



Código
ET-ECS.000.000-PAV/02

REV.
03

Emissão
14/08/2026

Folha
1/18

sistema
ecovias

Resp. Técnico / Elaborador:
Eng. Reginaldo Jesus/ Eng. Renzo Silva

Nº CREA:
SP-5070904250/ 506983053

Rodovia:
Geral

Verificador:
Eng. Douglas Mocelin

Trecho:
Geral

Aprovador:
Eng. Cláudio Dias

Objeto:
PAVIMENTAÇÃO - ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA PARA SUB-BASE E BASE DE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (BGTC)

Documentos de Referência:

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 12262. Sub-base ou Base de Brita Graduada Tratada com Cimento. Rio de Janeiro, 2013.
- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. DER/SP. Manual de Normas – Pavimentação. Seção 3.06. Sub-bases e bases de brita graduada, tratada ou não com cimento. São Paulo, 1991.
- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. DER/SP. ET-DE-P00/009. Sub-Base Ou Base De Brita Graduada Tratada Com Cimento – BGTC.

Descrição das Revisões:

Rev.03 - Atualizado Referencias em todo documento; revisado item 4.4.2 em relação as resistências e incluído tabela resumo dos ensaios e controles (item 7.6).

Rev.02 – Incluído no item 4.3 “composições granulométricas referentes as faixas I, II e III” e “alterado faixa granulométrica da Dersa para Faixa IV”.

Rev.01 – Atualização de documentos em referência em toda documentação.

Observação:

03	14/08/2026	Eng. Reginaldo Jesus Eng. Renzo Silva	SP-5070904250 506983053	Eng. Douglas Mocelin	Eng. Claudio Dias
02	24/05/2024	Eng. Reginaldo Jesus	SP-5070904250	Eng. Paulo Rosa Machado Filho	Eng. Filippo Chiariello
01	13/11/2018	Engª. Cecília Merighi	SP-5063195955	Eng. Paulo Rosa Machado Filho	Eng. Filippo Chiariello
Rev.	Data	Resp. Técnico/ Elaborador	Nº CREA	Verificador	Aprovador

1. OBJETIVO

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

2. DEFINIÇÃO

Brita graduada tratada com cimento é o produto resultante da mistura, em usina, de pedra britada, cimento Portland, água e, eventualmente, aditivos, em proporções determinadas experimentalmente. Após misturar, compactar e curar, a mistura adquire propriedades físicas específicas para atuar como camada de base ou sub-base de pavimentos.

3. REFERÊNCIAS

- ABNT NBR 11579. Cimento Portland — Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 μm (nº 200).
- ABNT NBR 12052. Solo ou agregado miúdo – Determinação do equivalente de areia – Método de ensaio.
- ABNT NBR 15900-1. Água para amassamento do concreto – Parte 1: Requisitos.
- ABNT NBR 16697. Cimento Portland – Requisitos.
- ABNT NBR 16974. Agregado graúdo – Ensaio de abrasão Los Angeles.
- ABNT NBR 17054: Agregados – Determinação da composição granulométrica – Método de ensaio.
- ABNT NBR 5739. Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.
- ABNT NBR 7182. Solo – Ensaio de compactação.
- ABNT NBR 7185. Solo - Determinação da massa específica aparente, in situ, com emprego de frasco de areia.
- ABNT NBR 7222. Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos.
- DNER–EM 036/95. Cimento Portland - recebimento e aceitação.
- DNER–PRO 273/96. Determinação de deflexões utilizando deflectômetro de impacto tipo “falling weight deflectometer - FWD” – Procedimento.
- DNIT 011–PRO. Gestão da qualidade em obras rodoviárias - Procedimento

- DNIT 133–ME: Pavimentação - Determinação das deflexões pela Viga Benkelman - Método de ensaio.
- DNIT 425–ME: Pavimentação – Agregado – Determinação do índice de forma com paquímetro – Método de ensaio.
- DNIT 446–ME: Agregados – Avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou magnésio – Método de ensaio.
- DNIT 450–ME – Equivalente de areia – Método de ensaio

4. MATERIAIS

4.1. Cimento

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

4.2. Água

Deve estar isenta de matéria orgânica ou outras substâncias prejudiciais à hidratação do cimento. Deve atender aos requisitos estabelecidos pela norma ABNT NBR 15900-1.

4.3. Agregado

A camada de base e sub-base de brita graduada tratada 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 são 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 a norma ABNT NBR 16974, inferior a 25% para basalto e 50% para os demais tipos de rochas;
- c) equivalente de areia do agregado miúdo, conforme a norma ABNT NBR 12052, superior a 55%;
- d) índice de forma superior a 0,5 conforme a norma DNIT 425/2020 – ME;

perda no ensaio de durabilidade conforme a norma DNIT 446/2024 – ME, em cinco ciclos, com solução de sulfato de sódio, deve ser inferior a 20% e, com sulfato de magnésio, inferior a 30%.

4.4. Projeto da Mistura da Brita Graduada Tratada com Cimento

4.4.1. Granulometria

- curva granulométrica de projeto da mistura dos agregados que deve enquadrar-se na faixa granulométrica da Tabela 1;
- 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;
- a porcentagem do material que passa na peneira no 200 não deve ultrapassar 2/3 da porcentagem que passa na peneira no 40.

Tabela 1. Faixa granulométrica

Peneira de Malha Quadrada		% em Massa, Passando	Tolerâncias
ASTM	mm		
1 1/2"	37,5	100	± 7%
1"	25,0	90 – 100	± 7%
3/4"	19,0	75 – 95	± 7%
3/8"	9,5	45 – 64	± 7%
No 4	4,8	30 – 45	± 5%
No 10	2,0	18 – 33	± 5%
No 40	0,42	7 – 17	± 5%
No 80	0,18	1 – 11	± 3%
No 200	0,075	0 – 8	± 2%
Espessura da camada acabada (cm)			18 a 22

A faixa granulométrica indicada na Tabela 1 é referencial, podendo ser aceitas outras faixas granulométricas, com experiência técnica comprovada e que atendam às características de resistência e de compacidade estabelecidas nesta Especificação Técnica.

4.4.2. Teor de Cimento

Define-se teor de cimento em massa a relação entre a massa de cimento e a massa de agregados secos, 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 as resistências à compressão simples e à tração no ensaio de compressão diametral, ambas aos 7 e 28 dias, fixadas no projeto da estrutura do pavimento.

A resistência à compressão simples da mistura deve ser medida aos 7 dias, de modo a verificar sua evolução, até atingir o valor fixado em projeto, aos 28 dias, conforme as normas ABNT NBR 5739 e ABNT NBR 7222.

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

A resistência a tração por compressão diametral será o critério a ser utilizado para liberação das camadas, uma vez que este parâmetro é um dos critérios de dimensionamento da estrutura, e a resistência a compressão simples será utilizada para acompanhamento do comportamento a compressão da camada.

Caso não haja especificação para resistência à compressão simples deverá ser adotado 2,1 MPa aos 7 dias. O valor da resistência à compressão referido é um valor de referência, devendo-se obter na dosagem um valor médio que conduza àquele resultado durante a fase de execução, tendo em vista a dispersão encontrada.

5. EQUIPAMENTOS

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

O equipamento básico para a execução da sub-base ou base de brita graduada tratada com cimento compreende as seguintes unidades

- a) usina misturadora dotada de unidade dosadora com, no mínimo, três silos, dispositivo de adição de água com controle de vazão e misturador do tipo pugmill;
- b) caminhões basculantes;
- c) vibroacabadora de asfalto, com recurso eletrônico para nivelamento da camada;
- d) rolos compactadores autopropulsores dos tipos liso, vibratório, estático e do tipo pneumático com controle de pressão;
- e) caminhão tanque irrigador de água;
- f) caminhão tanque com barra espargidora (material para cura);
- g) motoniveladora com escarificador;

- h) compactadores vibratórios manuais ou portáteis, uso eventual;
 - i) pá carregadeira;
 - j) rompedores, eventuais;
 - k) duas réguas de madeira ou metal, uma de 1,20 e outra de 3,0 m de comprimento;
- ferramentas manuais diversas.

6. EXECUÇÃO

6.1. Preparo da Superfície

A superfície a receber a camada de sub-base ou base de brita graduada tratada com cimento deve estar totalmente concluída, perfeitamente limpa, isenta de pó, lama e demais agentes prejudiciais, desempenada e com as declividades estabelecidas no projeto, além de ter recebido prévia aprovação por parte da fiscalização.

Eventuais defeitos existentes devem ser adequadamente reparados antes da distribuição da brita graduada tratada com cimento.

6.2. Produção

A brita graduada tratada com cimento deve ser preparada em usina do tipo contínua (*pugmil*) 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 tratada 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 forma tal a enquadrar a mistura final dentro da faixa 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.

6.3. Transporte e Lançamento

A brita graduada tratada 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 tratada 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.

6.4. Espalhamento

A definição da espessura do material solto deve ser obtida a partir da criteriosa observação de panos experimentais previamente executados. Após a compactação, essa espessura deve permitir a obtenção da espessura definida em projeto.

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

A operação de espalhamento deve ser feita com vibroacabadora, capaz de distribuir a brita graduada tratada com cimento em espessura uniforme sem produzir segregação e de forma a evitar conformação adicional da camada. Caso, no entanto, isto seja necessário, admite-se conformação pela atuação da motoniveladora, exclusivamente por ação de corte, previamente ao início da compactação.

A largura de cada pano não deve permitir que juntas longitudinais se situem abaixo de trilhas de tráfego.

O mesmo procedimento deve ser realizado nas juntas transversais, as quais não devem coincidir com bueiros, drenos ou outros fatores que venham a enfraquecer a seção.

O espalhamento não pode ser realizado sob chuva.

Não será permitido o espalhamento do material com motoniveladora.

6.5. 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 deve ser no máximo de três horas.

A energia de compactação a ser adotada como referência para a execução da brita graduada tratada com cimento, deve ser a intermediária, que deve ser adotada na determinação da densidade seca máxima e umidade ótima, determinadas conforme a ABNT NBR 7182. O teor de umidade da brita graduada tratada com cimento, imediatamente antes da compactação, deve estar compreendido no intervalo de -2,0 % a +1,0 %, em relação à umidade ótima obtida de compactação.

A compactação da brita graduada tratada 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 18 cm e no máximo 22 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 ABNT NBR 7182, na energia intermediária, e o desvio de umidade deve estar compreendido entre -2,0 % a +1,0 %.

6.6. 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.

As juntas longitudinais devem ser evitadas, pela execução simultânea das faixas longitudinais previstas. Caso necessárias e com aprovação da Fiscalização, as juntas longitudinais poderão ser executadas por meio de corte vertical com ferramentas manuais ou motoniveladora.

No reinício dos serviços as faces das juntas de construção (transversais ou eventualmente longitudinais) devem ser umedecidas antes da colocação da camada adjacente.

As juntas não devem coincidir com os locais de juntas de camada subjacente, anteriormente executada, se houver.

6.7. Cura

A superfície da brita graduada com cimento deve ser protegida contra a evaporação da água por meio de imprimação com emulsão asfáltica tipo EAI – Emulsão Asfáltica para Imprimação, numa taxa compatível com a textura da camada acabada. A película protetora deve ser aplicada em quantidade suficiente para construir uma membrana contínua. Este procedimento deve ser executado imediatamente após o término da compactação.

Previamente à aplicação da pintura de cura, se necessário, a camada deve ser adequadamente umedecida.

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 BGTC deve ser removida e refeita, sem ônus ao contratante.

6.8. Abertura ao Tráfego

A sub-base ou base de brita graduada tratada 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.

7. CONTROLE E 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. Controle de materiais

7.1.1. Cimento

O cimento deve atender aos requisitos das especificações DNER-EM 036/95 e ABNT NBR 16697 e deve apresentar índice de finura satisfatório, realizado uma vez para cada carregamento recebido na obra, conforme a ABNT NBR 11579.

7.1.2. Água

Água deve ser isenta de matéria orgânica ou outras substâncias prejudiciais à hidratação do cimento. Quando houver indícios de má qualidade, sua sanidade deve ser verificada conforme a norma ABNT NBR 15900-1.

7.1.3. Agregados

Devem ser executados os seguintes ensaios nos agregados:

- a) abrasão Los Angeles dos agregados graúdos, conforme a norma ABNT NBR 16974, 1 ensaio por ano ou sempre que houver variação da natureza do material;
- b) índice de forma do agregado graúdo, conforme a norma DNIT 425–ME, 1 ensaio por ano ou sempre que houver variação da natureza do material;
- c) durabilidade do agregado graúdo com sulfato de sódio e com sulfato de magnésio, em cinco ciclos, conforme a norma DNIT 446–ME, 1 ensaio por ano ou sempre que houver variação da natureza do material;

d) equivalente de areia do agregado miúdo, conforme a norma DNIT 450–ME, 1 ensaio por ano ou sempre que houver variação da natureza do material.

Os agregados serão aceitos desde que os resultados individuais atendam aos limites estabelecidos no item 4.3.

7.2. Controle da Produção de Brita Graduada Tratada com Cimento em Usina

7.2.1. Umidade da Mistura

A determinação do teor de umidade deve ser realizada pelo método expedito da frigideira, em amostras coletadas na saída do misturador, com duas determinações por jornada de 8 horas. O desvio admissível em relação à umidade ótima deverá ser definido experimentalmente no início dos serviços, em função das perdas de umidade por evaporação que devem ocorrer entre a saída do misturador e o início das operações de compactação.

7.2.2. Granulometria

Devem ser realizadas duas determinações de granulometria por jornada de 8 horas, conforme ABNT NBR 17054, em amostras coletadas na esteira sem adição de cimento.

Os resultados da granulometria devem ser analisados estatisticamente em lotes de no mínimo quatro e no máximo dez amostras, conforme Anexo A, e devem permanecer dentro da faixa de trabalho especificada.

7.2.3. Teor de Cimento

O teor de cimento será calculado pela razão entre a diferença das massas da mistura com e sem cimento e a massa da mistura sem cimento, multiplicada por 100. As massas da mistura com e sem cimento devem ser obtidas a partir de coletas na correia transportadora e devem ser coletadas na mesma extensão da correia.

Devem ser realizadas duas determinações por jornada de 8 horas e sempre que houver suspeita de deficiência de cimento. A variação individual admitida será de $\pm 0,5$ ponto percentual em relação ao teor ótimo definido no projeto da mistura.

7.3. Controle de Execução

7.3.1. Compactação

Devem ser realizados ensaios de compactação (ABNT NBR 7182) no início da utilização do

material na obra e sempre que a curva granulométrica da mistura não se enquadrar na faixa granulométrica de trabalho. As amostras para esses ensaio devem ser coletadas na pista.

Devem ser registrados os locais de aplicação da mistura, sempre associados às datas de produção, às cargas transportadas em cada caminhão e aos respectivos resultados dos ensaios de controle tecnológico.

Deve ser controlado o intervalo entre a incorporação do cimento à mistura e o início da compactação. Esse intervalo não poderá ser superior a 3 horas.

O teor de umidade na pista deve ser determinado a cada 100 metros de faixa, imediatamente antes da compactação. A compactação somente poderá ser executada quando o teor de umidade apresentar desvio entre -2,0% e +1,0% em relação à umidade ótima.

Deve ser realizado o controle de grau de compactação a cada 100 m de faixa, por meio do ensaio de massa específica aparente seca in situ e teor de umidade, conforme a norma ABNT NBR 7185, utilizando o funil com diâmetro de 15,2 cm. Os ensaios devem ser realizados 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.

O grau de compactação será aceito quando:

- a) nenhum resultado individual for inferior a 100%; ou
- b) a análise estatística de lotes contendo de quatro a dez resultados, conforme Anexo A, apresentar valor igual ou superior a 100%.

7.3.2. Resistências

Os ensaios de resistência à compressão simples (ABNT NBR 5739) e resistência à tração por compressão diametral (ABNT NBR 7222) devem ser realizados em corpos de prova com 7 e 28 dias de cura, moldados de amostras coletadas na pista a cada 100 m de faixa.

Para cada ensaio e cada idade de rompimento, deve ser utilizado um exemplar constituído de dois corpos de prova, moldados no mesmo ato a partir da mesma amostra coletada na pista. Os corpos de prova devem ser moldados imediatamente antes da compactação na pista. A resistência do exemplar corresponderá ao maior dos dois resultados obtidos para a idade considerada.

Os serviços executados serão aceitos quando:

- a) Nenhum resultado individual for inferiores a 90% da resistência especificada no projeto;

Os resultados característicos aos 28 dias, calculados conforme a Equação 3 do Anexo A, para lotes formados por no mínimo quatro e no máximo dez exemplares, forem iguais ou superiores aos valores previstos no projeto.

7.4. Controle Geométrico e de Acabamento

7.4.1. Cotas e Espessuras

A espessura da camada e as diferenças de cotas entre a camada subjacente e a de BGTC devem ser determinadas pelo nivelamento da seção transversal a cada 20 m, conforme nota de serviço. A espessura da camada acabada deverá ser verificada nos furos executados para determinação do grau de compactação.

Os serviços executados serão aceitos quando:

- a) as cotas apresentarem desvios individuais entre -2 cm e +1 cm em relação ao projeto;
 - b) os desvios individuais de espessura não excederem 10% da espessura de projeto;
- a espessura característica, determinada estatisticamente através do controle bilateral, conforme Anexo A, estiver compreendida na faixa de $\pm 5\%$ da espessura de projeto.

7.4.2. Largura e Alinhamento

A locação e o nivelamento do eixo e das bordas devem ser executados a cada 20 m. Devem ser nivelados pontos no eixo, nas bordas e dois pontos intermediários.

A largura da plataforma acabada deve ser determinada por medidas à trena executadas pelo menos a cada 20 m.

Os serviços executados serão aceitos quando:

- a) o abaulamento transversal estiver dentro da faixa de $\pm 0,5\%$ do valor de projeto, sem ocorrência de depressões que favoreçam o acúmulo de água;
- não houver larguras inferiores às previstas em projeto.

7.4.3. Acabamento da Superfície

O controle de acabamento da superfície deve ser feito em cada estaca da locação, por meio de réguas de 3,00 m e 1,20 m, posicionadas respectivamente em ângulo reto e paralelamente ao eixo da pista.

Deve ser conferida especial atenção à verificação da presença de segregação superficial.

O acabamento da superfície será aceito quando:

- a) a flecha máxima sob qualquer uma das réguas não for superior a 0,5 cm;
- b) não houver segregação visível dos materiais;
- c) as juntas apresentarem aspecto homogêneas, sem desníveis ou saliências.

7.5. Controle Deflectométrico

As deflexões recuperáveis exigidas em projeto devem ser verificadas, após 28 dias de cura, a cada 20 m por faixa alternada e 40 m na mesma faixa, com a viga *Benkelman* (DNIT 133-ME) ou com o FWD – *Falling Weight Deflectometer* (DNER-PRO 273/96).

A deflexão característica de cada subtrecho deve ser determinada de acordo Equação 4 do Anexo A, para no mínimo 4 determinações, e deve ser menor ou igual ao valor de projeto.

7.6. Resumo dos Controles

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
1. CONTROLE DOS MATERIAIS				
1.1. CIMENTO				
Módulo de finura	ABNT NBR 11579	1 ensaio a cada carregamento que chegar na obra	Individual	Atender a norma de aceitação e recebimento DNER-EM 036/95 e índice de finura satisfatório
1.2. ÁGUA				
Substâncias nocivas	ABNT NBR 15900-1	Sempre que houver indícios de má qualidade da água	Individual	Atender a ABNT NBR 15900-1
1.3. AGREGADO GRAÚDO E MIÚDO				
Abrasão Los Angeles	ABNT NBR 16974	1 ensaio por Ano ou sempre que houver variação da natureza do material	Individual	< 50%
Índice de forma	DNIT 425-ME	1 ensaio por Ano ou sempre que houver variação da natureza do material	Individual	Índice de forma $\geq 0,5$
Durabilidade com sulfato de sódio, e sulfato de magnésio, em 5 ciclos	DNIT 446-ME	1 ensaio por Ano ou sempre que houver variação da natureza do material	Individual	Sulfato de sódio $\leq 20\%$ Sulfato de Magnésio $\leq 30\%$
2. CONTROLE DA PRODUÇÃO DA BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO				
Teor de umidade	Método expedito da frigideira	No mínimo 2 determinações por jornada de 8h de trabalho	Individual	Dentro da tolerância estabelecida experimentalmente

Análise granulométrica com amostras coletadas na correia, sem adição de cimento	ABNT NBR 17054	2 ensaios por jornada de 8 h de trabalho	Controle Bilateral: $X = X - K_1 S \leq LIE$ $X = X + K_1 S \geq LSE$ 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	No mínimo 2 determinações por jornada de 8 h de trabalho e sempre que houver suspeita de falta de cimento.	Individual	$\pm 0,5\%$ do teor ótimo de cimento da mistura
3. CONTROLE DE EXECUÇÃO				
Teor de umidade	Método expedito da frigideira	1 determinação a cada 100 metros de faixa imediatamente antes de iniciar a compactação	Individual	-2% a + 1% da umidade ótima de compactação o material está liberado para início da compactação
Determinação da resistência à compressão simples aos 7 e 28 dias de cura.	ABNT NBR 5739	1 determinação a cada a cada 100 metros de faixa	Controle unilateral: $X = X - K_1 S \leq LIE$ No mínimo 4 e no máximo 10 amostras	Fckest $\geq$ Fckproj Não serão admitidos valores individuais inferiores a 90%.
Determinação da resistência à tração por compressão diametral aos 7 e 28 dias de cura	ABNT NBR 7222			
Determinação da massa específica aparente in situ e o correspondente grau de compactação	ABNT NBR 7185			Resultados Individuais GC $\geq 100\%$
Determinação das deflexões	DNIT 133-ES	A cada 20 m por faixa alternada, a cada 40 m na mesma faixa, determinar D0;	Controle unilateral pelo limite superior.	Conforme Projeto
4. CONTROLE GEOMÉTRICO E ACABAMENTO				
Espessuras e cotas	Relocação e nivelamento topográfico Medidas de trena	A cada 20m, no eixo, bordas e dois pontos intermediários	Individual	Projeto
Largura e alinhamentos da plataforma	Relocação e nivelamento topográfico Medidas de trena	A cada 20 m	Individual	Projeto
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	Individual	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 tratada 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 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. Na 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 tratada 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, executados de forma a atender ao projeto e às especificações técnicas, exceto a pintura de cura.

ANEXO A – CONTROLE ESTATÍSTICO

Tabela A-1 – Controle Estatístico

Parâmetro		
1 - Média aritmética da amostra ($\bar{X}$)	$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{N}$	Onde: X_i = valor individual da amostra; N = n° de determinações efetuadas; K = coeficiente unilateral tabelado em função do número de amostras; K_1 = coeficiente bilateral tabelado em função do número de determinações; LSE = limite superior especificado; 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 4 - Controle pelo limite superior	$X = \bar{X} - KS \geq LIE$ Ou $X = \bar{X} + KS \leq LIE$	
Controle Bilateral		
5 - Controle pelo limite inferior e superior	$X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ E $X = \bar{X} + K_1 S \leq LIE$	

Tabela A-2 – Valores K – Tolerância Unilateral e K1 Tolerância Bilateral

N	K	K1	N	K	K1	N	K	K1
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

- a) Os resultados do controle estatístico devem ser registrados em relatórios periódicos, na frequência previamente definida, de acordo com a Norma DNIT 011/2004-PRO, a qual prescreve que o executante da obra deve estabelecer e manter procedimentos documentados para implementar as ações corretivas e preventivas na execução da obra, com o objetivo de detectar e eliminar as causas das não conformidades.
- b) Os serviços só devem ser aceitos se atenderem às prescrições desta Especificação.
- c) Qualquer serviço corrigido só deve ser aceito se as correções efetuadas o colocarem em conformidade com o disposto nesta Especificação; caso contrário deve ser rejeitado.