalto polímero - faixa III

Material	Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em massa (%)	Porcentagem retida, em massa (%)		
	ABNT	Abertura (mm)		Mínima	Máxima	Média
Brita 1	1/2"	12,700	100-100	0,00	0,00	0,00
Brita 0	3/8"	9,500	80-90	20,00	10,00	15,00
Pedrisco	Nº 4	4,750	40-50	40,00	40,00	40,00



Tabela 57 - Composição granulométrica para pré-misturado a quente com asfalto polímero - faixa III (2/2)

Material	Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em massa (%)	Porcentagem retida, em massa (%)		
	ABNT	Abertura (mm)		Mínima	Máxima	Média
Areia média	Nº 10	2,000	10-18	30,00	32,00	31,00
	Nº 40	0,425	6-12	4,00	6,00	5,00
	Nº 80	0,180	4,93-9,86	1,07	2,14	1,61
	Nº 200	0,075	3-6	1,93	3,86	2,89

A tabela 58 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 58 - Consumos dos insumos - usinagem de pré-misturado a quente com asfalto polímero - faixa III

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/t)	Massa específica (t/m³)	Coefficiente de perda	Consumo (un/t)
Brita 0	m³	15,000	14,286	0,14286	1,50000	2,00%	0,14571
Pedrisco	m³	40,000	38,095	0,38096	1,50000	2,00%	0,38858
Areia média	m³	40,500	38,571	0,38571	1,50000	2,00%	0,39342
Cal hidratada	kg	4,500	4,286	0,04286	1,40000	2,00%	0,04372
Cimento asfáltico	t	5,000	4,762	0,04762	-	2,00%	0,04857
Pré-misturado a quente	t	-	100,00	1,02000	-		-

d) pré-misturado a quente - faixa IV

A dosagem é definida a partir da composição granulométrica apresentada na tabela 59.

Tabela 59 - Composição granulométrica para pré-misturado a quente com asfalto polímero - faixa IV

Material	Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em massa (%)	Porcentagem retida, em massa (%)		
	ABNT	Abertura (mm)		Mínima	Máxima	Média
Brita 1	1/2"	12,700	100-100	0,00	0,00	0,00
Brita 0	3/8"	9,500	70-90	30,00	10,00	20,00
Pedrisco	Nº 4	4,750	15-30	55,00	60,00	57,50
Areia média	Nº 10	2,000	10-22	5,00	8,00	6,50
	Nº 40	0,425	6-13	4,00	9,00	6,50
	Nº 80	0,180	4,93-10,50	1,07	2,50	1,79
	Nº 200	0,075	3-6	1,93	4,50	3,21



A tabela 60 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 60 - Consumos dos insumos - usinagem de pré-misturado a quente com asfalto polímero - faixa IV

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/t)	Massa específica (t/m³)	Coefficiente de perda	Consumo (un/t)
Brita 0	m³	20,000	19,048	0,19430	1,50000	2,00%	0,12953
Pedrisco	m³	57,500	54,762	0,55857	1,50000	2,00%	0,37238
Areia média	m³	18,000	17,143	0,17486	1,50000	2,00%	0,11657
Cal hidratada	kg	4,500	4,285	0,04371	1,40000	2,00%	43,70700
Cimento asfáltico	t	5,000	4,762	0,04857	-	2,00%	0,04857
Pré-misturado a quente	t	-	100,00	1,02000	-	-	-

e) pré-misturado a quente - faixa V

A dosagem é definida a partir da composição granulométrica apresentada na tabela 61.

Tabela 61 - Composição granulométrica para pré-misturado a quente com asfalto polímero - faixa V

Material	Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em massa (%)	Porcentagem retida, em massa (%)		
	ABNT	Abertura (mm)		Mínima	Máxima	Média
Brita 1	3/4"	19,100	100-100	0,00	0,00	0,00
	1/2"	12,700	70-100	30,00	0,00	15,00
Brita 0	3/8"	9,500	50-80	20,00	20,00	20,00
Pedrisco	Nº 4	4,750	18-30	32,00	50,00	41,00
Areia média	Nº 10	2,000	10-22	8,00	8,00	8,00
	Nº 40	0,425	6-13	4,00	9,00	6,50
	Nº 80	0,180	4,93-10,50	1,07	2,50	1,79
	Nº 200	0,075	3-6	1,93	4,50	3,21

A tabela 62 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 62 - Consumos dos insumos - usinagem de pré-misturado a quente com asfalto polímero - faixa V

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/t)	Massa específica (t/m³)	Coefficiente de perda	Consumo (un/t)
Brita 1	m³	15,000	14,286	0,14571	1,50000	2,00%	0,09714
Brita 0	m³	20,000	19,048	0,19430	1,50000	2,00%	0,12953



Tabela 62 - Consumos dos insumos - usinagem de pré-misturado a quente com asfalto polímero - faixa V (2/2)

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/t)	Massa específica (t/m³)	Coefficiente de perda	Consumo (un/t)
Pedrisco	m³	41,000	39,048	0,39830	1,50000	2,00%	0,26553
Areia média	m³	19,500	18,571	0,18942	1,50000	2,00%	0,12628
Cal hidratada	kg	4,500	4,285	0,04371	1,40000	2,00%	43,707000
Cimento asfáltico	t	5,000	4,762	0,04857	-	2,00%	0,04857
Pré-misturado a quente	t	-	100,00	1,02000	-	-	-

f) óleo tipo A1

Consiste em óleo combustível de baixo ponto de fluidez utilizado no queimador da usina de asfalto a quente para secagem dos agregados.

O consumo referencial adotado é de 8,00 litros por unidade de serviço executado.

2.3.2.6 Operações de transporte

A tabela 63 apresenta as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

Tabela 63 - Serviços empregados nas operações de transporte - usinagem de pré-misturado a quente

Descrição	Código SICRO	Descrição
Areia média, brita 0, brita 1 e pedrisco	5914647	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com carregadeira de 3,40 m³ (exclusa) e descarga livre
	5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
	5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
	5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada
Cal hidratada - a granel	5914363	Carga, manobra e descarga de cimento a granel em caminhão silo de 30 m³
	5914364	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m³ - rodovia em leito natural
	5914365	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m³ - rodovia em revestimento primário
	5914366	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m³ - rodovia pavimentada



Tabela 63 - Serviços empregados nas operações de transporte - usinagem de pré-misturado a quente (2/2)

Descrição	Código SICRO	Descrição
Areia extraída e brita produzida	5915407	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m ³ - carga com carregadeira de 3,40 m ³ e descarga livre
	5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em leito natural
	5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em revestimento primário
	5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia pavimentada

A tabela 64 apresenta os parâmetros referenciais de conversão para unidade de transporte dos insumos integrantes do serviço.

Tabela 64 - Conversão para transporte - usinagem de pré-misturado a quente

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte
M0028	Areia média	1,50000 t/m ³
M0005	Brita 0	1,50000 t/m ³
M0191	Brita 1	1,50000 t/m ³
M1103	Pedrisco	1,50000 t/m ³
M0344	Cal hidratada - a granel	0,00100 t/kg
4816020	Areia extraída com draga de sucção tipo bomba	1,50000 t/m ³
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m ³ /h	1,50000 t/m ³

2.3.2.7 Critérios de medição

A medição do serviço de usinagem de pré-misturado a quente deve ser realizada em toneladas, em função da massa efetivamente produzida e aplicada em pista.

2.3.3 Usinagem de areia-asfalto (com e sem polímero)

O serviço consiste na confecção da mistura de areia-asfalto em usina.

2.3.3.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

As premissas empregadas na formulação das condições de contorno estabelecidas foram baseadas nos seguintes dispositivos:

- DNIT ES 032/2005: *Pavimentos Flexíveis - Areia-asfalto a quente*;
- DNER ES 387/1999: *Pavimentação - Areia asfalto a quente com asfalto polímero*.



2.3.3.2 Metodologia executiva

A modelagem referencial adotada na concepção das composições de custos do serviço pressupõe a execução das seguintes etapas:

- abastecimento da usina com os agregados por meio da carregadeira de pneus, cimento asfáltico por meio de tanque de estocagem e material de enchimento (filer) por meio de caminhão silo;
- aquecimento do cimento asfáltico;
- aquecimento e secagem da areia;
- dosagem dos insumos e homogeneização por meio da usina de asfalto a quente.

2.3.3.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- usina de asfalto a quente gravimétrica: líder de equipe;
- grupo gerador;
- aquecedor de fluido térmico;
- carregadeira de pneus;
- tanque de estocagem de asfalto.

a) usina de asfalto a quente

A produção horária é estabelecida por método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = C_{ap} \times F_e$$

onde:

P representa a produção horária, em toneladas por hora;

C_{ap} representa a capacidade de produção da usina, em toneladas por hora;

F_e representa o fator de eficiência.

O grupo gerador e o aquecedor de fluido térmico operam em conjunto com a usina de asfalto, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

b) carregadeira de pneus

A produção horária é estabelecida por método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times C_{ap} \times F_{ca} \times F_e}{F_{cv} \times T_c}$$



onde:

P representa a produção horária, em toneladas por hora;
 C_{ap} representa a capacidade da carregadeira de pneus, em metros cúbicos;
 F_{ca} representa o fator de carga;
 F_e representa o fator de eficiência;
 F_{cv} representa o fator de conversão, em metros cúbicos por tonelada;
 T_c representa o tempo de ciclo, em minutos.

c) tanque de estocagem de asfalto

São empregadas duas unidades de tanque de estocagem de asfalto para o desenvolvimento do serviço, sendo atribuída a utilização operativa integral na atividade.

2.3.3.4 Mão de obra

São empregados de forma acessória ao desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 2 serventes para auxiliar nas operações de carga e usinagem;
- 1 servente para atuar no controle da balança;
- 1 servente para atuar no controle e monitoramento da temperatura da usina.

2.3.3.5 Materiais e atividades auxiliares

Para o serviço de usinagem de areia-asfalto a quente são utilizados os seguintes insumos:

- areia: consistem em agregados miúdos;
- cal hidratada: consiste em insumo aglomerante;
- cimento asfáltico: consiste em ligante asfáltico com comportamento termoplástico, semissólido ou sólido à temperatura ambiente, obtido para apresentar características específicas para o emprego na construção de pavimentos por meio de processo a quente, sendo convencional ou modificado por polímero.

a) areia-asfalto a quente - faixa A

A dosagem é definida a partir da composição granulométrica apresentada na tabela 65.



Tabela 65 - Composição granulométrica para areia-asfalto - faixa A

Material	Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em massa (%)	Porcentagem retida, em massa (%)		
	ABNT	Abertura (mm)		Mínima	Máxima	Média
Brita 0	3/8"	9,500	100-100	0,00	0,00	0,00
Areia média	Nº 4	4,750	80-100	20,00	0,00	10,00
	Nº 10	2,000	60-95	20,00	5,00	12,50
	Nº 40	0,425	16-52	44,00	43,00	43,50
	Nº 80	0,180	4-15	12,00	37,00	24,50
	Nº 200	0,075	2-10	2,00	5,00	3,50

A tabela 66 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 66 - Consumos dos insumos - usinagem de areia-asfalto - faixa A

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/t)	Massa específica (t/m³)	Coefficiente de perda	Consumo (un/t)
Areia média	m³	94,00	86,238	0,87963	1,50000	2,00%	0,58642
Cal hidratada	kg	6,00	5,505	0,05615	-	2,00%	56,15000
Cimento asfáltico	t	9,00	8,257	0,08422	-	2,00%	0,08422
Areia-asfalto	t	-	100,000	1,02000	-	-	-

b) areia-asfalto a quente - faixa B

A dosagem é definida a partir da composição granulométrica apresentada na tabela 67.

Tabela 67 - Composição granulométrica para areia-asfalto - faixa B

Material	Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em massa (%)	Porcentagem retida, em massa (%)		
	ABNT	Abertura (mm)		Mínima	Máxima	Média
Areia média	Nº 4	4,750	100-100	0,00	0,00	0,00
Areia média	Nº 10	2,000	90-100	10,00	0,00	5,00
	Nº 40	0,425	40-90	50,00	10,00	30,00
	Nº 80	0,180	10-47	30,00	43,00	36,50
	Nº 200	0,075	0-7	10,00	40,00	25,00

A tabela 68 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.



Tabela 68 - Consumos dos insumos - usinagem de areia-asfalto - faixa B

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/t)	Massa específica (t/m³)	Coefficiente de perda	Consumo (un/t)
Areia média	m³	96,500	88,128	0,89891	1,50000	2,00%	0,59927
Cal hidratada	kg	3,500	3,196	0,03260	-	2,00%	32,60000
Cimento asfáltico	t	9,500	8,676	0,08850	-	2,00%	0,08850
Areia-asfalto	t	-	100,00	1,02000	-	-	-

c) areia-asfalto a quente com asfalto polímero - faixa A

A dosagem é definida a partir da composição granulométrica apresentada na tabela 69.

Tabela 69 - Composição granulométrica para areia-asfalto com asfalto polímero - faixa A

Material	Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em massa (%)	Porcentagem retida, em massa (%)		
	ABNT	Abertura (mm)		Mínima	Máxima	Média
Areia média	Nº 4	4,750	100-100	0,00	0,00	0,00
	Nº 10	2,000	90-100	10,00	0,00	5,00
	Nº 40	0,425	40-90	50,00	10,00	30,00
	Nº 80	0,180	10-47	30,00	43,00	36,50
	Nº 200	0,075	0-7	10,00	40,00	25,00

A tabela 70 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 70 - Consumos dos insumos - usinagem de areia-asfalto com asfalto polímero - faixa A

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/t)	Massa específica (t/m³)	Coefficiente de perda	Consumo (un/t)
Areia média	m³	96,500	90,611	0,92423	1,50000	2,00%	0,61615
Cal hidratada	kg	3,500	3,286	0,03352	-	2,00%	33,52000
Cimento asfáltico	t	6,500	6,103	0,06225	-	2,00%	0,06225
Areia-asfalto	t	-	100,00	1,02000	-	-	-

d) areia-asfalto a quente com asfalto polímero - faixa B

A dosagem é definida a partir da composição granulométrica apresentada na tabela 71.



Tabela 71 - Composição granulométrica para areia-asfalto com asfalto polímero - faixa B

Material	Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em massa (%)	Porcentagem retida, em massa (%)		
	ABNT	Abertura (mm)		Mínima	Máxima	Média
Areia média	Nº 4	4,750	100-100	0,00	0,00	0,00
Areia média	Nº 10	2,000	90-100	10,00	0,00	5,00
	Nº 40	0,425	30-95	60,00	5,00	32,50
	Nº 80	0,180	5-60	25,00	35,00	30,00
	Nº 200	0,075	0-10	5,00	50,00	27,50

A tabela 72 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 72 - Consumos dos insumos - usinagem de areia-asfalto com asfalto polímero - faixa B

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/t)	Massa específica (t/m³)	Coefficiente de perda	Consumo (un/t)
Areia média	m³	95,000	88,994	0,90774	1,50000	2,00%	0,60516
Cal hidratada	kg	5,000	4,683	0,04777	-	2,00%	47,77000
Cimento asfáltico	t	6,750	6,323	0,06449	-	2,00%	0,06449
Areia-asfalto	t	-	100,00	1,02000	-	-	-

e) areia-asfalto a quente com asfalto polímero - faixa C

A dosagem é definida a partir da composição granulométrica apresentada na tabela 73.

Tabela 73 - Composição granulométrica para areia-asfalto com asfalto polímero - faixa C

Material	Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em massa (%)	Porcentagem retida, em massa (%)		
	ABNT	Abertura (mm)		Mínima	Máxima	Média
Areia média	Nº 4	4,750	100-100	0,00	0,00	0,00
	Nº 10	2,000	85-100	15,00	0,00	7,50
	Nº 40	0,425	25-100	60,00	0,00	30,00
	Nº 80	0,180	0-62	25,00	38,00	31,50
	Nº 200	0,075	0-12	0,00	50,00	25,00

A tabela 74 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.



Tabela 74 - Consumos dos insumos - usinagem de areia-asfalto com asfalto polímero - faixa C

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/t)	Massa específica (t/m³)	Coefficiente de perda	Consumo (un/t)
Areia média	m³	94,00	87,851	0,89609	1,50000	2,00%	0,59739
Cal hidratada	kg	6,00	5,607	0,05719	-	2,00%	57,19000
Cimento asfáltico	t	7,00	6,542	0,06673	-	2,00%	0,06673
Areia-asfalto	t	-	100,00	1,02000	-	-	-

f) óleo tipo A1

Consiste em óleo combustível de baixo ponto de fluidez utilizado no queimador da usina de asfalto a quente para secagem dos agregados.

O consumo referencial adotado é de 8,00 litros por unidade de serviço executado.

2.3.3.6 Operações de transporte

A tabela 75 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes.

Tabela 75 - Serviços empregados nas operações de transporte - usinagem de areia-asfalto

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M0028	Areia média	1,50000 t/m³	5914647	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com carregadeira de 3,40 m³ (exclusa) e descarga livre
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada
M0344	Cal hidratada - a granel	0,00100 t/kg	5914363	Carga, manobra e descarga de cimento a granel em caminhão silo de 30 m³
			5914364	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m³ - rodovia em leito natural
			5914365	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914366	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m³ - rodovia pavimentada



Tabela 75 - Serviços empregados nas operações de transporte - usinagem de areia-asfalto (2/2)

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
4816020	Areia extraída com draga de sucção tipo bomba	1,50000 t/m ³	5915407	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m ³ - carga com carregadeira de 3,40 m ³ e descarga livre
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia pavimentada

2.3.3.7 Critérios de medição

A medição do serviço de usinagem de areia-asfalto deve ser realizada em toneladas, em função da massa efetivamente produzida e aplicada em pista.

2.3.4 Usinagem de concreto asfáltico (com e sem polímero)

O serviço consiste na confecção de concreto asfáltico em usina.

2.3.4.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

As premissas empregadas na formulação das condições de contorno estabelecidas foram baseadas nos seguintes dispositivos:

- DNIT ES 031/2024: *Pavimentação - Concreto asfáltico*;
- DNER ES 385/1999: *Pavimentação - Concreto asfáltico com asfalto polímero*.

2.3.4.2 Metodologia executiva

A modelagem referencial adotada na concepção das composições de custos do serviço pressupõe a execução das seguintes etapas:

- abastecimento da usina com os agregados por meio da carregadeira de pneus, cimento asfáltico por meio de tanque de estocagem e cal hidratada por meio de caminhão silo;
- aquecimento do cimento asfáltico;
- aquecimento e secagem dos agregados;
- dosagem dos insumos e homogeneização por meio da usina de asfalto a quente.



2.3.4.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- usina de asfalto a quente gravimétrica: líder de equipe;
- grupo gerador;
- aquecedor de fluido térmico;
- carregadeira de pneus;
- tanque de estocagem de asfalto.

a) usina de asfalto a quente

A produção horária é estabelecida por método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = C_{ap} \times F_e$$

onde:

P representa a produção horária, em toneladas por hora;

C_{ap} representa a capacidade de produção da usina, em toneladas por hora;

F_e representa o fator de eficiência.

O grupo gerador e o aquecedor de fluido térmico operam em conjunto com a usina de asfalto, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

b) carregadeira de pneus

A produção horária é estabelecida por método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times C_{ap} \times F_{ca} \times F_e}{F_{cv} \times T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em toneladas por hora;

C_{ap} representa a capacidade da carregadeira de pneus, em metros cúbicos;

F_{ca} representa o fator de carga;

F_e representa o fator de eficiência;

F_{cv} representa o fator de conversão, em metros cúbicos por tonelada;

T_c representa o tempo de ciclo, em minutos.

c) tanque de estocagem de asfalto

São empregadas duas unidades de tanque de estocagem de asfalto para o desenvolvimento do serviço, sendo atribuída a utilização operativa integral na atividade.



2.3.4.4 Mão de obra

São empregados de forma acessória ao desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 2 serventes para auxiliar nas operações de carga e usinagem;
- 1 servente para atuar no controle da balança;
- 1 servente para atuar no controle e monitoramento da temperatura da usina.

2.3.4.5 Materiais e atividades auxiliares

Para o serviço de usinagem de concreto asfáltico são utilizados os seguintes insumos:

- brita: consiste em agregado graúdo;
- areia, pedrisco e pó de pedra: consistem em agregados miúdos;
- cal hidratada: material de enchimento;
- cimento asfáltico: consiste em ligante asfáltico com comportamento termoplástico, semissólido ou sólido à temperatura ambiente, obtido para apresentar características específicas para o emprego na construção de pavimentos por meio de processo a quente, sendo convencional ou modificado por polímero.

a) concreto asfáltico - faixa A-25

A dosagem é definida a partir da composição granulométrica apresentada na tabela 76.

Tabela 76 - Composição granulométrica para concreto asfáltico - faixa A-25

Material	Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em massa (%)	Porcentagem retida, em massa (%)		
	ABNT	Abertura (mm)		Mínima	Máxima	Média
Brita 3	1 1/2"	38,100	100-100	0,00	0,00	0,00
Brita 2	1"	25,400	90-100	10,00	0,00	5,00
Brita 1	3/4"	19,100	75-89	15,00	11,00	13,00
	1/2"	12,700	58-78	17,00	11,00	14,00
Brita 0	3/8"	9,500	48-71	10,00	7,00	8,50
Pedrisco	1/4"	6,300	35-61	13,00	10,00	11,50
	Nº 4	4,800	29-55	6,00	6,00	6,00
Pó de pedra e areia	Nº 8	2,360	19-45	10,00	10,00	10,00
	Nº 16	1,180	13-36	6,00	9,00	7,50
	Nº 30	0,600	9-28	4,00	8,00	6,00
	Nº 50	0,300	5-21	4,00	7,00	5,50
	Nº 100	0,150	2-14	3,00	7,00	5,00
	Nº 200	0,075	1-7	1,00	7,00	4,00



A tabela 77 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 77 - Consumos dos insumos - usinagem de concreto asfáltico - faixa A-25

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/t)	Massa específica (t/m³)	Coefficiente de perda	Consumo (un/t)
Brita 2	m³	5,000	4,806	0,04902	1,50000	2,00%	0,03268
Brita 1	m³	27,000	25,951	0,26470	1,50000	2,00%	0,17647
Brita 0	m³	8,500	8,170	0,08333	1,50000	2,00%	0,05556
Pedrisco	m³	17,500	16,820	0,17156	1,50000	2,00%	0,11438
Pó de pedra	m³	36,350	34,938	0,35637	1,50000	2,00%	0,23758
Areia média	m³	4,150	3,989	0,04069	1,50000	2,00%	0,02713
Cal hidratada	kg	1,500	1,441	0,01471	1,40000	2,00%	14,69820
Cimento asfáltico	t	4,042	3,885	0,03963	-	2,00%	0,03963
Concreto asfáltico	t	104,04	100,000	1,02000	-	-	-

b) concreto asfáltico - faixa B-19

A dosagem é definida a partir da composição granulométrica apresentada na tabela 78.

Tabela 78 - Composição granulométrica para concreto asfáltico - faixa B-19

Material	Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em massa (%)	Porcentagem retida, em massa (%)		
	ABNT	Abertura (mm)		Mínima	Máxima	Média
Brita 2	1"	25,400	100-100	0,00	0,00	0,00
Brita 1	3/4"	19,100	90-100	10,00	0,00	5,00
	1/2"	12,700	70-89	20,00	11,00	15,50
Brita 0	3/8"	9,500	55-82	15,00	7,00	11,00
Pedrisco	1/4"	6,300	42-70	13,00	12,00	12,50
	Nº 4	4,800	35-63	7,00	7,00	7,00
Pó de pedra e areia	Nº 8	2,360	23-49	12,00	14,00	13,00
	Nº 16	1,180	16-37	7,00	12,00	9,50
	Nº 30	0,600	10-28	6,00	9,00	7,50
	Nº 50	0,300	6-20	4,00	8,00	6,00
	Nº 100	0,150	4-13	2,00	7,00	4,50
	Nº 200	0,075	2-8	2,00	5,00	3,50

A tabela 79 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.



Tabela 79 - Consumos dos insumos - usinagem de concreto asfáltico - faixa B-19

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/t)	Massa específica (t/m³)	Coeficiente de perda	Consumo (un/t)
Brita 1	m³	20,500	19,542	0,19934	1,50000	2,00%	0,13289
Brita 0	m³	11,000	10,486	0,10695	1,50000	2,00%	0,07130
Pedrisco	m³	19,500	18,589	0,18962	1,50000	2,00%	0,12641
Pó de pedra	m³	43,350	41,324	0,42150	1,50000	2,00%	0,28100
Areia média	m³	4,150	3,956	0,04035	1,50000	2,00%	0,02690
Cal hidratada	kg	1,500	1,430	0,01459	1,40000	2,00%	14,58600
Cimento asfáltico	t	4,902	4,673	0,04766	-	2,00%	0,04766
Concreto asfáltico	t	104,902	100,000	1,02000	-		-

c) concreto asfáltico - faixa C-12,5

A dosagem é definida a partir da composição granulométrica apresentada na tabela 80.

Tabela 80 - Composição granulométrica para concreto asfáltico - faixa C-12,5

Material	Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em massa (%)	Porcentagem retida, em massa (%)		
	ABNT	Abertura (mm)		Mínima	Máxima	Média
Brita 1	3/4"	19,100	100-100	0,00	0,00	0,00
	1/2"	12,700	90-100	10,00	0,00	5,00
Brita 0	3/8"	9,500	73-89	17,00	11,00	14,00
Pedrisco	1/4"	6,300	53-78	20,00	11,00	15,50
	Nº 4	4,750	44-72	9,00	6,00	7,50
Pó de pedra e areia	Nº 8	2,360	28-58	16,00	14,00	15,00
	Nº 16	1,180	17-45	11,00	13,00	12,00
	Nº 30	0,600	11-35	6,00	10,00	8,00
	Nº 50	0,300	6-25	5,00	10,00	7,50
	Nº 100	0,150	3-17	3,00	8,00	5,50
	Nº 200	0,075	2-10	1,00	7,00	4,00

A tabela 81 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 81 - Consumos dos insumos - usinagem de concreto asfáltico - faixa C-12,5

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/t)	Massa específica (t/m³)	Coeficiente de perda	Consumo (un/t)
Brita 1	m³	5,000	4,728	0,04823	1,50000	2,00%	0,03215
Brita 0	m³	14,000	13,239	0,13505	1,50000	2,00%	0,09003
Pedrisco	m³	23,000	21,750	0,22185	1,50000	2,00%	0,14790
Pó de pedra	m³	52,300	49,457	0,50447	1,50000	2,00%	0,33631

**Tabela 81 - Consumos dos insumos - usinagem de concreto asfáltico - faixa C-12,5 (2/2)**

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/t)	Massa específica (t/m³)	Coefficiente de perda	Consumo (un/t)
Areia média	m³	4,200	3,972	0,04052	1,50000	2,00%	0,02701
Cal hidratada	kg	1,500	1,418	0,01446	1,40000	2,00%	14,46360
Cimento asfáltico	t	5,749	5,436	0,05545	-	2,00%	0,05545
Concreto asfáltico	t	105,749	100,000	1,02000	-	-	-

d) concreto asfáltico - faixa D-9,5

A dosagem é definida a partir da composição granulométrica apresentada na tabela 82.

Tabela 82 - Composição granulométrica para concreto asfáltico - faixa D-9,5

Material	Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em massa (%)	Porcentagem retida, em massa (%)		
	ABNT	Abertura (mm)		Mínima	Máxima	Média
Brita 1	1/2"	12,700	100-100	0,00	0,00	0,00
Brita 0	3/8"	9,500	90-100	10,00	0,00	5,00
Pedrisco	1/4"	6,300	65-89	25,00	11,00	18,00
	Nº 4	4,750	53-83	12,00	6,00	9,00
Pó de pedra e areia	Nº 8	2,360	32-67	21,00	16,00	18,50
	Nº 16	1,180	20-52	12,00	15,00	13,50
	Nº 30	0,600	13-40	7,00	12,00	9,50
	Nº 50	0,300	8-29	5,00	11,00	8,00
	Nº 100	0,150	4-19	4,00	10,00	7,00
	Nº 200	0,075	2-10	2,00	9,00	5,50

A tabela 83 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 83 - Consumos dos insumos - usinagem de concreto asfáltico - faixa D-9,5

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/t)	Massa específica (t/m³)	Coefficiente de perda	Consumo (un/t)
Brita 0	m³	5,000	4,731	0,04826	1,50000	2,00%	0,03217
Pedrisco	m³	27,000	25,549	0,26060	1,50000	2,00%	0,17373
Pó de pedra	m³	62,300	58,952	0,60131	1,50000	2,00%	0,40087
Areia média	m³	4,200	3,974	0,04053	1,50000	2,00%	0,02702
Cal hidratada	kg	1,500	1,420	0,01448	1,40000	2,00%	14,48400
Cimento asfáltico	t	5,679	5,374	0,05481	-	2,00%	0,05481
Concreto asfáltico	t	105,679	100,000	1,02000	-	-	-



e) concreto asfáltico com asfalto polímero - faixa A

A dosagem é definida a partir da composição granulométrica apresentada na tabela 84.

Tabela 84 - Composição granulométrica para concreto asfáltico com asfalto polímero - faixa A

Material	Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em massa (%)	Porcentagem retida, em massa (%)		
	ABNT	Abertura (mm)		Mínima	Máxima	Média
Brita 3	2"	50,800	100-100	0,00	0,00	0,00
	1 1/2"	38,100	95-100	5,00	0,00	2,50
Brita 2	1"	25,400	75-100	20,00	0,00	10,00
Brita 1	3/4"	19,100	60-90	15,00	10,00	12,50
	1/2"	12,700	43,33-73,33	16,67	16,67	16,67
Brita 0	3/8"	9,500	35-65	8,33	8,33	8,33
Pedrisco	Nº 4	4,750	25-50	10,00	15,00	12,50
Areia média	Nº 10	2,000	20-40	5,00	10,00	7,50
	Nº 40	0,425	10-30	10,00	10,00	10,00
	Nº 80	0,180	5-20	5,00	10,00	7,50
	Nº 200	0,075	1-8	4,00	12,00	8,00

A tabela 85 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 85 - Consumos dos insumos - usinagem de concreto asfáltico com asfalto polímero - faixa A

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/t)	Massa específica (t/m³)	Coefficiente de perda	Consumo (un/t)
Brita 2	m³	12,500	11,905	0,12143	1,50000	2,00%	0,08095
Brita 1	m³	12,500	11,905	0,12143	1,50000	2,00%	0,08095
Brita 0	m³	25,000	23,810	0,24287	1,50000	2,00%	0,16191
Pedrisco	m³	12,500	11,904	0,12143	1,50000	2,00%	0,08095
Areia média	m³	33,000	31,429	0,32058	1,50000	2,00%	0,21372
Cal hidratada	kg	4,500	4,285	0,04371	1,40000	2,00%	43,70700
Cimento asfáltico	t	5,000	4,762	0,04857	-	2,00%	0,04857
Concreto asfáltico	t	-	100,000	1,02000	-		-

f) concreto asfáltico com asfalto polímero - faixa B

A dosagem é definida a partir da composição granulométrica apresentada na tabela 86.



Tabela 86 - Composição granulométrica para concreto asfáltico com asfalto polímero - faixa B

Material	Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em massa (%)	Porcentagem retida, em massa (%)		
	ABNT	Abertura (mm)		Mínima	Máxima	Média
Brita 3	1 1/2"	38,100	100-100	0,00	0,00	0,00
Brita 2	1"	25,400	95-100	5,00	0,00	2,50
Brita 1	3/4"	19,100	80-100	15,00	0,00	7,50
	1/2"	12,700	56,67-86,67	23,33	13,33	18,33
Brita 0	3/8"	9,500	45-80	11,67	6,67	9,17
Pedrisco	Nº 4	4,750	28-60	17,00	20,00	18,50
Areia média	Nº 10	2,000	20-45	8,00	15,00	11,50
	Nº 40	0,425	10-32	10,00	13,00	11,50
	Nº 80	0,180	8-20	2,00	12,00	7,00
	Nº 200	0,075	3-8	5,00	12,00	8,50

A tabela 87 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 87 - Consumos dos insumos - usinagem de concreto asfáltico com asfalto polímero - faixa B

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/t)	Massa específica (t/m³)	Coefficiente de perda	Consumo (un/t)
Brita 1	m³	28,333	26,856	0,27393	1,50000	2,00%	0,18262
Brita 0	m³	9,167	8,689	0,08864	1,50000	2,00%	0,05909
Pedrisco	m³	18,500	17,536	0,17886	1,50000	2,00%	0,11924
Areia média	m³	38,500	36,493	0,37223	1,50000	2,00%	0,24815
Cal hidratada	kg	5,500	5,213	0,05317	1,40000	2,00%	53,17260
Cimento asfáltico	t	5,500	5,213	0,05317	-	2,00%	0,05317
Concreto asfáltico	T	-	100,000	1,02000	-	-	-

g) concreto asfáltico com asfalto polímero - faixa C

A dosagem é definida a partir da composição granulométrica apresentada na tabela 88.



Tabela 88 - Composição granulométrica para concreto asfáltico com asfalto polímero - faixa C

Material	Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em massa (%)	Porcentagem retida, em massa (%)		
	ABNT	Abertura (mm)		Mínima	Máxima	Média
Brita 1	3/4"	19,100	100-100	0,00	0,00	0,00
	1/2"	12,700	85-100	15,00	0,00	7,50
Brita 0	3/8"	9,500	75-100	10,00	0,00	5,00
Pedrisco	Nº 4	4,750	50-85	25,00	15,00	20,00
Areia média	Nº 10	2,000	30-75	20,00	10,00	15,00
	Nº 40	0,425	15-40	15,00	35,00	25,00
	Nº 80	0,180	8-30	7,00	10,00	8,50
	Nº 200	0,075	5-10	3,00	20,00	11,50

A tabela 89 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 89 - Consumos dos insumos - usinagem de concreto asfáltico com asfalto polímero - faixa C

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/t)	Massa específica (t/m³)	Coefficiente de perda	Consumo (un/t)
Brita 1	m³	7,500	7,059	0,07200	1,50000	2,00%	0,04800
Brita 0	m³	5,000	4,706	0,04800	1,50000	2,00%	0,03200
Pedrisco	m³	20,000	18,824	0,19200	1,50000	2,00%	0,12800
Areia média	m³	60,000	56,471	0,57600	1,50000	2,00%	0,38400
Cal hidratada	kg	7,500	7,058	0,07199	1,40000	2,00%	71,99160
Cimento asfáltico	t	6,250	5,882	0,06000	-	2,00%	0,06000
Concreto asfáltico	t	-	100,000	1,02000	-	-	-

h) óleo tipo A1

Consiste em óleo combustível de baixo ponto de fluidez utilizado no queimador da usina de asfalto a quente para secagem dos agregados.

O consumo referencial adotado é de 8,00 litros por unidade de serviço executado.

2.3.4.6 Operações de transporte

A tabela 90 apresenta as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.



Tabela 90 - Serviços empregados nas operações de transporte - usinagem de concreto asfáltico

Descrição	Código SICRO	Descrição
Areia média, pó de pedra brita 0, brita 1, brita 2 e pedrisco	5914647	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m ³ - carga com carregadeira de 3,40 m ³ (exclusa) e descarga livre
	5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em leito natural
	5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em revestimento primário
	5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia pavimentada
Cal hidratada - a granel	5914363	Carga, manobra e descarga de cimento a granel em caminhão silo de 30 m ³
	5914364	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m ³ - rodovia em leito natural
	5914365	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m ³ - rodovia em revestimento primário
	5914366	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m ³ - rodovia pavimentada
Areia extraída e brita produzida	5915407	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m ³ - carga com carregadeira de 3,40 m ³ e descarga livre
	5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em leito natural
	5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em revestimento primário
	5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia pavimentada

A tabela 91 apresenta os parâmetros referenciais de conversão para unidade de transporte dos insumos integrantes do serviço.

Tabela 91 - Conversão para transporte - usinagem de concreto asfáltico

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte
M0028	Areia média	1,50000 t/m ³
M0005	Brita 0	1,50000 t/m ³
M0191	Brita 1	1,50000 t/m ³
M0192	Brita 2	1,50000 t/m ³
M1103	Pedrisco	1,50000 t/m ³
M1135	Pó de pedra	1,50000 t/m ³
M0344	Cal hidratada - a granel	0,00100 t/kg
4816020	Areia extraída com draga de sucção tipo bomba	1,50000 t/m ³
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m ³ /h	1,50000 t/m ³



2.3.4.7 Critérios de medição

A medição do serviço de usinagem de concreto asfáltico deve ser realizada em toneladas, em função da massa efetivamente produzida e aplicada em pista.

2.3.5 Usinagem de concreto asfáltico com borracha

O serviço consiste na confecção de concreto asfáltico com borracha em usina.

2.3.5.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

As premissas empregadas na formulação das condições de contorno estabelecidas foram baseadas no seguinte dispositivo:

- DNIT ES 112/2009: Pavimentos flexíveis - Concreto asfáltico com asfalto-borracha, via úmida, do tipo "Terminal Blending".

2.3.5.2 Metodologia executiva

A modelagem referencial adotada na concepção das composições de custos do serviço pressupõe a execução das seguintes etapas:

- abastecimento da usina com os agregados por meio da carregadeira de pneus, cimento asfáltico por meio de tanque de estocagem e material de enchimento (filer) por meio de caminhão silo;
- aquecimento do cimento asfáltico;
- aquecimento e secagem dos agregados;
- dosagem dos insumos e homogeneização por meio da usina de asfalto a quente.

2.3.5.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- usina de asfalto a quente gravimétrica: líder de equipe;
- grupo gerador;
- aquecedor de fluido térmico;
- tanque de estocagem de asfalto com agitadores;
- carregadeira de pneus.

a) usina de asfalto a quente

A produção horária é estabelecida por método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = C_{ap} \times F_e \times F_t$$



onde:

P representa a produção horária, em toneladas por hora;

C_{ap} representa a capacidade de produção da usina, em toneladas por hora;

F_e representa o fator de eficiência;

F_t representa o fator de temperatura.

O grupo gerador e o aquecedor de fluido térmico operam em conjunto com a usina de asfalto, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

b) carregadeira de pneus

A produção horária é estabelecida por método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times C_{ap} \times F_{ca} \times F_e}{F_{cv} \times T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em toneladas por hora;

C_{ap} representa a capacidade da carregadeira de pneus, em metros cúbicos;

F_{ca} representa o fator de carga;

F_e representa o fator de eficiência;

F_{cv} representa o fator de conversão, em metros cúbicos por tonelada;

T_c representa o tempo de ciclo, em minutos.

c) tanque de estocagem de asfalto com agitadores

São empregadas duas unidades de tanque de estocagem de asfalto para o desenvolvimento do serviço, sendo atribuída a utilização operativa integral na atividade.

2.3.5.4 Mão de obra

São empregados de forma acessória ao desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 2 serventes para auxiliar nas operações de carga e usinagem;
- 1 servente para atuar no controle da balança;
- 1 servente para atuar no controle e monitoramento da temperatura da usina.

2.3.5.5 Materiais e atividades auxiliares

Para o serviço de usinagem de concreto asfáltico com borracha são utilizados os seguintes insumos:

- brita: consiste em agregado graúdo;
- pedrisco e pó de pedra: consistem em agregados miúdos;



- cal hidratada: consiste em insumo aglomerante;
- cimento asfáltico com borracha: consiste em ligante asfáltico obtido mediante processo via úmida, do tipo Terminal Blending (estocável).

a) faixa A

A dosagem é definida a partir da composição granulométrica apresentada na tabela 92.

Tabela 92 - Composição granulométrica para concreto asfáltico com borracha - faixa A

Material	Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em massa (%)	Porcentagem retida, em massa (%)		
	ABNT	Abertura (mm)		Mínima	Máxima	Média
Brita 3	2"	50,800	100-100	0,00	0,00	0,00
	1 1/2"	38,100	95-100	5,00	0,00	2,50
Brita 2	1"	25,400	75-100	20,00	0,00	10,00
Brita 1	3/4"	19,100	60-90	15,00	10,00	12,50
	1/2"	12,700	43,33-73,33	16,67	16,67	16,67
Brita 0	3/8"	9,500	35-65	8,33	8,33	8,33
Pedrisco	Nº 4	4,750	25-50	10,00	15,00	12,50
Pó de pedra	Nº 10	2,000	20-40	5,00	10,00	7,50
	Nº 40	0,425	10-30	10,00	10,00	10,00
	Nº 80	0,180	5-20	5,00	10,00	7,50
	Nº 200	0,075	1-8	4,00	12,00	8,00

A tabela 93 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 93 - Consumos dos insumos - usinagem de concreto asfáltico com borracha - faixa A

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/t)	Massa específica (t/m³)	Coefficiente de perda	Consumo (un/t)
Brita 2	m³	12,500	11,848	0,12086	1,50000	2,00%	0,08057
Brita 1	m³	29,167	27,646	0,28199	1,50000	2,00%	0,18799
Brita 0	m³	8,330	7,899	0,08057	1,50000	2,00%	0,05371
Pedrisco	m³	12,500	11,848	0,12086	1,50000	2,00%	0,08057
Pó de pedra	m³	33,000	31,280	0,31905	1,50000	2,00%	0,21270
Cal hidratada	kg	4,500	4,265	0,04350	1,40000	2,00%	43,50300
Cimento asfáltico	t	5,500	5,214	0,05318	-	2,00%	0,05318
Concreto asfáltico com borracha	t	-	100,000	1,02000	-	-	-



b) faixa B

A dosagem é definida a partir da composição granulométrica apresentada na tabela 94.

Tabela 94 - Composição granulométrica para concreto asfáltico com borracha - faixa B

Material	Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em massa (%)	Porcentagem retida, em massa (%)		
	ABNT	Abertura (mm)		Mínima	Máxima	Média
Brita 3	1 1/2"	38,100	100-100	0,00	0,00	0,00
Brita 2	1"	25,400	95-100	5,00	0,00	2,50
Brita 1	3/4"	19,100	80-100	15,00	0,00	7,50
	1/2"	12,700	56,67-86,67	23,33	13,33	18,33
Brita 0	3/8"	9,500	45-80	11,67	6,67	9,17
Pedrisco	Nº 4	4,750	28-60	17,00	20,00	18,50
Pó de pedra	Nº 10	2,000	20-45	8,00	15,00	11,50
Pó de pedra	Nº 40	0,425	10-32	10,00	13,00	11,50
	Nº 80	0,180	8-20	2,00	12,00	7,00
	Nº 200	0,075	3-8	5,00	12,00	8,50

A tabela 95 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 95 - Consumos dos insumos - usinagem de concreto asfáltico com borracha - faixa B

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/t)	Massa específica (t/m³)	Coefficiente de perda	Consumo (un/t)
Brita 1	m³	28,333	26,730	0,27264	1,50000	2,00%	0,18176
Brita 0	m³	9,167	8,648	0,08822	1,50000	2,00%	0,05881
Pedrisco	m³	18,500	17,453	0,17802	1,50000	2,00%	0,11868
Pó de pedra	m³	38,500	36,321	0,37047	1,50000	2,00%	0,24698
Cal hidratada	kg	5,500	5,188	0,05292	1,40000	2,00%	52,91760
Cimento asfáltico	t	6,000	5,660	0,05773	-	2,00%	0,05773
Concreto asfáltico com borracha	t	-	100,000	1,02000	-	-	-

c) faixa C

A dosagem é definida a partir da composição granulométrica apresentada na tabela 96.



Tabela 96 - Composição granulométrica para concreto asfáltico com borracha - faixa C

Material	Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em massa (%)	Porcentagem retida, em massa (%)		
	ABNT	Abertura (mm)		Mínima	Máxima	Média
Brita 1	3/4"	19,100	100-100	0,00	0,00	0
	1/2"	12,700	80-100	20,00	0,00	10,00
Brita 0	3/8"	9,500	70-90	10,00	10,00	10,00
Pedrisco	Nº 4	4,750	44-72	26,00	18,00	22,00
Pó de pedra	Nº 10	2,000	22-50	22,00	22,00	22,00
	Nº 40	0,425	8-26	14,00	24,00	19,00
	Nº 80	0,180	4-16	4,00	10,00	7,00
	Nº 200	0,075	2-10	2,00	6,00	4,00

A tabela 97 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 97 - Consumos dos insumos - usinagem de concreto asfáltico com borracha - faixa C

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/t)	Massa específica (t/m³)	Coefficiente de perda	Consumo (un/t)
Brita 1	m³	10,000	9,412	0,09600	1,50000	2,00%	0,06400
Brita 0	m³	10,000	9,412	0,09600	1,50000	2,00%	0,06400
Pedrisco	m³	22,000	20,706	0,21120	1,50000	2,00%	0,14080
Pó de pedra	m³	52,000	48,941	0,49920	1,50000	2,00%	0,33280
Cal hidratada	kg	6,000	5,647	0,05760	1,40000	2,00%	57,59940
Cimento asfáltico	t	6,250	5,882	0,06000	-	2,00%	0,06000
Concreto asfáltico com borracha	t	-	100,000	1,02000	-	-	-

d) Gap Graded

A dosagem é definida a partir da composição granulométrica apresentada na tabela 98.



Tabela 98 - Composição granulométrica para concreto asfáltico com borracha (Gap Graded)

Material	Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em massa (%)	Porcentagem retida, em massa (%)		
	ABNT	Abertura (mm)		Mínima	Máxima	Média
Brita 1	3/4"	19,100	100-100	0,00	0,00	0
	1/2"	12,700	90-100	10,00	0,00	5,00
Brita 0	3/8"	9,500	78-92	12,00	8,00	10,00
Pedrisco	Nº 4	4,750	28-42	50,00	50,00	50,00
Pó de pedra	Nº 10	2,000	14-24	14,00	18,00	16,00
	Nº 40	0,425	8-17	6,00	7,00	6,50
	Nº 80	0,180	5-11	3,00	6,00	4,50
	Nº 200	0,075	2-7	3,00	4,00	3,50

A tabela 99 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 99 - Consumos dos insumos - usinagem de concreto asfáltico com borracha (Gap Graded)

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/t)	Massa específica (t/m³)	Coefficiente de perda	Consumo (un/t)
Brita 1	m³	5,000	4,695	0,04790	1,50000	2,00%	0,03193
Brita 0	m³	10,000	9,390	0,09578	1,50000	2,00%	0,06385
Pedrisco	m³	50,000	46,949	0,47888	1,50000	2,00%	0,31925
Pó de pedra	m³	30,500	28,638	0,29211	1,50000	2,00%	0,19474
Cal hidratada	kg	4,500	4,225	0,04310	1,40000	2,00%	43,09500
Cimento asfáltico	t	6,500	6,103	0,06225	-	2,00%	0,06225
Concreto asfáltico com borracha	t	-	100,000	1,02000	-	-	-

e) óleo tipo A1

Consiste em óleo combustível de baixo ponto de fluidez utilizado no queimador da usina de asfalto a quente para secagem dos agregados.

O consumo referencial adotado é de 14,00 litros por unidade de serviço executado.



2.3.5.6 Operações de transporte

A tabela 100 apresenta as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

Tabela 100 - Serviços empregados nas operações de transporte - usinagem de concreto asfáltico com borracha

Descrição	Código SICRO	Descrição
Brita 0, brita 1, brita 2, pedrisco e pó de pedra	5914647	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m ³ - carga com carregadeira de 3,40 m ³ (exclusa) e descarga livre
	5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em leito natural
	5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em revestimento primário
	5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia pavimentada
Cal hidratada - a granel	5914363	Carga, manobra e descarga de cimento a granel em caminhão silo de 30 m ³
	5914364	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m ³ - rodovia em leito natural
	5914365	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m ³ - rodovia em revestimento primário
	5914366	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m ³ - rodovia pavimentada
Brita produzida em central de britagem de 80 m ³ /h	5915407	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m ³ - carga com carregadeira de 3,40 m ³ e descarga livre
	5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em leito natural
	5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em revestimento primário
	5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia pavimentada

A tabela 101 apresenta os parâmetros referenciais de conversão para unidade de transporte dos insumos integrantes do serviço.

Tabela 101 - Conversão para transporte - usinagem de concreto asfáltico com borracha

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte
M0005	Brita 0	1,50000 t/m ³
M0191	Brita 1	1,50000 t/m ³
M0192	Brita 2	1,50000 t/m ³
M1103	Pedrisco	1,50000 t/m ³
M1135	Pó de pedra	1,50000 t/m ³
M0344	Cal hidratada - a granel	0,00100 t/kg
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m ³ /h	1,50000 t/m ³



2.3.5.7 Critérios de medição

A medição do serviço de usinagem de concreto asfáltico com borracha deve ser realizada em toneladas, em função da massa efetivamente produzida e aplicada em pista.

2.4 Misturas asfálticas recicladas

2.4.1 Usinagem de concreto asfáltico reciclado a quente

O serviço consiste na confecção de concreto asfáltico reciclado em usina.

2.4.1.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

As premissas empregadas na formulação das condições de contorno estabelecidas foram baseadas no seguinte dispositivo:

- DNIT ES 033/2021: *Pavimentos flexíveis - Concreto asfáltico reciclado em usina a quente.*

2.4.1.2 Metodologia executiva

A modelagem referencial adotada na concepção das composições de custos do serviço pressupõe a execução das seguintes etapas:

- abastecimento da usina com material fresado e agregados por meio da carregadeira de pneus, cimento asfáltico por meio de tanque de estocagem e material de enchimento (filer) por meio de caminhão silo;
- aquecimento do cimento asfáltico;
- aquecimento e secagem dos agregados;
- dosagem dos insumos e homogeneização por meio da usina de asfalto a quente.

2.4.1.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- usina de asfalto a quente gravimétrica: líder de equipe;
- grupo gerador;
- aquecedor de fluido térmico;
- carregadeira de pneus;
- tanque de estocagem de asfalto.

a) usina de asfalto a quente

A produção horária é estabelecida por método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:



$$P = C_{ap} \times F_e$$

onde:

P representa a produção horária, em toneladas por hora;

C_{ap} representa a capacidade de produção da usina, em toneladas por hora;

F_e representa o fator de eficiência.

O grupo gerador e o aquecedor de fluido térmico operam em conjunto com a usina de asfalto, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

b) carregadeira de pneus

A produção horária é estabelecida por método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times C_{ap} \times F_{ca} \times F_e}{F_{cv} \times T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em toneladas por hora;

C_{ap} representa a capacidade da carregadeira de pneus, em metros cúbicos;

F_{ca} representa o fator de carga;

F_e representa o fator de eficiência;

F_{cv} representa o fator de conversão, em metros cúbicos por tonelada;

T_c representa o tempo de ciclo, em minutos.

c) tanque de estocagem de asfalto

São empregadas duas unidades de tanque de estocagem de asfalto para o desenvolvimento do serviço, sendo atribuída a utilização operativa integral na atividade.

2.4.1.4 Mão de obra

São empregados de forma acessória ao desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 2 serventes para auxiliar nas operações de carga e usinagem;
- 1 servente para atuar no controle da balança;
- 1 servente para atuar no controle e monitoramento da temperatura da usina.



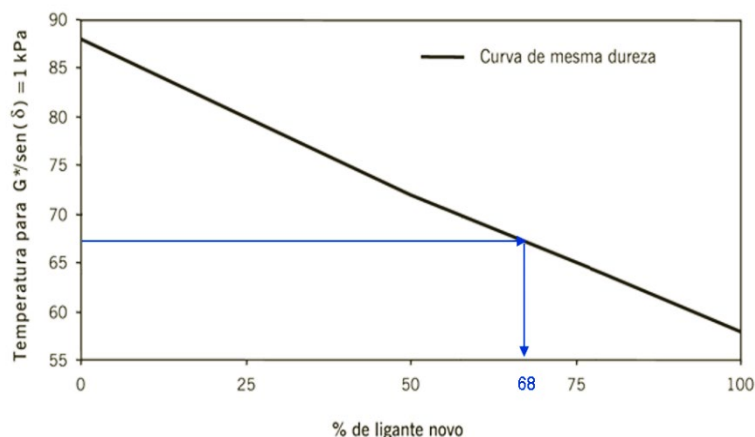
2.4.1.5 Materiais e atividades auxiliares

Para o serviço de usinagem de concreto asfáltico reciclado a quente são utilizados os seguintes insumos:

- brita: consiste em agregado graúdo;
- cal hidratada: consiste em insumo aglomerante;
- cimento asfáltico: consiste em ligante asfáltico com comportamento termoplástico, semissólido ou sólido à temperatura ambiente, obtido para apresentar características específicas para o emprego na construção de pavimentos por meio de processo a quente;
- material fresado: consiste em resíduo oriundo do processo de fresagem do pavimento;
- aditivo asfáltico de reciclagem para misturas a quente: consiste em insumo utilizado como agente rejuvenescedor para reestabelecer a consistência original do ligante asfáltico presente no revestimento fresado.

A dosagem dos insumos possui por base a metodologia *Superior Performance Pavement – Superpave*. O consumo de material asfáltico (*i.e.*, cimento asfáltico de petróleo) é determinado a partir do grau de performance médio do ligante comum ou modificado ($PG_{médio}$), equivalente à temperatura de 67°C. A partir do valor de $PG_{médio}$, obtêm-se as porcentagens de ligante a ser incorporado na mistura e de material fresado a ser reaproveitado, conforme apresentado nas figuras 3 e 4, respectivamente.

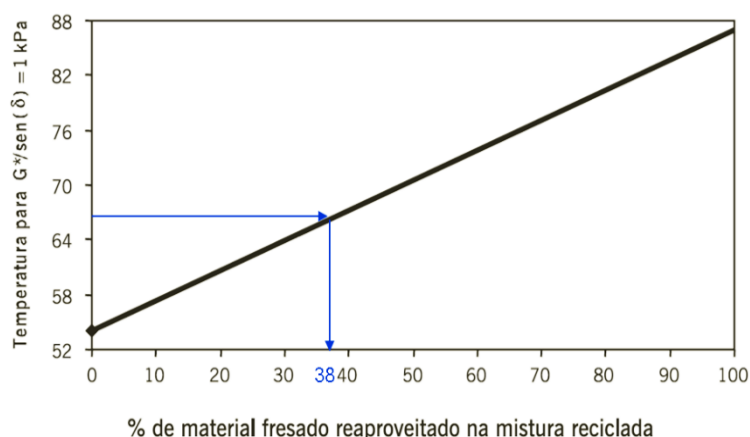
Figura 3 - Temperatura versus porcentagem de ligante asfáltico adicional



Fonte: KANDHAL, P. e FOO, K.Y. **Design Recycled Hot Mix Asphalt Mixture Using Superpave Technology**. National Center for Asphalt Technology – NCAT Report n°96-5, USA, 1997. (adaptado)



Figura 4 - Temperatura versus porcentagem de ligante novo a ser incorporado



Fonte: BERNUCCI, L. B; MOTTA, L. M. G; CERATI, J. A. P; SOARES, J. B. **Pavimentação asfáltica**. Rio de Janeiro: Bernucci et al., 2008. (adaptado)

É adicionado material de enchimento (*i.e.*, cal hidratada) à massa dos agregados, cujo valor é obtido por meio da relação filer/asfalto. A parcela restante de agregados é complementada com brita 1. No que tange ao consumo de agente rejuvenescedor, adotou-se como referência a incorporação de 15% sobre a massa total de ligante asfáltico.

a) concreto asfáltico reciclado a quente

A tabela 102 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 102 - Consumos dos insumos - usinagem de concreto asfáltico reciclado a quente

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/t)	Massa específica (t/m³)	Coefficiente de perda	Consumo (un/t)
Brita 1	m³	61,100	58,742	0,59918	1,50000	2,00%	0,39945
Material fresado	m³	38,000	36,534	0,37265	1,50000	2,00%	0,24843
Cal hidratada	kg	0,900	0,865	0,00882	1,40000	2,00%	8,82300
Cimento asfáltico	t	3,740	3,596	0,03668	-	2,00%	0,03668
Aditivo asfáltico de reciclagem	t	0,264	0,263	0,00268	-	2,00%	0,00268
Concreto asfáltico reciclado	t	-	100,000	1,02000	-	-	-

b) óleo tipo A1

Consiste em óleo combustível de baixo ponto de fluidez utilizado no queimador da usina de asfalto a quente para secagem dos agregados.

O consumo referencial adotado é de 8,00 litros por unidade de serviço.



2.4.1.6 Operações de transporte

A tabela 103 apresenta as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

Tabela 103 - Serviços empregados nas operações de transporte - usinagem de concreto asfáltico reciclado a quente

Descrição	Código SICRO	Descrição
Aditivo asfáltico de reciclagem para misturas a quente	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
	5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
	5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
	5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada
Brita 1	5914647	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m ³ - carga com carregadeira de 3,40 m ³ (exclusa) e descarga livre
	5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em leito natural
	5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em revestimento primário
	5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia pavimentada
Cal hidratada - a granel	5914363	Carga, manobra e descarga de cimento a granel em caminhão silo de 30 m ³
	5914364	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m ³ - rodovia em leito natural
	5914365	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m ³ - rodovia em revestimento primário
	5914366	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m ³ - rodovia pavimentada
Material fresado e brita produzida	5915407	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m ³ - carga com carregadeira de 3,40 m ³ e descarga livre
	5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em leito natural
	5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em revestimento primário
	5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia pavimentada

A tabela 104 apresenta os parâmetros referenciais de conversão para unidade de transporte dos insumos integrantes do serviço.

Tabela 104 - Conversão para transporte - usinagem de concreto asfáltico reciclado a quente

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte
M1953	Aditivo asfáltico de reciclagem para misturas a quente	1,00000 t/t
M0191	Brita 1	1,50000 t/m ³
M0344	Cal hidratada - a granel	0,00100 t/kg
M2093	Material fresado	1,50000 t/m ³
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m ³ /h	1,50000 t/m ³



2.4.1.7 Critérios de medição

A medição do serviço de usinagem de concreto asfáltico reciclado a quente deve ser realizada em toneladas, em função da massa efetivamente produzida e aplicada em pista.

2.4.2 Usinagem de concreto asfáltico reciclado a frio com espuma de asfalto

O serviço consiste na confecção de concreto asfáltico reciclado a frio com espuma de asfalto em usina.

2.4.2.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

As premissas empregadas na formulação das condições de contorno estabelecidas foram baseadas no seguinte dispositivo:

- DNIT ES 169/2014: *Pavimentação - Reciclagem de pavimento em usina com espuma de asfalto.*

2.4.2.2 Metodologia executiva

A modelagem referencial adotada na concepção das composições de custos do serviço pressupõe a execução das seguintes etapas:

- abastecimento da usina com material fresado e agregados por meio da carregadeira de pneus, cimento asfáltico por meio de tanque de estocagem e cimento pela mão de obra;
- dosagem dos insumos e homogeneização por meio da usina misturadora móvel de reciclagem a frio.

2.4.2.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- usina misturadora móvel de reciclagem a frio com sistema de espuma de asfalto: líder de equipe;
- tanque de estocagem de asfalto;
- carregadeira de pneus.

a) usina misturadora móvel de reciclagem a frio com sistema de espuma de asfalto

A produção horária é estabelecida por método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{C_{ap} \times F_e}{F_{cv}}$$



onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;
C_{ap} representa a capacidade de produção da usina, em toneladas por hora;
F_e representa o fator de eficiência;
F_{cv} representa o fator de conversão para a mistura, em toneladas por metro cúbico.

b) carregadeira de pneus

A produção horária é estabelecida por método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times C_{ap} \times F_{ca} \times F_e}{F_{cv} \times T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;
C_{ap} representa a capacidade da carregadeira de pneus, em metros cúbicos;
F_{ca} representa o fator de carga;
F_e representa o fator de eficiência;
F_{cv} representa o fator de conversão, em metros cúbicos por metro cúbico;
T_c representa o tempo de ciclo, em minutos.

c) tanque de estocagem de asfalto

É empregada uma unidade de tanque de estocagem de asfalto para o desenvolvimento do serviço, sendo atribuída a utilização operativa integral na atividade.

2.4.2.4 Mão de obra

São empregados de forma acessória ao desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 2 serventes para auxiliar nas operações de carga e usinagem;
- 1 servente para atuar no controle da balança.

2.4.2.5 Materiais e atividades auxiliares

Para o serviço de usinagem de concreto asfáltico reciclado a frio com espuma de asfalto são utilizados os seguintes insumos:

- pó de pedra: consiste em agregado miúdo;
- cimento Portland: consiste em insumo aglomerante;



- cimento asfáltico: consiste em ligante asfáltico com comportamento termoplástico, semissólido ou sólido à temperatura ambiente, obtido para apresentar características específicas para o emprego na construção de pavimentos por meio de processo a quente;
- material fresado: consiste em resíduo oriundo do processo de fresagem do pavimento.

a) concreto asfáltico reciclado a frio com espuma de asfalto

A dosagem é definida a partir da composição granulométrica apresentada na tabela 105.

Tabela 105 - Composição granulométrica para concreto asfáltico reciclado a frio com espuma de asfalto

Material	Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em massa (%)	Porcentagem retida, em massa (%)		
	ABNT	Abertura (mm)		Mínima	Máxima	Média
Material fresado	2"	50,800	100-100	0,00	0,00	0,00
	1 1/2"	38,100	88-100	12,00	0,00	6,00
	1"	25,400	75-100	13,00	0,00	6,50
	3/4"	19,100	66-99	9,00	1,00	5,00
	1/2"	12,700	55-87	11,00	12,00	11,50
	3/8"	9,500	49-74	6,00	13,00	9,50
	1/4"	6,300	40-62	9,00	12,00	10,50
	Nº 4	4,750	35-56	5,00	6,00	5,50
Pó de pedra	Nº 8	2,360	25-42	10,00	14,00	12,00
	Nº 16	1,180	18-33	7,00	9,00	8,00
	Nº 30	0,600	14-28	4,00	5,00	4,50
	Nº 40	0,425	12-26	2,00	2,00	2,00
	Nº 50	0,300	10-24	2,00	2,00	2,00
	Nº 100	0,150	7-17	3,00	7,00	5,00
	Nº 200	0,075	5-20	2,00	0,00	1,00

A tabela 106 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 106 - Consumos dos insumos - usinagem de concreto asfáltico reciclado a frio com espuma de asfalto

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/m³)	Massa específica (t/m³)	Coefficiente de perda	Consumo (un/m³)
Material fresado	m³	54,500	58,786	1,37915	1,50000	0,02	0,91943
Pó de pedra	m³	34,500	37,214	0,87302	1,50000	0,02	0,58201



Tabela 106 - Consumos dos insumos - usinagem de concreto asfáltico reciclado a frio com espuma de asfalto (2/2)

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/m³)	Massa específica (t/m³)	Coefficiente de perda	Consumo (un/m³)
Cimento Portland	kg	1,000	1,000	0,02346	1,40000	0,02	23,46000
Cimento asfáltico	t	3,000	3,000	0,07038	-	0,02	0,07038
Concreto asfáltico reciclado a frio	m³	-	100,000	-	2,30000	-	-

2.4.2.6 Operações de transporte

A tabela 107 apresenta os parâmetros referenciais adotados, bem como as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

Tabela 107 - Serviços empregados nas operações de transporte - usinagem de concreto asfáltico reciclado a frio com espuma de asfalto

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte	Código SICRO	Descrição
M0424	Cimento Portland CP II - 32 - saco	0,00100 t/kg	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
			5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
			5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
			5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada
M2093	Material fresado	1,50000 t/m³	5915407	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com carregadeira de 3,40 m³ e descarga livre
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada
M1135	Pó de pedra	1,50000 t/m³	5914647	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com carregadeira de 3,40 m³ (exclusa) e descarga livre
			5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em leito natural
			5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia em revestimento primário
			5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada



2.4.2.7 Critérios de medição

A medição do serviço de usinagem de concreto asfáltico reciclado a frio com espuma de asfalto deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente produzido e aplicado em pista.

2.5 Misturas de concreto de cimento Portland

2.5.1 Usinagem para pavimento de concreto com fôrmas deslizantes

O serviço consiste na confecção de concreto, em central dosadora e misturadora, para execução de pavimento rígido com fôrmas deslizantes.

2.5.1.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

As premissas empregadas na formulação das condições de contorno estabelecidas foram baseadas no seguinte dispositivo:

- DNIT ES 049/2013: *Pavimento rígido - Execução de pavimento rígido com equipamento de fôrmas deslizantes.*

2.5.1.2 Metodologia executiva

A modelagem referencial adotada na concepção das composições de custos do serviço pressupõe a execução das seguintes etapas:

- abastecimento da usina com os agregados por meio da carregadeira de pneus e cimento por meio de caminhão silo;
- dosagem dos insumos e homogeneização por meio da central de concreto.

2.5.1.3 Produção horária e equipe mecânica

A atividade é exercida pelos seguintes equipamentos:

- central de concreto - dosadora e misturadora: líder de equipe;
- grupo gerador;
- carregadeira de pneus.

a) central de concreto - dosadora e misturadora

A produção horária é estabelecida por método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = C_{ap} \times F_e$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;

C_{ap} representa a capacidade de produção da central de concreto, em metros cúbicos por hora;

F_e representa o fator de eficiência.



O grupo gerador opera em conjunto com a central de concreto, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

b) carregadeira de pneus

A produção horária é estabelecida por método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times C_{ap} \times F_{ca} \times F_e}{F_{cv} \times T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;

C_{ap} representa a capacidade da carregadeira de pneus, em metros cúbicos;

F_{ca} representa o fator de carga;

F_e representa o fator de eficiência;

F_{cv} representa o fator de conversão, em metros cúbicos por metro cúbico;

T_c representa o tempo de ciclo, em minutos.

2.5.1.4 Mão de obra

São empregados de forma acessória ao desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 1 servente para auxiliar nas operações de carga e usinagem;
- 1 servente para atuar no controle da balança.

2.5.1.5 Materiais e atividades auxiliares

Para o serviço de usinagem para pavimento de concreto com fôrmas deslizantes são utilizados os seguintes insumos:

- brita: consiste em agregado graúdo;
- areia: consiste em agregado miúdo;
- cimento Portland: consiste em insumo aglomerante;
- aditivo plastificante e retardador de pega: consiste em insumo utilizado para conferir maior fluidez e prolongar o tempo para o início da pega da mistura;
- aditivo incorporador de ar: consiste em insumo utilizado para melhorar as propriedades mecânicas do concreto, permitindo a incorporação de bolhas de ar durante o processo de mistura.

Para dosagem do concreto são adotados os seguintes parâmetros:

- consumo de cimento: 350,00 kg/m³;
- relação água/cimento: 0,500 l/kg;



- abatimento máximo: 60 mm;
- dimensão máxima do agregado: 38 mm;
- teor de ar incorporado: até 4%;
- módulo de finura da areia: 2,70;
- volume compactado seco de agregado graúdo por metro cúbico de concreto: 0,75500 m³/m³;
- proporção entre britas: 50% - 50% (brita 1 e brita 2);
- teor de aditivo plastificante e retardador (em massa): 0,25%;
- teor de aditivo incorporador de ar (em massa): 0,08%.

A tabela 108 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 108 - Consumos dos insumos - usinagem para pavimento de concreto com fôrmas deslizantes

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/m ³)	Massa específica (t/m ³)	Consumo (un/m ³)
Brita 2	m ³	-	23,594	0,56625	1,50000	0,37750
Brita 1	m ³	-	23,594	0,56625	1,50000	0,37750
Areia média	m ³	-	31,081	0,74595	1,50000	0,49730
Cimento Portland	kg	-	14,583	0,35000		350,00000
Aditivo plastificante	kg	0,250	0,037	0,00089	-	0,89000
Aditivo incorporador de ar	kg	0,080	0,012	0,00029	-	0,29000

2.5.1.6 Operações de transporte

A tabela 109 apresenta as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.

Tabela 109 - Serviços empregados nas operações de transporte - usinagem para pavimento de concreto com fôrmas deslizantes

Descrição	Código SICRO	Descrição
Aditivos para concreto e argamassa	5914655	Carga, manobra e descarga de materiais diversos em caminhão carroceria de 15 t - carga e descarga manuais
	5914449	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em leito natural
	5914464	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia em revestimento primário
	5914479	Transporte com caminhão carroceria de 15 t - rodovia pavimentada



Tabela 109 - Serviços empregados nas operações de transporte - usinagem para pavimento de concreto com fôrmas deslizantes (2/2)

Descrição	Código SICRO	Descrição
Areia média, brita 1, brita 2	5914647	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m ³ - carga com carregadeira de 3,40 m ³ (exclusa) e descarga livre
	5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em leito natural
	5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em revestimento primário
	5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia pavimentada
Cimento Portland CP II - 32 - a granel	5914363	Carga, manobra e descarga de cimento a granel em caminhão silo de 30 m ³
	5914364	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m ³ - rodovia em leito natural
	5914365	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m ³ - rodovia em revestimento primário
	5914366	Transporte de cimento a granel com caminhão silo de 30 m ³ - rodovia pavimentada
Areia extraída e brita produzida	5915407	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m ³ - carga com carregadeira de 3,40 m ³ e descarga livre
	5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em leito natural
	5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em revestimento primário
	5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia pavimentada

A tabela 110 apresenta os parâmetros referenciais de conversão para unidade de transporte dos insumos integrantes do serviço.

Tabela 110 - Conversão para transporte - usinagem para pavimento de concreto com fôrmas deslizantes

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte
M0615	Aditivo incorporador de ar para concreto e argamassa	0,00100 t/kg
M0030	Aditivo plastificante e retardador de pega para concreto e argamassa	0,00100 t/kg
M0028	Areia média	1,50000 t/m ³
M0191	Brita 1	1,50000 t/m ³
M0192	Brita 2	1,50000 t/m ³
M1954	Cimento Portland CP II - 32 - a granel	0,00100 t/kg
4816020	Areia extraída com draga de sucção tipo bomba	1,50000 t/m ³
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m ³ /h	1,50000 t/m ³



2.5.1.7 Critérios de medição

A medição do serviço de usinagem de pavimento de concreto com fôrmas deslizantes deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente produzido e aplicado em pista.

2.5.2 Usinagem de concreto compactado com rolo

O serviço consiste na confecção de concreto, em central dosadora e misturadora, para execução de pavimento rígido compactado por meio de rolo.

2.5.2.1 Dispositivos legais e técnico-normativos

As premissas empregadas na formulação das condições de contorno estabelecidas foram baseadas nos seguintes dispositivos:

- DNIT ES 059/2004: *Pavimento rígido - Pavimento de concreto de cimento Portland, compactado com rolo;*
- DNIT ES 056/2013: *Pavimento rígido - Sub-base de concreto de cimento Portland compactada com rolo.*

2.5.2.2 Metodologia executiva

A modelagem referencial adotada na concepção das composições de custos do serviço pressupõe a execução das seguintes etapas:

- abastecimento da usina com os agregados por meio da carregadeira de pneus e cimento por meio de caminhão silo;
- dosagem dos insumos e homogeneização por meio da central de concreto.

2.5.2.3 Produção horária e equipe mecânica

As atividades são exercidas pelos seguintes equipamentos:

- central de concreto - dosadora e misturadora: líder de equipe;
- grupo gerador;
- carregadeira de pneus.

a) central de concreto - dosadora e misturadora com grupo gerador

A produção horária é estabelecida por método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = C_{ap} \times F_e$$



onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;

C_{ap} representa a capacidade de produção da central de concreto, em metros cúbicos por hora;

F_e representa o fator de eficiência.

O grupo gerador opera em conjunto com a central de concreto, sendo atribuída de forma análoga a utilização operativa na atividade.

b) carregadeira de pneus

A produção horária é estabelecida por método teórico, sendo definida por meio da aplicação da seguinte expressão:

$$P = \frac{60 \times C_{ap} \times F_{ca} \times F_e}{F_{cv} \times T_c}$$

onde:

P representa a produção horária, em metros cúbicos por hora;

C_{ap} representa a capacidade da carregadeira de pneus, em metros cúbicos;

F_{ca} representa o fator de carga;

F_e representa o fator de eficiência;

F_{cv} representa o fator de conversão, em metros cúbicos por metro cúbico;

T_c representa o tempo de ciclo, em minutos.

2.5.2.4 Mão de obra

São empregados de forma acessória ao desenvolvimento do serviço os seguintes profissionais:

- 1 servente para auxiliar nas operações de carga e usinagem;
- 1 servente para atuar no controle da balança.

2.5.2.5 Materiais e atividades auxiliares

Para o serviço de usinagem de concreto compactado com rolo são utilizados os seguintes insumos:

- brita: consiste em agregado graúdo;
- pó de pedra: consiste em agregado miúdo;
- cimento Portland: consiste em insumo aglomerante.

a) concreto compactado com rolo para pavimento rígido

A dosagem é definida a partir da composição granulométrica apresentada na tabela 111.



Tabela 111 - Composição granulométrica de concreto compactado com rolo para pavimento

Material	Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em massa (%)	Porcentagem retida, em massa (%)		
	ABNT	Abertura (mm)		Mínima	Máxima	Média
Brita 3	1 1/2"	38,100	100-100	0,00	0,00	0,00
Brita 2	1"	25,400	82-92	18,00	8,00	13,00
Brita 1	3/4"	19,100	74-84	8,00	8,00	8,00
	1/2"	12,700	64-74	10,00	10,00	10,00
Brita 0	3/8"	9,500	58-68	6,00	6,00	6,00
	1/4"	6,300	50-60	8,00	8,00	8,00
	Nº 4	4,750	45-55	5,00	5,00	5,00
Pó de pedra	Nº 8	2,360	35-45	10,00	10,00	10,00
	Nº 16	1,180	27-37	8,00	8,00	8,00
	Nº 30	0,600	20-30	7,00	7,00	7,00
	Nº 50	0,300	15-25	5,00	5,00	5,00
	Nº 100	0,150	11-21	4,00	4,00	4,00
	Nº 200	0,075	8-18	3,00	3,00	3,00

A tabela 112 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 112 - Consumos dos insumos - usinagem de concreto compactado com rolo para pavimento

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/m³)	Massa específica (t/m³)	Consumo (un/m³)
Brita 2	m³	13,00	13,698	0,32876	1,50000	0,21917
Brita 1	m³	18,00	18,966	0,45519	1,50000	0,30346
Brita 0	m³	19,00	20,019	0,48045	1,50000	0,32030
Pó de pedra	m³	37,00	38,984	0,93561	1,50000	0,62374
Cimento Portland	kg	-	8,333	0,20000	1,40000	200,00000
Pavimento de concreto	m³	-	100,000		2,40000	-

b) sub-base de concreto compactado com rolo

A dosagem é definida a partir da composição granulométrica apresentada na tabela 113.



Tabela 113 - Composição granulométrica para sub-base de concreto compactado com rolo

Material	Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em massa (%)	Porcentagem retida, em massa (%)		
	ABNT	Abertura (mm)		Mínima	Máxima	Média
Brita 3	1 1/2"	38,100	100-100	0,00	0,00	0,00
Brita 2	1 1/4"	31,700	95-100	5,00	0,00	2,50
	1"	25,400	82-92	13,00	8,00	10,50
Brita 1	3/4"	19,100	74-84	8,00	8,00	8,00
	1/2"	12,700	64-74	10,00	10,00	10,00
Brita 0	3/8"	9,500	58-68	6,00	6,00	6,00
	1/4"	6,300	50-60	8,00	8,00	8,00
	Nº 4	4,750	45-55	5,00	5,00	5,00
Pó de pedra	Nº 8	2,360	35-45	10,00	10,00	10,00
	Nº 16	1,180	27-37	8,00	8,00	8,00
	Nº 30	0,600	20-30	7,00	7,00	7,00
	Nº 50	0,300	15-25	5,00	5,00	5,00
	Nº 100	0,150	11-21	4,00	4,00	4,00
	Nº 200	0,075	8-18	3,00	3,00	3,00

A tabela 114 apresenta os parâmetros referenciais adotados e os respectivos consumos dos materiais.

Tabela 114 - Consumos dos insumos - usinagem de sub-base de concreto compactado com rolo

Material	Unidade	Porcentagem em massa (%)	Porcentagem efetiva (%)	Massa (t/m³)	Massa específica (t/m³)	Consumo (un/m³)
Brita 2	m³	13,00	14,320	0,34368	1,50000	0,22912
Brita 1	m³	18,00	19,828	0,47588	1,50000	0,31725
Brita 0	m³	19,00	20,929	0,50229	1,50000	0,33486
Pó de pedra	m³	37,00	40,757	0,97817	1,50000	0,65211
Cimento Portland	kg	-	4,167	0,10000	1,40000	100,00000
Sub-base de concreto	m³	-	100,000		2,40000	-

2.5.2.6 Operações de transporte

A tabela 115 apresenta as composições de custos de tempo fixo e momento de transporte associadas aos insumos integrantes do serviço.



Tabela 115 - Serviços empregados nas operações de transporte - usinagem de concreto compactado com rolo

Descrição	Código SICRO	Descrição
Brita 0, brita 1, brita 2, pó de pedra	5914647	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m ³ - carga com carregadeira de 3,40 m ³ (exclusa) e descarga livre
	5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em leito natural
	5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em revestimento primário
	5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia pavimentada
Cimento Portland CP II - 32 - a granel	5914363	Carga, manobra e descarga de cimento ou cal hidratada a granel em caminhão silo de 30 m ³
	5914364	Transporte de cimento ou cal hidratada a granel com caminhão silo de 30 m ³ - rodovia em leito natural
	5914365	Transporte de cimento ou cal hidratada a granel com caminhão silo de 30 m ³ - rodovia em revestimento primário
	5914366	Transporte de cimento ou cal hidratada a granel com caminhão silo de 30 m ³ - rodovia pavimentada
Brita produzida em central de britagem de 80 m ³ /h	5915407	Carga, manobra e descarga de agregados ou solos em caminhão basculante de 10 m ³ - carga com carregadeira de 3,40 m ³ e descarga livre
	5914359	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em leito natural
	5914374	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia em revestimento primário
	5914389	Transporte com caminhão basculante de 10 m ³ - rodovia pavimentada

A tabela 116 apresenta os parâmetros referenciais de conversão para unidade de transporte dos insumos integrantes do serviço.

Tabela 116 - Conversão para transporte - usinagem de concreto compactado com rolo

Código SICRO	Descrição	Conversão para transporte
M0005	Brita 0	1,50000 t/m ³
M0191	Brita 1	1,50000 t/m ³
M0192	Brita 2	1,50000 t/m ³
M1135	Pó de pedra	1,50000 t/m ³
M1954	Cimento Portland CP II - 32 - a granel	0,00100 t/kg
4816012	Brita produzida em central de britagem de 80 m ³ /h	1,50000 t/m ³

2.5.2.7 Critérios de medição

A medição do serviço de usinagem de concreto compactado com rolo deve ser realizada em metros cúbicos, em função do volume efetivamente produzido e aplicado em pista.



APÊNDICE A - RELAÇÃO DAS COMPOSIÇÕES DE CUSTOS POR SUBGRUPO - USINAGEM

A tabela 117 apresenta as composições de custos do grupo de serviços de usinagem, relacionando o código SICRO ao respectivo subgrupo.

Tabela 117 - Relação das composições de custos por subgrupo - usinagem

Subgrupo	Código SICRO
2.1.1 Usinagem de solo brita (com e sem cimento)	6416185, 6416184, 6416030 e 6416029
2.1.2 Usinagem de solo areia	6416250 e 6416153
2.1.3 Usinagem de solo escória de aciaria	6416278
2.1.4 Usinagem de solo com adição de cimento	6416047 e 6416056
2.1.5 Usinagem de brita graduada (com e sem cimento)	6416040, 6416039, 6416042 e 6416041
2.1.6 Usinagem de agregados para microrrevestimento a frio	6416036, 6416037, 6416038 e 6416035
2.2.1 Usinagem de pré-misturado a frio (com e sem polímero)	6416074, 6416073, 6416220, 6416219, 6416222, 6416221, 6416224, 6416223, 6416082, 6416081, 6416228, 6416227, 6416230, 6416229, 6416232 e 6416231
2.3.1 Usinagem de micro pré-misturado a quente (com polímero)	6416258 e 6416259
2.3.2 Usinagem de pré-misturado a quente (com polímero)	6416086, 6416085, 6416238, 6416237, 6416240, 6416239, 6416242, 6416241, 6416244 e 6416243
2.3.3 Usinagem de areia-asfalto (com e sem polímero)	6416076, 6416075, 6416083, 6416084, 6416226, 6416225, 6416233, 6416234, 6416235 e 6416236
2.3.4 Usinagem de concreto asfáltico (com e sem polímero)	6416080, 6416079, 6416143, 6416262, 6416078, 6416077, 6416088, 6416087, 6416246, 6416245, 6416248, 6416247, 6416071 e 6416072
2.3.5 Usinagem de concreto asfáltico com borracha	6416211, 6416215, 6416212, 6416216, 6416213, 6416217, 6416214 e 6416218
2.4.1 Usinagem de concreto asfáltico reciclado a quente	6416098 e 6416097
2.4.2 Usinagem de concreto asfáltico reciclado a frio com espuma de asfalto	6416289 e 6416288
2.5.1 Usinagem para pavimento de concreto com fôrmas deslizantes	6416090 e 6416089
2.5.2 Usinagem de concreto compactado com rolo	6416094, 6416093, 6416092 e 6416091