TÍTULO

# SUB-BASE OU BASE BRITA GRADUADA MELHORADA COM CIMENTO - BGMC

ÓRGÃO

DIRETORIA DE ENGENHARIA

PALAVRAS-CHAVE

Brita. Cimento. Pavimentação.

| APROVAÇÃO | PROCESSO |
|---|---|
| | |

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

CCR Engelog. **EN-000/00-0000.00-GER-A1-PV/ES-E-020-R0.** Especificação particular para execução de brita graduada melhorada com cimento – BGMC. Brasil, 2020.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DO PARANÁ. **DER/PR ES-P 16/18.** Pavimentação: brita graduada tratada com cimento. Curitiba, 2018.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **DER/SP ET-DE-P00/009.** Especificação Técnica: sub-base ou base de brita graduada tratada com cimento - BGTC. São Paulo, 2006.

OBSERVAÇÕES

| REVISÃO | DATA | DISCRIMINAÇÃO |
|---|---|---|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

# ÍNDICE

1 OBJETIVO ..... 4
2 DEFINIÇÃO ..... 4
3 MATERIAIS ..... 4
3.1 Cimento ..... 4
3.2 Água ..... 4
3.3 Agregados ..... 4
3.4 Projeto da Mistura de Agregados com Cimento ..... 5
4 EQUIPAMENTOS ..... 6
5 EXECUÇÃO ..... 7
5.1 Condições Gerais ..... 7
5.2 Produção da Mistura ..... 7
5.3 Transporte e Lançamento ..... 8
5.4 Espalhamento ..... 8
5.5 Corpos de Prova ..... 8
5.6 Compactação e Acabamento ..... 9
5.7 Juntas de Construção ..... 10
5.8 Cura ..... 10
5.9 Abertura ao Tráfego ..... 11
6 CONTROLE ..... 11
6.1 Controle dos Materiais ..... 11
6.2 Controle da Execução ..... 13
6.3 Controle Geométrico e de Acabamento ..... 13
6.4 Deflexões ..... 14
7 ACEITAÇÃO ..... 14
7.1 Materiais ..... 14
7.2 Produção da Brita Graduada Melhorada com Cimento ..... 15
7.3 Execução ..... 15
7.4 Deflexões ..... 16
8 CONTROLE AMBIENTAL ..... 16
8.1 Exploração de Ocorrência de Materiais ..... 16
8.2 Execução ..... 17
9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO ..... 17

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 18
ANEXO A - TABELAS DE CONTROLE ..... 20
ANEXO B – CONTROLE ESTATÍSTICO ..... 26

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

# 1 OBJETIVO

Definir os critérios que orientam a produção, execução, aceitação e medição dos serviços de sub-bases e bases de brita graduada melhorada com cimento em obras rodoviárias sob a jurisdição do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo – DER/SP.

# 2 DEFINIÇÃO

A sub-base e base de brita graduada melhorada com cimento é o produto endurecido resultante da cura úmida da mistura homogênea compactada de agregados graúdos, miúdos, cimento e água, em proporções estabelecidas em projeto e determinadas por ensaios prévios de laboratório por dosagem experimental.

# 3 MATERIAIS

## 3.1 Cimento

O cimento empregado deve atender a especificação de material DNER-EM 036/95(1), para recebimento e aceitação do material, e a norma NBR 16697(2) para os requisitos de todos os tipos de cimento Portland.

## 3.2 Água

A água deve ser isenta de teores nocivos de sais, ácidos, álcalis, de matéria orgânica ou outras substâncias prejudiciais. Deve atender aos requisitos estabelecidos pelas normas DNER-EM 034/97 (3) e NBR 15900-1-11(4).

## 3.3 Agregados

Os agregados são constituídos de pedra britada, areia, pó-de-pedra ou a mistura desses. A camada de base e sub-base de brita graduada melhorada com cimento deve ser executada com materiais que atendam aos seguintes requisitos:

a) os agregados utilizados obtidos a partir da britagem e classificação de rocha sã devem constituir-se por fragmentos duros, limpos e duráveis, livres do excesso de partículas lamelares ou alongadas, macias ou de fácil desintegração, assim como de outras substâncias ou contaminações prejudiciais;

b) desgaste no ensaio de abrasão Los Angeles, conforme NBR 16974(5), inferior a 25% para basalto e 50% para os demais tipos de rochas;

c) equivalente de areia do agregado miúdo, conforme NBR 12052(6), superior a 55%;

d) índice de forma superior a 0,5, conforme DNIT 425/2020 – ME(7);

e) perda no ensaio de durabilidade conforme DNER-ME 089/94(8), em cinco ciclos, com solução de sulfato de sódio, deve ser inferior a 20% e, com sulfato de magnésio, inferior a 30%.

Na Tabela 1 indica as faixas granulométricas da mistura de agregados antes da adição do cimento Portland. Todas as granulometrias devem ser feitas por via úmida, isto é, lavadas.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

**Tabela 1 - Faixas granulométricas da mistura de agregados antes da adição do cimento Portland**

| ABNT | Abertura (mm) | % em Massa, Passando | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Faixa I | | Faixa II | |
| | | mín | máx | mín | máx |
| 2" | 50,8 | - | - | - | - |
| 1 1/2" | 38,1 | - | - | 100 | 100 |
| 1 1/4" | 32 | 100 | 100 | - | - |
| 1" | 25,4 | 95 | 100 | - | - |
| 3/4" | 19,1 | 75 | 94 | 60 | 95 |
| 3/8" | 9,5 | 45 | 64 | 40 | 75 |
| nº 4 | 4,8 | 30 | 45 | 25 | 60 |
| - | 2,4 | - | - | - | - |
| nº 10 | 2 | - | - | 15 | 45 |
| nº 16 | 1,2 | 15 | 28 | - | - |
| nº 30 | 0,6 | 10 | 20 | - | - |
| nº 40 | 0,42 | - | - | 8 | 25 |
| nº 50 | 0,3 | 5 | 15 | - | - |
| nº 80 | 0,18 | - | - | - | - |
| nº 100 | 0,15 | 0 | 10 | - | - |
| nº 200 | 0,075 | - | - | 2 | 10 |

## 3.4 Projeto da Mistura de Agregados com Cimento

A dosagem da mistura da brita melhorada com cimento deve conter:

a) curva granulométrica de projeto da mistura dos agregados que deve enquadrar-se na faixa granulométrica da Tabela 1;

b) a faixa de trabalho, definida a partir da curva granulométrica de projeto, deve obedecer à tolerância indicada para cada peneira na Tabela 1, porém respeitando os limites da faixa granulométrica;

c) a porcentagem do material que passa na peneira nº 200 não deve ultrapassar 2/3 da porcentagem que passa na peneira nº 40.

### 3.4.1 Teor de Cimento

Define-se teor de cimento em massa, a relação entre a massa de cimento a ser aplicada e a massa de solo seco, multiplicado por 100.

A porcentagem em massa de cimento a ser incorporada aos agregados para constituição da mistura deve ser fixada de modo a atender a resistência à compressão simples e à tração no

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

ensaio de compressão diametral, ambas aos 28 dias, fixadas no projeto da estrutura do pavimento.

Quando necessário, a incorporação de aditivos (plastificante e retardador) deve ser cuidadosamente estudada, e sua dosagem deve ser feita de maneira racional em laboratório.

### 3.4.2 Aditivos

A executante pode, a seu ônus e se autorizado pela fiscalização, utilizar aditivos plastificantes ou retardadores de pega. A utilização de aditivos não deve acarretar diminuição da resistência da brita graduada melhorada com cimento.

## 4 EQUIPAMENTOS

Antes do início dos serviços todo equipamento deve ser examinado e aprovado pelo DER/SP.

Os equipamentos diferem a depender do processamento dos materiais na usina ou in situ. Os equipamentos necessários para execução da camada de brita graduada melhorada com cimento com a mistura processada na pista são:

- Caminhões basculantes para transporte da brita graduada melhorada com cimento;
- Distribuidor de agregados autopropulsados e dotado de dispositivo de vibração e acabamento;
- Rolo compressor pneumático e tandem liso (vibratório ou estático);
- Motoniveladora ou martelete para corte de juntas;
- Caminhão distribuidor de ligante asfáltico;
- Caminhão irrigador para distribuição de água.

Nas especificações consultadas, é indicado que as centrais de usina devem conter:

- Silos - geralmente para cimento e solo, providos de bocas de descarga e equipados com dispositivos que permitam graduar o escoamento;
- Transportadores de esteiras, que transportam os agregados e o cimento, na proporção conveniente, até o equipamento misturador;
- Equipamento misturador “pugmill” constituído, normalmente, de uma caixa metálica contendo em seu interior, como elementos misturadores, dois eixos que rodam em sentido contrário, providos de chapa em espiral ou de pequenas chapas fixadas em hastes que, devido aos seus movimentos, forçam a mistura íntima dos materiais, ao mesmo tempo que os faz avançar até a saída do equipamento;
- Reservatório de água e canalizações que permitam depositar e espargir a água no processo de mistura;

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

- Equipamento de carga de caminhões, constituído de um silo com transportador de correia ou elevador de canecas, colocado de modo que o caminhão transportador possa receber, por gravidade, a mistura.

# 5 EXECUÇÃO

## 5.1 Condições Gerais

Não é permitida a execução dos serviços em dia de chuva.

A camada de sub-base e base de brita graduada melhorada com cimento só deve ser executada quando a camada subjacente estiver liberada quanto aos requisitos de aceitação de materiais e execução.

A superfície deve estar perfeitamente limpa, desempenada e sem excessos de umidade antes da execução da sub-base ou base de brita graduada melhorada com cimento.

Durante todo o tempo que durar a execução da sub-base ou base de brita graduada melhorada com cimento, os materiais e os serviços devem ser protegidos contra a ação destrutiva das águas pluviais, do trânsito e de outros agentes que possam danificá-los. É obrigação da executante a responsabilidade desta conservação.

## 5.2 Produção da Mistura

### 5.2.1 Mistura Processada em Usina

A brita graduada melhorada com cimento deve ser preparada em usina do tipo contínua (pugmill) ou descontínua. Os agregados, o cimento e a água devem ser dosados em massa.

Os agregados resultantes da operação de britagem normalmente formam três frações de dimensões máximas distintas, devendo ser estocados convenientemente, além de drenados e cobertos de modo que cada fração ocupe um silo da usina. Não é permitida a mistura prévia dos materiais no abastecimento da usina. Cada uma das frações deve apresentar homogeneidade granulométrica.

Nas usinas utilizadas para produção brita graduada melhorada com cimento, os silos devem ter capacidade total de, no mínimo, três vezes a capacidade do misturador, e devem possuir, no mínimo, três silos agregados. Os silos devem conter dispositivos que os abriguem da chuva.

A usina deve ser calibrada racionalmente, de forma a assegurar a obtenção das características desejadas para a mistura.

As frações obtidas, acumuladas nos silos da usina, são combinadas no misturador, acrescentando-se ainda a água necessária à condução da mistura de agregados à respectiva umidade ótima, mais o acréscimo de 2% acima da umidade ótima destinado a fazer frente às perdas verificadas nas operações construtivas subsequentes. O abastecimento dos insumos deve ser convenientemente programado de modo a evitar a interrupção da produção.

As frações devem ser combinadas de tal forma a enquadrar a mistura final dentro da faixa

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

granulométrica especificada.

A introdução da água no misturador deve ser controlada por meio de dispositivo que permita a verificação da quantidade acrescentada por ciclo.

Eventuais zonas mortas no misturador, nas quais o material não seja revolvido suficientemente, devem ser desfeitas.

## 5.3 Transporte e Lançamento

A brita graduada melhorada com cimento produzida na central deve ser descarregada diretamente sobre caminhões basculantes e em seguida transportada para a pista. Os materiais devem ser protegidos por lonas para evitar perda de umidade durante seu transporte.

Não é permitida a estocagem do material usinado. A produção da brita graduada na usina deve ser adequada às extensões de aplicação na pista.

O lançamento da brita graduada melhorada com cimento deve ser efetuado diretamente na caçamba receptora da vibroacabadora, pelo caminhão basculante, sendo a velocidade de descarga compatível com a de operação do equipamento vibroacabador.

## 5.4 Espalhamento

Antes de se iniciar a execução propriamente dita, devem ser efetuados a locação e o nivelamento da camada subjacente.

Imediatamente antes do espalhamento, a superfície a ser recoberta deve ser umedecida e, sem apresentar excessos de água.

A operação de espalhamento será executada por distribuidor de agregados descrito no Item 4, de modo que a mistura fique em condições de ser compactada, sem conformação suplementar, de acordo com as condições geométricas fixadas em projeto e dentro das tolerâncias desta norma.

A largura de cada “pano” não deve permitir que juntas longitudinais fiquem situadas abaixo de trilhas de rodas.

As juntas transversais também não devem ficar no mesmo alinhamento.

O espalhamento não pode ser realizado sob chuva.

## 5.5 Corpos de Prova

A confecção dos corpos de prova deverá obedecer a relação entre altura (h) e diâmetro (d), sendo que a altura deverá ter duas vezes a medida da base do corpo de prova (2:1). Nessas condições, o cilindro a ser moldado para realização dos ensaios de Resistência a Compressão Simples - NBR-5769 e Resistência a Tração por Compressão Diametral ABNT NM- 8 (2 para cada ensaio), no teor ótimo de umidade, deverá atender as seguintes orientações:

- Número de golpes calculado em função da energia de compactação empregada no

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

ensaio, mediante a equação apresentada:

$$E = \frac{P*h*N*n}{V}$$ onde:

$P$ = Peso do soquete (N)

$h$ = Altura de queda do soquete (m)

$N$ = Número de golpes por camada

$n$ = Número de camadas

$V$ = Volume de solo compactado (m³)

- Adotar os valores padronizados para P, h, n e E, conforme apresentado na Tabela 2.

**Tabela 2 - Valores Padronizados para P, h, n e E**

| Características | ABNT (PN*) | ABNT(PM**) | DNER (M,48***) | AASHTO |
|---|---|---|---|---|
| Peso do Soquete (kgf) | 2,5 | 4,54 | 4,54 | 4,54 |
| Altura de Queda (cm) | 30,5 | 45,7 | 45,7 | 45,72 |
| Número de Camadas | 3 | 5 | 5 | 5 |
| Número de Golpes Por Camada | 26 | 27 | 26 | 55 |
| Volume do Cilindro (cm³) | 1000 | 1000 | 2160 | 2160 |
| Energia de Compactação (kgf.cm/cm³) | 5,95 | 27,98 | 12,49 | 26,43 |
| * Proctor Normal; ** Proctor Modificado; ***Corresponde aproximadamente à energia do Proctor Intermediário. | | | | |

Os corpos de prova serão curados conforme descrito no método de ensaio moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos e prismáticos (ABNT NBR 5738) [17].

## 5.6 Compactação e Acabamento

O tipo de equipamento a ser utilizado e o número de passadas do rolo compactador devem ser definidos logo no início da obra, em função dos resultados obtidos na execução de trechos experimentais, de forma que a camada atinja o grau de compactação especificado. Este procedimento deve ser repetido no caso de mudança no projeto da faixa granulométrica adotada.

Terminada a operação de espalhamento, o material deve ser rapidamente compactado. O tempo decorrido entre a adição de água à mistura e o término da compactação não deve exceder o tempo de início de pega do cimento, recomendando-se um tempo máximo de duas horas.

A energia de compactação a ser adotada como referência para a execução da brita graduada melhorada com cimento, deve ser a intermediária, que deve ser adotada na determinação da densidade seca máxima e umidade ótima, determinadas conforme a NBR 7182[9]. O teor de umidade da brita graduada melhorada com cimento, imediatamente antes da compactação,

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

deve estar compreendido no intervalo de -2,0 % a +1,0 %, em relação à umidade ótima obtida de compactação.

A compactação da brita graduada melhorada com cimento é executada mediante o emprego de rolos vibratórios lisos e de rolos pneumáticos de pressão regulável.

Nos trechos em tangente, a compactação deve evoluir partindo das bordas para eixo, e nas curvas, partindo da borda interna para borda externa. Em cada passada, o equipamento utilizado deve recobrir, ao menos, a metade da faixa anteriormente compactada.

Em lugares inacessíveis ao equipamento de compactação ou onde seu emprego não for recomendável, a compactação requerida deve ser realizada à custa de compactadores portáteis, sejam manuais ou mecânicos.

A camada deve ser executada em espessura única, totalizando o valor definido em projeto. A espessura da camada compactada deve ser de no mínimo 15 cm e no máximo 18 cm. Espessuras de até 20 cm poderão ser aceitas, desde que os ensaios de determinação da massa específica aparente demonstrem a homogeneidade do material em toda a espessura da camada.

A compactação deve evoluir até que se obtenha o grau de compactação mínimo superior a 100% em relação à massa específica aparente seca máxima, obtida no ensaio de compactação, conforme NBR 7182[(9)], na energia intermediária, e o desvio de umidade deve estar compreendido entre -2,0 % a +1,0 %.

## 5.7 Juntas de Construção

Ao fim de cada jornada de trabalho, ou em caso de interrupção dos serviços, deve ser executada uma junta transversal de construção, mediante corte vertical da camada, podendo ser utilizados: rompedores, ferramentas manuais ou lâmina da motoniveladora.

As juntas transversais de construção não devem coincidir entre dois panos de serviços adjacentes.

A face da junta deve ser umedecida antes da colocação da camada subsequente.

As juntas transversais não devem coincidir com os locais de juntas da camada subjacente anteriormente executada.

Nas juntas geradas nos pontos de início e fim de execução da camada a compactação deve ser executada transversalmente ao eixo da pista.

## 5.8 Cura

Todo o trecho, logo após a sua execução de acordo com esta especificação, deve ser submetido a um processo de cura, devendo ser protegido contra a perda rápida de umidade, por pelo menos sete dias. A pintura de cura deve ser constituída por imprimação com emulsão asfáltica tipo RR-2C. A película protetora será aplicada em quantidade suficiente para constituir uma membrana contínua. Este procedimento deve ser executado imediatamente após o término da compactação.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

A emulsão asfáltica tipo RR-2C deve ser aplicada com caminhão à razão de 0,6 l/m². Sua aplicação deve ser executada sobre a superfície limpa com jato de ar comprimido, e suficientemente umedecida. O material deve ser aspergido, em uma única aplicação e na temperatura adequada.

O emprego de processos de cura alternativos, de comprovada eficiência, pode ser admitido, a critério da fiscalização ou previamente aprovado pelo DER/SP. A aplicação da imprimação da camada só deve ser executada se a camada tiver sido liberada pela fiscalização. No caso de ocorrência de chuvas, antes da aplicação da imprimação, a camada de brita graduada melhorada com cimento deve ser removida e refeita, sem ônus ao contratante.

## 5.9 Abertura ao Tráfego

A sub-base ou base de brita graduada melhorada com cimento não deve ser liberada à ação do tráfego. A fiscalização poderá, em caráter excepcional, autorizar a abertura ao tráfego desde que a camada apresente, na ocasião, resistência compatível com a solicitação de carga e que a imprimação esteja completamente rompida e curada, o que pode ser verificado com o rompimento de corpos de prova preparados exclusivamente para essa finalidade e com idade diferente de 28 dias. Não será permitido, entretanto, trânsito de veículos antes de 7 dias.

# 6 CONTROLE

O controle de qualidade inclui o controle dos materiais, da produção da brita graduada melhorada com cimento, da execução, do acabamento e das deflexões. Todos os materiais devem ser testados em laboratório.

A análise das referências é feita com base na comparação das especificações de brita graduada melhorada com cimento com o controle apresentado na especificação do DER/SP para a Brita Graduada Tradada com Cimento.

## 6.1 Controle dos Materiais

### 6.1.1 Cimento

Todo carregamento de cimento e cal que chegar à obra deve vir acompanhado de certificado de qualidade que ateste que:

- o cimento atende o preconizado na norma de recebimento e aceitação DNER-EM 036/95[(1)];
- atenda NBR 16697[(2)] para os requisitos de todos os tipos de cimento Portland.

Realizar um ensaio de finura, conforme NBR 11579[(10)], a cada 2.000 m² de camada acabada, ou sempre que houver dúvidas sobre a sanidade do cimento.

### 6.1.2 Água

Deve ser examinada sempre que houver dúvida sobre a sua sanidade, conforme as normas DNER-EM 034/97 [(3)] e NBR 15900-1-11[(4)].

### 6.1.3 Aditivos

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

O fornecedor de aditivos (quando utilizado) deve entregar junto com o produto, um certificado de qualidade que atenda ao disposto na ABNT NBR 11768[20] – Aditivos para concreto de cimento Portland.

### 6.1.4 Agregados

Os agregados deverão passar por ensaios:

- De desgaste por abrasão Los Angeles (NBR 16974)[5] toda vez que se fizer necessário realizar ou revisar a dosagem de brita graduada melhorada com cimento;
- De durabilidade ao sulfato de sódio (AASHTO T 104) toda vez que se fizer necessário realizar ou revisar a dosagem de brita graduada melhorada com cimento; e
- De equivalente de areia (ABNT NBR 12052)[6] toda vez que se fizer necessário realizar ou revisar a dosagem de brita graduada melhorada com cimento.

### 6.1.5 Mistura Fresca

A Mistura Fresca deverá passar por um ensaio de análise granulométrica (AASHTO T-27) a cada 4 horas de produção da usina. A amostra deve ser coletada antes da adição do cimento.

Um ensaio de compactação (DNIT ME-164)[19], quando houver mudança na faixa de trabalho da mistura, ou uma vez por semana.

Uma determinação do teor de cimento por titulação química método (EN-00000/00- 0000.00-GER-A1-PV/ME-E-008) a cada 4 horas de produção da usina.

Uma determinação do teor de umidade a cada 4 horas de produção da usina. O processo para esta determinação é o descrito no método de ensaio DNER-ME 092/94[18].

Moldagem de 4 corpos de prova por dia para rompimento aos 28 dias (2 para compressão e 2 para tração), conforme descrito no item 5.5 ABNT NBR 5738[17]. Considerar uma quantidade adicional de corpos de prova.

Um ensaio de massa específica aparente “in situ” (DNER-ME 092/94)[18] a cada 100m de pista, obedecendo à ordem: bordo direito, eixo, bordo esquerdo, eixo, imediatamente após a compactação da camada.

### 6.1.6 Mistura Endurecida

A Mistura Endurecida deverá passar por um ensaio de resistência à compressão simples aos 28 dias de idade (ABNT NBR 5739)[12] por dia.

Um ensaio de resistência à tração por compressão diametral aos 28 dias de idade (ABNT NM-8) por dia.

Medidas das deflexões recuperáveis, pela Viga Benkelman (DNER-ME 024/94)[15] ou pelo FWD a cada 100m de pista, e após no mínimo 14 dias de idade da camada. As deflexões

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

máximas admissíveis serão fixadas no projeto.

## 6.2 Controle da Execução

O controle das características da brita graduada melhorada com cimento na pista deve abranger:

a) determinação do teor de umidade a cada 250 m2 de pista, imediatamente antes da compactação; se o desvio da umidade em relação à umidade ótima for de no máximo de -2,0% a +1,0% ponto porcentual, o material pode ser liberado para compactação;

b) ensaio de compactação na energia intermediária, conforme método NBR 7182[9], para determinação da massa específica aparente seca máxima e umidade ótima, de amostras coletadas na pista; 1 ensaio no início da utilização do material na obra e sempre que a curva granulométrica da mistura se achar fora da faixa de trabalho;

c) determinação da resistência à compressão simples, de amostras coletadas na pista, aos 28 dias de cura, NBR 5739[12], a cada 250 m2 e a cada 750 m² de pista aos 7 dias; para avaliar os resultados iniciais em relação à resistência final a ser atingida;

d) determinação da resistência à tração por compressão diametral, de amostras coletadas na pista, aos 28 dias de cura, conforme NBR 7222[13], a cada 250 m2 de pista;

e) determinação da umidade e da massa específica aparente seca in situ, conforme NBR 7185[14] utilizando o funil com diâmetro de 15,2 cm, e respectivo grau de compactação em relação aos valores obtidos na alínea b, a cada 250 m2 de pista, em pontos que sempre obedeçam à ordem: borda direita, eixo, borda esquerda, eixo, borda direita etc.; a determinação nas bordas deve ser feita a 60 cm delas;

f) determinar o intervalo de tempo decorrido entre a incorporação do cimento à mistura na usina e o início da compactação. Este intervalo não deve ser superior ao início de pega do cimento.

g) devem ser registrados os locais de aplicação da mistura, sempre associados às datas de produção, mediante controle de carga e descarga realizada pelos caminhões acompanhados, com os respectivos ensaios de controle tecnológico.

h) na moldagem dos corpos de prova, para determinação da resistência à compressão simples e à tração, cada exemplar é constituído por dois corpos de prova moldados na mesma massada, no mesmo ato, para cada idade de rompimento. Toma-se como resistência do exemplar, na idade de rompimento, o maior dos dois valores obtidos no ensaio. Os corpos de prova devem ser moldados imediatamente antes da compactação.

## 6.3 Controle Geométrico e de Acabamento

### 6.3.1 Controle de Espessura e Cotas

A espessura da camada e as diferenças de cotas, entre a camada subjacente e a de brita graduada melhorada com cimento, devem ser determinadas pelo nivelamento da seção transversal, a cada 20 m, conforme nota de serviço.

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

A relocação e o nivelamento do eixo e das bordas devem ser executados a cada 20 m; devem ser nivelados os pontos no eixo, bordas e dois pontos intermediários.

Os resultados dos ensaios de Controle Tecnológico, bem como o Controle Geométrico, serão tratados estatisticamente de acordo com a qualidade de resultados e medições por período ou segmento.

#### 6.3.2 Controle da Largura e Alinhamentos

A verificação do eixo e das bordas deve ser feita durante os trabalhos de locação e nivelamento, nas diversas seções correspondentes às estacas da locação. A largura da plataforma acabada deve ser determinada por medidas à trena, executadas pelo menos a cada 20 m.

#### 6.3.3 Controle do Acabamento da Superfície

O acabamento da superfície dos diversos segmentos concluídos é verificado com duas réguas, uma de 1,20 m e outra 3,00 m de comprimento, colocadas em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada, nas diversas seções correspondentes às estacas da locação.

Cabe à fiscalização a avaliação sistemática da eficiência do processo de proteção à cura, com base em inspeção visual, para averiguação das condições de umedecimento da superfície e manutenção da integridade da pintura de cura.

### 6.4 Deflexões

As deflexões recuperáveis exigidas em projeto devem ser verificadas a cada 20 m por faixa alternada e 40 m na mesma faixa, seja pela viga *Benkelman*, conforme DNER-ME 024/94[(15)], ou por FWD – *Falling Weight Deflectometer*, conforme DNER-PRO 273/96[(16)], após 28 dias de cura.

## 7 ACEITAÇÃO

Os serviços são aceitos e passíveis de medição desde que atendam simultaneamente as exigências de materiais, produção e de execução, estabelecidas nesta especificação, e discriminadas a seguir.

### 7.1 Materiais

#### 7.1.1 Cimento

O cimento é aceito desde que atenda a especificação de aceitação e recebimento DNER-EM 036/95[(1)] e apresente índice de finura satisfatório.

O cimento deverá atender aos requisitos da norma NBR 16697[(2)].

#### 7.1.2 Água

A água é aceita desde seja isenta de matéria orgânica ou outras substâncias prejudiciais à hidratação do cimento. Quando houver indícios sobre a sanidade da água é aceita desde que

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

atenda as normas DNER-EM 034/97 (3) e NBR 15900-1-11(4).

### 7.1.3 Agregados

Os agregados graúdos são aceitos desde que os resultados individuais de abrasão Los Angeles, índice de forma, indicie de lamelaridade, durabilidade atendam aos estabelecidos no item 3.3.

Os agregados miúdos são aceitos desde que os resultados individuais de equivalente de areia sejam superiores a 55%.

## 7.2 Produção da Brita Graduada Melhorada com Cimento

### 7.2.1 Granulometria

Os resultados da granulometria da mistura, quando analisados estatisticamente para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, através do controle bilateral conforme anexo B, devem apresentar variação máxima definida pela faixa de trabalho correspondente.

### 7.2.2 Teor de Cimento

A variação individual admitida para o teor de cimento é de ± 0,5 ponto percentual do teor ótimo de cimento do projeto da mistura.

## 7.3 Execução

### 7.3.1 Resistência

Os resultados da análise estatística das resistências características estimadas à compressão simples e à tração, obtidas através da equação 3 do anexo B, devem ser maiores ou iguais às resistências do projeto da estrutura do pavimento. Os lotes devem ser formados por no mínimo quatro e no máximo dez exemplares.

Não são admitidos no ensaio de compressão diametral valores individuais de resistência à compressão simples e à tração, inferiores a 90% das resistências especificadas no projeto da estrutura do pavimento.

### 7.3.2 Compactação

O grau de compactação é aceito desde que não sejam obtidos valores individuais inferiores a 100%, ou os resultados da análise feita estatisticamente para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, através da equação 3 do anexo B, sejam iguais ou superiores a 100%.

### 7.3.3 Geometria

Os serviços executados são aceitos, quanto à geometria, desde que:

d) as variações individuais das cotas obtidas estejam compreendidas no intervalo de -2 cm a +1 cm em relação à de projeto;

e) não se obtenham diferenças nas espessuras superiores a 10% em relação a espessura de projeto, em qualquer ponto da camada;

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

f) a espessura determinada estatisticamente através, controle bilateral, conforme anexo B, situe-se no intervalo de ± 5% em relação à espessura prevista em projeto;

g) não se obtenham valores individuais da largura da plataforma inferiores as de projeto;

h) o abaulamento transversal esteja compreendido na faixa de ± 0,5 % em relação ao valor de projeto, não se admitindo depressões que propiciem o acúmulo de água.

O acabamento da superfície é aceito desde que:

i) a variação máxima entre dois pontos de contato, de qualquer uma das réguas e a superfície da camada, não seja superior a 0,5 cm;

j) na inspeção visual não se deve verificar segregação dos materiais;

k) as juntas executadas devem apresentar-se homogêneas em relação ao conjunto da mistura, isentas de desníveis e de saliências.

## 7.4 Deflexões

A deflexão característica de cada subtrecho determinada de acordo equação 4 do anexo B, para número mínimo 15 determinações, deve ser igual a estabelecida em projeto.

# 8 CONTROLE AMBIENTAL

Os procedimentos de controle ambiental referem-se à proteção de corpos d'água, da vegetação lindeira e da segurança viária. A seguir são apresentados os cuidados e providências para proteção do meio ambiente, a serem observados no decorrer da execução da sub-base ou base de brita graduada melhorada com cimento.

## 8.1 Exploração de Ocorrência de Materiais

Devem ser observados os seguintes procedimentos na exploração das ocorrências de materiais:

a) para as áreas de apoio necessárias à execução dos serviços, devem ser observadas as normas ambientais vigentes no DER/SP;

b) o material somente será aceito após a executante apresentar a licença ambiental de operação da pedreira e areal;

c) não é permitida a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação permanente ou de proteção ambiental;

d) não é permitida a exploração de areal em área de preservação permanente ou de proteção ambiental;

e) deve-se planejar adequadamente a exploração dos materiais, de modo a minimizar os impactos decorrentes da exploração e facilitar a recuperação ambiental após o término das atividades exploratórias;

f) caso seja necessário promover o corte de árvores, para instalação das atividades, deve ser obtida autorização dos órgãos ambientais competentes; os serviços devem ser executados em concordância com os critérios estipulados pelos órgãos ambientais

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

constante nos documentos de autorização. Em hipótese alguma, será admitida a queima de vegetação ou mesmo dos resíduos do corte: troncos e arvores;

g) deve-se construir, junto às instalações de britagem, bacias de sedimentação para retenção do pó de pedra eventualmente produzido em excesso ou por lavagem da brita, evitando seu carreamento para cursos d'água;

h) caso os agregados britados sejam fornecidos por terceiros, deve-se exigir documentação que ateste a regularidade das instalações, assim como sua operação, junto ao órgão ambiental competente;

i) instalar sistemas de controle de poluição do ar, dotar os depósitos de estocagem de agregados de proteção lateral e cobertura para evitar dispersão de partículas, dotar o misturador de sistema de proteção para evitar emissões de partículas para a atmosfera.

## 8.2 Execução

Durante a execução devem ser observados os seguintes procedimentos:

a) deve ser implantada a sinalização de alerta e de segurança de acordo com as normas pertinentes aos serviços;

b) deve ser proibido o tráfego dos equipamentos fora do corpo da estrada para evitar danos desnecessários à vegetação e interferências na drenagem natural;

c) caso haja necessidade de estradas de serviço fora da faixa de domínio, deve-se proceder o cadastro de acordo com a legislação vigente;

d) as áreas destinadas ao estacionamento e manutenção dos veículos devem ser devidamente sinalizadas, localizadas e operadas de forma que os resíduos de lubrificantes ou combustíveis não sejam carreados para os cursos d'água. As áreas devem ser recuperadas ao final das atividades;

e) todos os resíduos de lubrificantes ou combustíveis utilizados pelos equipamentos, seja na manutenção ou operação dos equipamentos, devem ser recolhidos em recipientes adequados e dada a destinação apropriada;

f) é proibido a deposição irregular de sobras de materiais utilizado na base e sub-base de brita graduada melhorada com cimento junto ao sistema de drenagem lateral, evitando seu assoreamento, bem como o soterramento da vegetação;

g) é obrigatório o uso de EPI, equipamentos de proteção individual, pelos funcionários.

# 9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

Os serviços devem ser medidos em metros cúbicos de camada acabada, cujo volume será calculado multiplicando as extensões obtidas a partir do estaqueamento pela área da seção transversal de projeto.

Os serviços recebidos e medidos da forma descrita são pagos conforme preços unitários contratuais respectivos, nos quais se incluem o fornecimento de materiais, homogeneização da mistura em usina devidamente calibrada, perdas, carga e transporte até os locais de aplicação, descarga, espalhamento, umedecimento, compactação e acabamento, abrangendo inclusive a mão-de-obra com encargos sociais, BDI e equipamentos necessários aos serviços,

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

executados de forma a atender ao projeto e às especificações técnicas, exceto a pintura de cura.

| DESIGNAÇÃO | | UNIDADE |
|---|---|---|
| XX.XX.XX.XX | - Sub-base ou base de brita graduada melhorada c/ cimento 1,5% | m³ |
| XX.XX.XX.XX | - Sub-base ou base de brita graduada melhorada c/ cimento 2,0% | m³ |
| XX.XX.XX.XX | - Sub-base ou base de brita graduada melhorada c/ cimento 2,5% | m³ |

## 10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-EM 036/95 -** Cimento Portland – recebimento e aceitação. Rio de Janeiro, 1995.

2 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697**. Cimento Portland – Requisitos. Rio de Janeiro, 2018.

3 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-EM 034/97 –** Água para argamassa e concreto de cimento Portland. Rio de Janeiro, 1997.

4 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15900-1-11**. Água para amassamento do concreto. Rio de Janeiro, 2009.

5 ____. **NBR 16974**. Agregado graúdo – Ensaio de Abrasão *Los Angeles*. Rio de Janeiro, 2022.

6 ____. **NBR 12052**. Solo ou agregado miúdo - Determinação do equivalente de areia – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1992.

7 DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 425/2020 – ME.** Pavimentação – Agregado – Determinação do índice de forma com paquímetro – Método de ensaio. Brasília, 2020.

8 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 089/94**. Agregados – avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio. Rio de Janeiro, 1994.

9 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182**. Solo – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 2016.

10 ____. **NBR 11579**. Cimento Portland. Determinação da finura por meio da peneira de 75 micrômetros (número 200). Rio de Janeiro, 2012.

11 ____. **NBR NM 248**. Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

12 ____. **NBR 5739**. Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

13 ____. **NBR 7222**. Argamassa e concreto – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.

14 ____. **NBR 7185**. Solo - Determinação da massa específica aparente, “in situ”, com emprego do frasco de areia. Rio de Janeiro, 2016.

15 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 024/94**. Pavimento – determinação das deflexões pela Viga Benkelman. Rio de Janeiro, 1994.

16 ____. **DNER-PRO 273/96**. Determinação das deflexões utilizando o deflectômetro de impacto tipo “falling weigt deflectometer – FWD”. Rio de Janeiro, 1996.

17 ____. **NBR 5738.** Concreto — Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2016.

18 ____. **DNER-ME 092/94 –** Solo – determinação da massa específica aparente “in situ”, com emprego de frasco de areia. Rio de Janeiro, 1994.

19 DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 164/2013-ME**. Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

20 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768.** Aditivos para concreto de cimento Portland. Rio de Janeiro, 1992.

_____

/ANEXO A

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

MINUTA

## ANEXO A - TABELAS DE CONTROLE

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

| **1. CONTROLE DOS MATERIAIS** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **ENSAIO** | **MÉTODO** | **FREQUÊNCIA** | **CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS** | **ACEITAÇÃO** |
| **1.1 Cimento** | | | | |
| Módulo de finura | NBR 11579[10] | a cada 30 t de cimento utilizado | Resultados Individuais | Atender a norma de aceitação e recebimento DNER-EM 036/95[1] e índice de finura satisfatório |
| **1.2 Água** | | | | |
| Substâncias nocivas | DNER-EM 034/97[3] NBR 15900-1-11[4] | Sempre que houver indícios de má qualidade da água | Resultados Individuais | Atender a DNER-EM 034/97[3] e NBR 15900-1-11[4] |
| **1.3 Agregado Graúdo** | | | | |
| Abrasão Los Angeles | NBR 16974[5] | 1 ensaio, no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material | Resultados individuais | < 50% |
| Índice de forma e partículas lamelares | DNIT 425/2020 – ME[7] | 1 ensaio, no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material | Resultados individuais | Índice de forma ≥ 0,5 e Partículas lamelares ≤ 10% |
| Durabilidade com sulfato de sódio, e sulfato de magnésio, em 5 ciclos | DNER-ME 089/94[8] | 1 ensaio no início da utilização do agregado na obra, e sempre que houver variação da natureza do material | Resultados individuais | Sulfato de sódio ≤ 20% Sulfato de Magnésio ≤30% |
| **1.4 Agregado Miúdo** | | | | |
| Equivalente de areia | NBR 12052[6] | 1 ensaio por jornada de 8 h de trabalho e sempre que houver variação da natureza do material | Resultados individuais | ≥ 55% |

/continua

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

/continuação

| 2. CONTROLE DA PRODUÇÃO DA BRITA GRADUADA MELHORADA COM CIMENTO | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **ENSAIO** | **MÉTODO** | **FREQUÊNCIA** | **CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS** | **ACEITAÇÃO** |
| Teor de umidade | Método expedito da frigideira | No mínimo 4 determinações por jornada de 8h de trabalho | Resultados individuais | Dentro da tolerância estabelecida experimentalmente |
| o desvio da umidade em relação à umidade ótima deve ser estabelecido experimentalmente, no início dos serviços, em função da perda de umidade por evaporação, ocorrida entre a saída do misturador e o início das operações de compactação | | | | |
| Análise granulométrica com amostras coletadas na correia, sem adição de cimento | NBR NM 248[11] | 2 ensaios por jornada de 8 h de trabalho | Controle Bilateral<br>$X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$<br>e<br>$X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$<br>no mínimo 4 e no máximo 10 amostras | Valores obtidos estatisticamente devem estar dentro dos limites da faixa de trabalho da mistura |
| Teor de cimento | razão entre a diferença de massa da mistura - com cimento e sem cimento - pela massa da mistura sem cimento, multiplicado por 100[b] | No mínimo 2 determinações por jornada de 8 h de trabalho e sempre que houver suspeita de falta de cimento. | Resultados individuais | ± 0,5% do teor ótimo de cimento da mistura |
| **(b)** - as massas da mistura com e sem adição de cimento são obtidas a partir das coletas do material na da correia transportadora.<br>- as amostras são recolhidas na mesma extensão da correia transportadora. | | | | |

/continua

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

/continuação

**3. CONTROLE DA EXECUÇÃO**

| ENSAIO | MÉTODO | FREQUÊNCIA | CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS | ACEITAÇÃO |
|---|---|---|---|---|
| Teor de umidade | Método expedito da frigideira | 1 determinação a cada 250 $m^2$ de pista imediatamente antes de iniciar a compactação | Resultados individuais | -2% a + 1% da umidade ótima de compactação o material está liberado para início da compactação |
| Determinação da massa específica aparente seca máxima e umidade ótima, na energia intermediaria. | NBR 7182[9] | 1 ensaio no início da utilização do material na obra e sempre que a curva granulométrica da mistura se achar fora da faixa de trabalho | Resultados individuais | Parâmetro de controle |
| Determinação da resistência à compressão simples aos 7 e 28 dias de cura. | NBR 5739[12] | 1 determinação a cada a cada 250$m^2$ de pista para determinação da resistência a compressão aos 28 dias de cura;<br>1 determinação a cada 750m², de pista para determinação da resistência a compressão aos 7 dias de cura; | Resultados individuais<br>e<br>Controle Unilateral<br>$\bar{X} = X - KS \geq LIE$ e<br>no mínimo 4 e no máximo 10 exemplares | Não serão admitidos valores individuais inferiores a 90% do Fckproj<br><br>Fckest ≥ Fckproj |
| Determinação da resistência à tração por compressão diametral aos 28 dias de cura | NBR 7222[13] | 1 determinação a cada a cada 250 $m^2$ de pista, sendo a moldagem dos corpos-de-prova executada imediatamente antes da compactação | | Não serão admitidos valores individuais inferiores a 90% do Fct<br><br>Fctest ≥ Fctproj |
| Determinação da massa específica aparente *in situ* e o correspondente grau de compactação | NBR 7185[14] | 1 determinação a cada 250 $m^2$ de pista, alternando BD, EX e BE | | Resultados Individuais<br>GC ≥ 100%<br>ou<br>GCest ≥ 100%. |

Na moldagem dos corpos de prova, para determinação da resistência a compressão simples e a tração por compressão diametral:
- cada exemplar será constituído por dois corpos-de-prova moldados na mesma massada, no mesmo ato, para cada idade de rompimento.
- toma-se como resistência do exemplar, na idade de rompimento, o maior dos dois valores obtidos no ensaio.
- os corpos-de-prova devem ser moldados imediatamente antes da compactação.

/continua

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

/continuação

| ENSAIO | MÉTODO | FREQUÊNCIA | CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS | ACEITAÇÃO |
|---|---|---|---|---|
| **4. CONTROLE GEOMÉTRICO E ACABAMENTO** | | | | |
| Cotas | Relocação e Nivelamento topográfico<br>e<br>Medidas de trena | A cada 20m, no eixo, bordas e dois pontos intermediários. | Resultados individuais | Variação no eixo longitudinal e das cotas das bordas, nas seções transversais não devem ser superior a - 2,0 à +1,0cm das cotas de projeto<br>O abaulamento da seção transversal deve estar compreendido de ±0,5%, em relação ao valor de projeto, não se admitindo depressões que propiciem acúmulo de água. |
| Espessura | | | Resultados individuais<br>Controle Bilateral<br>$X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e<br>$X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$<br>Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras | Variação máxima admitida na espessura é de 10% da espessura de projeto, em qualquer ponto da camada.<br>A espessura determinada estatisticamente deve estar compreendida no intervalo de ± 5% em relação a espessura prevista em projeto |
| Largura e alinhamentos da plataforma | | A cada 20 m | Resultados individuais | Não se admite valores para semiplataforma inferiores aos previstos em projeto, tolerando-se +10 cm na semilargura. |
| Acabamento da superfície | Duas réguas, uma de 1,20m e outra 3,0m de comprimento, colocadas em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada. | A cada 20 m | Resultados individuais | A variação máxima admitida, entre dois pontos de contado, de qualquer uma das réguas e a superfície da camada é de 0,5cm. |

/continua

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

/conclusão

| ENSAIO | MÉTODO | FREQUÊNCIA | CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS | ACEITAÇÃO |
|---|---|---|---|---|
| A verificação do acabamento da superfície da camada deve ser feita também em bases visuais e será aceita se:<br>- não se verificar segregação dos materiais;<br>- as juntas executadas devem apresentar homogêneas em relação ao conjunto da mistura, isenta de desníveis e de saliências. | | | | |
| **5. DEFLEXÕES** | | | | |
| Determinação das deflexões, após 28 dias de cura | Viga Benkelman DNER-ME 024/94(15)<br>ou<br>FWD DNER-PRO 273/96(16) | A cada 20 m por faixa alternada, a cada 40 m na mesma faixa, determinar $D_0$; | Controle Unilateral<br>$X = \bar{X} + KS \leq LSE$<br>Análise de no mínimo 15 determinações | A deflexão característica de cada subtrecho deve ser a estabelecida em projeto |

/ANEXO B

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

MINUTA

# ANEXO B – CONTROLE ESTATÍSTICO

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

## Tabela B-1 – Controle Estatístico

| Parâmetro | | |
|---|---|---|
| 1 - Média aritmética da amostra ($\bar{X}$) | $\bar{X} = \frac{\sum X_i}{N}$ | Onde:<br>**$X_i$** = valor individual da amostra<br>**N** = nº de determinações efetuadas<br>**K =** coeficiente unilateral tabelado em função do número de amostras<br>**$K_1$ =** coeficiente bilateral tabelado em função do número de determinações<br>**LSE** = limite superior especificado<br>**LIE** = limite inferior especificado |
| 2 - Desvio-padrão da amostra (S) | $S = \sqrt{\frac{\sum(\bar{X} - X_i)^2}{N-1}}$ | |
| **Controle Unilateral** | | |
| 3 - Controle pelo limite inferior<br><br>4 - Controle pelo limite superior | $X = \bar{X} - KS \geq LIE$<br>Ou<br>$X = \bar{X} + KS \leq LSE$ | |
| **Controle Bilateral** | | |
| 5 - Controle pelo limite inferior e superior | $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$<br>e<br>$X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ | |

## Tabela B-2 – Valores K – Tolerância Unilateral e K1 Tolerância Bilateral

| N | K | $K_1$ | N | K | $K_1$ | N | K | $K_1$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **4** | 0,95 | 1,34 | **10** | 0,77 | 1,12 | **25** | 0,67 | 1,00 |
| **5** | 0,89 | 1,27 | **12** | 0,75 | 1,09 | **30** | 0,66 | 0,99 |
| **6** | 0,85 | 1,22 | **14** | 0,73 | 1,07 | **40** | 0,64 | 0,97 |
| **7** | 0,82 | 1,19 | **16** | 0,71 | 1,05 | **50** | 0,63 | 0,96 |
| **8** | 0,80 | 1,16 | **18** | 0,70 | 1,04 | **100** | 0,60 | 0,92 |
| **9** | 0,78 | 1,14 | **20** | 0,69 | 1,03 | **∞** | 0,52 | 0,84 |

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.