

				Código ET-ECS.000.000-PAV/02		REV. 02	
				Emissão 27/05/2024		Folha 1/18	
Rodovia: Geral				Resp. Técnico / Elaborador: Eng. Reginaldo			
Trecho: Geral				Nº CREA: SP-5070904250			
				Verificador: Eng. Claudio Renato Dias			
				Aprovador: Eng. Danilo Martinelli Pitta			
Objeto: PAVIMENTAÇÃO - ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA PARA SUB-BASE E BASE DE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO (BGTC)							
Documentos de Referência: - DNIT 056/2013 - ES - Pavimento rígido - Sub-base de concreto de cimento Portland compactado com rolo - Especificação de serviço. - DNIT 059/2004 - ES - Pavimento Rígido - Pavimento de concreto de cimento Portland, compactado com rolo - Especificação de Serviço. - Manual de Normas de Pavimentação – DER-SP, 1991. - ET-DE-P00/008 - Sub Base ou Base de Brita Graduada – DER-SP, 2005. - DER-ES-PA-16-23 Brita Graduada Tratada com Cimento - ABNT NBR-12262 Sub-base ou base de brita graduada tratada com cimento (BGTC). - ABNT NBR-12261 Dosagem de brita graduada tratada com cimento – Procedimento.							
Descrição das Revisões: 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:							

02	27/05/2024	Eng. Reginaldo Jesus	SP-5070904250	Eng. Claudio Renato Dias	Eng. Danilo Martinelli Pitta
01	13/11/2018	Eng ^a . Cecília Merighi	SP-5063195955	Eng. Paulo Rosa Machado Filho	Eng. Filippo Chiariello
00	01/10/2018	Eng ^a . Cecília Merighi	SP-5063195955	Eng. Paulo Rosa Machado Filho	Eng. Filippo Chiariello
Rev.	Data	Resp. Técnico/ Elaborador	Nº CREA	Verificador	Aprovador

1. OBJETIVO

Esta Especificação fixa as condições a serem adotadas para a execução e controle de camadas de sub-base ou base de Brita Graduada Tratadas com Cimento (BGTC) de pavimentos.

2. DEFINIÇÃO

Brita Graduada Tratada com Cimento (BGTC) é o produto resultante da mistura, em usina, de agregados obtidos por britagem de rochas sãs, cimento Portland e água, empregada como camada semirrígida de pavimentação, executada sobre a sub-base, subleito ou reforço do subleito devidamente regularizado e compactado. A mistura deve possibilitar homogeneização granulométrica e de umidade do produto, através de adequação do tempo de passagem pelo misturador e da quantidade de cimento e água. As operações de descarga, transporte, distribuição e compactação devem ser conduzidas de modo a manter a faixa granulométrica especificada, em qualquer ponto, após a conclusão dos trabalhos.

Não permitir a execução dos serviços, objeto desta Especificação, em dias de chuva.

3. REFERÊNCIAS

Constituem complementos desta Especificação os seguintes documentos:

- DNER-ME 024/94 – Determinações das deflexões pela viga Benkelman;
- DNER-ME 035/98 – Agregados - Determinação da Abrasão “Los Angeles”;
- DNER-EM 036/95 – Cimento Portland – recebimento e aceitação.
- DNER-EM 038/97- Agregado miúdo para concreto de cimento- Especificação de Material.
- DNER-ME 052/94 – Determinação da umidade com emprego do “Speedy”;
- DNER-ME 054/97 – Equivalente de areia;
- DNER-ME 080/94 – Análise granulométrica por peneiramento;
- DNER-ME 083/98 – Agregados – Análise granulométrica;
- DNER-ME 086/94 – Agregados - Determinação do índice de forma;
- DNER-ME 089/94 – Agregados – Avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio e magnésio;
- DNER-ME 092/94 – Determinação da massa específica aparente do solo “in situ”, com o emprego, do frasco de areia;

- AASHTO – T – 180/97 – Moisture – Density Relations of soils using a 4,55 kg Rammer and a 457 mm Drop;
- ABNT NBR 16697 – Cimento Portland – Requisitos;
- ABNT NBR-12261 – Dosagem de brita graduada tratada com cimento - Procedimento
- ABNT NBR 12262 – Execução de base ou sub-base de brita graduada tratada com cimento - Procedimento
- ABNT NBR-11768 – Aditivos para concreto de Cimento Portland – Especificação;
- ABNT NBR-11803 – Materiais para sub-base ou base de brita graduada tratada com cimento;
- AASHTO R9-97 - “Standard Recommended Practice for Acceptance Sampling Plans for Highway Construction”;
- DER-ES-PA-16-23 - Brita graduada tratada com cimento;
- ET-ECS.000.000-PAV/18 – Pavimentação – Especificação técnica para determinação da irregularidade longitudinal na superfície de uma camada do pavimento pelo MERLIN;
- DNER-ISA 07 - Instrução de Serviço Ambiental;
- ASTM D 1883 – Standard test method for CBR (California bearing Ratio) of Laboratory Compacted Soils.

4. MATERIAIS

4.1. Cimento

O cimento a ser empregado deverá obedecer às determinações das especificações acima referenciadas. O recebimento deve obedecer ao que especifica a DNER-EM 036/95 – Cimento Portland – recebimento e aceitação.

4.2. Água

Será considerada satisfatória a água que, utilizada na moldagem de corpos de prova com a mistura de projeto, não acarretar diminuição da resistência obtida em laboratório, nem contenha substâncias que possam prejudicar a hidratação do cimento (atendendo a NBR 6118).

4.3. Agregados

Os agregados, para execução da camada de brita graduada tratada com cimento, serão produtos provenientes de britagem de rochas sãs, devendo apresentar as seguintes características:

a) Quando submetidos aos ensaios dos métodos DNER-ME 080/94 e DNER-ME 054/97:

O equivalente de areia deverá ser maior que 35%;

Deverão possuir composição granulométrica satisfazendo a faixa do quadro a seguir.

Composição granulométrica					
Peneiras de Malha Quadrada		% passando, em peso			
Tipo	mm	Faixa I	Faixa II	Faixa III	Faixa IV
2"	50,8	100	-	-	-
1½"	38,1	90-100	100	-	-
1"	25,4	-	-	100	100
¾"	19,1	50-85	60-95	88-100	88-100
⅜"	9,5	35-65	40-75	55-75	55-75
Nº 4	4,8	25-45	25-60	41-56	41-56
Nº 10	2,0	18-35	15-45	30-44	30-44
Nº 20	0,84	-	-	-	20-31
Nº 40	0,42	8-22	8-25	15-25	15-25
Nº 80	0,18	-	-	-	8-15
Nº 200	0,074	3-9	2-10	2-7	2-7

b) O agregado retido na peneira nº 10 deverá ser constituído de partículas duras e resistentes, isento de fragmentos moles, alongados ou achatados, de matéria vegetal ou outra substância prejudicial, devendo apresentar:

- Desgaste Los Angeles igual ou inferior a 50% (DNER-ME 035/98). Entretanto, poderão ser admitidos valores de desgaste maiores no caso de desempenho satisfatório em utilização anterior;
- Durabilidade, determinada em cinco ciclos, pelo método (DNER ME 089/94), com perdas menores que: 20% em sulfato de sódio; ou 30% em sulfato de magnésio;
- Quanto ao tamanho e à forma das partículas: Índice de forma do agregado maior ou igual a 0,5.

c) Quanto às impurezas: a brita graduada deverá ser isenta de impurezas tais como torrões de solo e materiais orgânicos.

4.4. Aditivos

À água deve ser adicionado, em porcentagem determinada, um aditivo retardador de pega que confira trabalhabilidade à mistura agregados, cimento e água, durante um período de pelo menos 6 horas.

4.5. Dosagem

A porcentagem de cimento, a ser incorporada aos agregados para constituição da mistura, deverá ser fixada através dos critérios estabelecidos pelo projeto, em função da resistência à compressão simples e à tração no ensaio de compressão diametral. O teor de cimento deve estar no entorno de 4%.

O valor de resistência média admissível à compressão simples deve se situar no intervalo de 3,5 Mpa a 8,0 Mpa.

A moldagem deve ser feita em molde cilíndrico metálico, de 15 cm de diâmetro por 30 cm de altura, em cinco camadas, cada uma delas sendo compactada com 130 golpes do soquete grande, com massa igual a $(4\,536 \pm 10)$ g, a uma altura de queda de (457 ± 2) mm, o que corresponde à energia modificada.

Devem ser moldados no mínimo três corpos de prova por teor de cimento.

Devem ser aceitos como corpos de prova aptos para ensaio aqueles que obedecerem às prescrições seguintes:

- a) Grau de compactação entre 98% a 102%;
- b) Umidade de moldagem no intervalo de $\pm 0,5\%$ em torno da umidade ótima.

A resistência à tração no ensaio de compressão diametral, aos 28 dias, deverá ser superior a 1,2 MPa.

A energia de compactação será aquela do método ASTM D 1883 método C, com 56 golpes.

5. EQUIPAMENTO

O equipamento deverá ser capaz de executar os serviços especificados dentro dos prazos fixados no cronograma contratual, e deverá compreender, no mínimo:

- Central de Mistura (contínua ou descontínua), composta de misturador, silos de agregados, depósito de água e dispositivos de controle, capaz de produzir, utilizando até três graduações de agregado, quantidade suficiente de brita graduada, com a granulometria e teores de umidade e de cimento especificados;
- Instalação de cimento a granel constante de silos verticais, compressores, transportadores sem fim e sistema desumidificador;
- Acabadora autopropulsionada, com dispositivo de acabamento eletrônico e, também de outro para vibração e adensamento, capaz de distribuir a mistura em espessura uniforme e sem produzir segregação. Caso a quantidade de serviços não justifique o emprego dessa acabadora admitir-se-á a utilização de distribuidor de agregado autopropulsionado;
- Veículos com caçamba basculante para transporte da mistura;
- Carro tanque distribuidor de água de no mínimo 10.000 litros, equipado com moto-bomba, capaz de distribuir água sob pressão regulável e uniformemente através de barras espargidora com dispositivo de fluxo lateral;
- Rolos compactadores autopropulsionados tipo liso-vibratório (e com frequência regulável, com as seguintes características: largura do rasto maior que 1,40 m; peso estático maior que 270 kN) e pneumático de pressão regulável com as seguintes características: carga por roda maior que 35 kN; largura do rasto maior que 2,00 m; pressão de contato maior que 0,75 MPa.

6. EXECUÇÃO

6.1. Considerações gerais

A execução da camada compreende as operações de mistura em central de mistura, bem como transporte, espalhamento, compactação, acabamento e cura na pista devidamente preparada na largura desejada, nas quantidades que permitam, após a compactação, atingir a espessura projetada.

Quando houver necessidade de se executar camada com espessura final superior a 20 cm, preferencialmente, deve-se executar um trecho experimental, utilizando equipamento de grande porte de compactação e o grau de compactação deve atingir valor igual ou superior a 100%. Caso não seja possível, subdividir em camadas parciais, obedecendo a espessura mínima das camadas de 15 cm, após a compactação.

6.2. Locação e Nivelamento

Os serviços de locação e nivelamento serão executados pelo Empreiteiro e verificados pela fiscalização. Nas posições correspondentes às estacas de locação, dos dois lados da pista e a distância constante da linha base (eixo), serão assentados e nivelados piquetes para controle de cotas e de alinhamento, os quais serão transportados para um fio de aço devidamente tensionado e mantido suspenso por barras de aço com dispositivo para regular a cota que compreenderá o dispositivo eletrônico do distribuidor de agregados.

6.3. Serviços Preliminares

As sub-bases e as bases de brita graduada tratada com cimento serão geralmente executadas sobre a superfície resultante dos serviços de Melhoria do Subleito e Preparo do leito ou do Reforço do Subleito, ou da Sub-base.

6.4. Preparação, Transporte e Distribuição

A brita graduada tratada com cimento deverá ser preparada em usina do tipo contínuo ou descontínuo, onde os agregados, o cimento e a água poderão ser dosados em massa ou volume, objetivando as vantagens técnicas e econômicas da precisão na dosagem e homogeneização da mistura.

Os agregados resultantes da operação de britagem, deverão ser constituídos normalmente por três frações de dimensões máximas distintas, deverão ser estocados convenientemente, de modo que cada uma delas deverá ocupar um silo da usina, não sendo permitida uma mistura prévia dos materiais no seu abastecimento. Cada uma das frações deverá apresentar homogeneidade granulométrica.

As frações serão combinadas de tal forma a enquadrar a mistura final dentro da faixa granulométrica especificada. Os silos deverão conter dispositivos que os abrigue da chuva.

A introdução da água no misturador deverá ser controlada por meio de dispositivos que permitam a verificação da quantidade acrescentada no ciclo, no caso de mistura descontínua, ou a vazão, no caso de mistura contínua. Caso ocorram “zonas mortas” no misturador, nas quais o material não seja revolvido suficientemente, estas deverão ser desfeitas.

Os materiais misturados deverão ser protegidos por lonas depois de carregados, no basculante, para evitar a perda de umidade no transporte ao local de espalhamento.

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

A operação de espalhamento será executada por acabadora autopropulsionada, de modo que a mistura fique em condições de ser compactada, sem conformação suplementar. O equipamento deverá dispor de sistema de controle de acabamento que permita a obtenção da superfície final acabada de acordo com as condições geométricas fixadas em projeto e dentro das tolerâncias desta especificação.

A vibração da mesa e do tamper da acabadora deverá ter rotações definidas para conseguir-se a máxima compactação da mistura espalhada.

Os panos adjacentes deverão ser executados simultaneamente de modo a não resultarem juntas longitudinais de construção não aderidas, ou tempos de cura diferenciados entre cada pano de serviço.

A largura de cada pano não deverá permitir que juntas longitudinais fiquem situadas abaixo de trilhas de tráfego.

O mesmo procedimento deve ser realizado nas juntas transversais, não devendo coincidir com bueiros, drenos ou outros fatores que venham enfraquecer a seção. O espalhamento não poderá ser realizado sob chuva.

A umidade, por ocasião da compactação, deve estar situada na faixa estabelecida pelo projeto. A densidade in situ deve ser no mínimo 100% da densidade máxima do ensaio de compactação com a energia correspondente ao Proctor Modificado (Grau de compactação igual ou superior a 100 %).

Os segmentos em que as condições de compactação diferirem daquelas fixadas pela especificação devem ser totalmente removidas e refeitas, de conformidade com a sistemática preconizada nesta Especificação, sem ônus para a Contratante.

A compactação será sempre iniciada pelas bordas.

Nos trechos em tangente, a compactação prosseguirá das duas bordas para o centro, em percursos equidistantes da linha base (eixo). Os percursos ou passadas de cada rolo compactador serão distanciados entre si de tal forma que, em cada percurso, seja coberto metade do rastro deixado no percurso anterior.

Nos trechos em curva, havendo sobre-elevação, a compactação progredirá da borda mais baixa para a mais alta, com percursos análogos aos descritos para os trechos em tangente.

As passadas sucessivas de um mesmo rolo compactador serão executadas de modo a evitar que o retorno ocorra sempre na mesma seção transversal. Não será permitida a manobra dos rolos compactadores sobre as sub-bases ou as bases que estão sendo compactadas.

Nas partes adjacentes ao início e ao fim da sub-base ou da base em construção, a compactação será executada transversalmente à linha base (eixo).

Nas partes inacessíveis aos rolos compactadores, assim como nas partes em que o seu uso não for desejável (cabeceiras de obras de arte), a compactação será executada com compactadores vibratórios portáteis ou com sapos mecânicos.

As operações de compactação deverão prosseguir, até que, em toda a espessura e em toda a superfície da sub-base ou da base em construção, o grau de compactação iguale ou exceda o grau de compactação especificado. Nessa ocasião, será iniciado o acabamento da superfície, admitindo-se umedecimento e corte com moto niveladora.

Havendo locais necessitando de correções geométricas ou estando a superfície visivelmente segregada, a última camada deverá ser refeita de acordo com a sistemática preconizada nesta Especificação.

Não será permitida a colocação do material da camada sobrejacente à brita graduada, quando esta apresentar umidades superiores às toleradas para compactação.

6.5. Adição de Cimento

A adição de cimento será executada na usina através de instalações de cimento a granel e de conformidade com o teor indicado no projeto. As operações construtivas deverão ser realizadas de modo a não serem ultrapassados os seguintes prazos:

- 3 (três) horas, entre o instante da adição da água à mistura seca e o término da distribuição da mistura úmida na pista;
- 2 (duas) horas, entre o início e o término das operações de compactação. A quantidade de cimento consumida será anotada e comparada com o consumo previsto e indicado no projeto.

A calibração da usina para que se assegure o teor de cimento e o teor de umidade, previstos no projeto, deverá ser efetuada sempre que o ritmo de serviço o permitir, não se admitindo menos que duas verificações semanais.

6.6. Juntas de Construção

Ao fim de cada jornada de trabalho, será executada uma junta transversal de construção em local já compactado, com face vertical. As juntas transversais de construção não deverão coincidir entre dois panos de serviços adjacentes. A face da junta será umedecida antes da colocação da camada subsequente.

Os panos de serviço adjacentes serão executados simultaneamente, de maneira a se evitar as juntas longitudinais.

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

6.7. Cura

A superfície acabada da sub-base ou da base de brita graduada tratada com cimento deverá ser mantida constantemente úmida até o total revestimento com uma película asfáltica de proteção (ou imprimação), cuja função é impedir a evaporação da água, facilitando a hidratação do cimento. Essa película será obtida pela aplicação de Emulsão Catiônica RR-2C, também, pode ser empregada, na cura, produtos químicos de base parafínica.

A aplicação do material será executada sobre sub-bases ou bases limpas com jato de ar comprimido e umedecidas. O material asfáltico será espargido uniformemente, em uma única aplicação na taxa determinada e na temperatura adequada.

No caso de serviço como camada de base, deverá ser executado material que atue como Camada Antirreflexão de Trincas, conforme indicado no projeto.

6.8. Proteção dos Serviços

Durante todo o tempo que durar a construção, e até o recebimento da camada, os materiais e os serviços serão protegidos contra a ação destrutiva das águas pluviais, do trânsito e de outros agentes que possam danificá-los.

6.9. Abertura ao Trânsito

As sub-bases ou as bases de brita graduada tratada com cimento, não poderão receber tráfego até os 7 dias de cura. Após esse prazo somente veículos com cargas máximas de 120kN. A liberação total só após 28 dias.

7. MANEJO AMBIENTAL

Observar os seguintes cuidados visando à preservação do meio ambiente no decorrer das operações destinadas à execução da camada de base estabilizada Granulometricamente.

7.1. Na Exploração das Ocorrências de Materiais

Adotar os seguintes cuidados na exploração das ocorrências de materiais:

- a) Apresentar a licença ambiental de operação da pedreira, para arquivamento da cópia da licença junto ao Livro de Ocorrências da obra;
- b) Evitar a localização de pedreira e instalações de britagem em área de preservação ambiental;
- c) Planejar adequadamente a exploração da pedreira, de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e possibilitar a recuperação ambiental, após a retirada de todos os materiais e equipamentos;
- d) Impedir queimadas como forma de desmatamento;
- e) 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;
- f) Exigir documentação atestando a regularidade das instalações, assim como, sua operação, junto ao órgão ambiental competente, caso a brita seja fornecida por terceiros.

7.2. Na Execução

Os cuidados para a preservação ambiental referem-se à disciplina do tráfego e do estacionamento dos equipamentos:

- a) Proibir o tráfego desordenado dos equipamentos fora do corpo estradal, para evitar danos desnecessários à vegetação e interferências na drenagem natural;
- b) As áreas destinadas ao estacionamento e aos serviços de manutenção dos equipamentos devem ser localizadas de forma que, resíduos de lubrificantes e/ou combustíveis, não sejam levados até cursos d'água.

8. CONTROLE DE QUALIDADE

O controle de qualidade será de responsabilidade do executante, estando sujeito à auditoria por parte da EcoRodovias Concessões e Serviços.

8.1. Controle de Usina

Com amostras coletadas na usina, na saída do misturador, deverão ser realizados no mínimo:

- a) Ensaios de granulometria pelo método DNER-ME 080/94, para no mínimo 4 amostras por jornada de 8 horas de trabalho;
- b) Ensaio de umidade higroscópica do material (método DNER-ME 052/94) para, no mínimo, 04 amostras por jornada de 8 horas de trabalho. As tolerâncias admitidas para a umidade higroscópica em torno da umidade ótima são as definidas em projeto;
- c) Verificação do teor de cimento, com no mínimo 1 ensaio por jornada de 8 horas de trabalho.

8.2. Controle do Material

Deverão ser adotados no mínimo os seguintes procedimentos com amostras coletadas na pista:

- a) Ensaios de granulometria pelo método DNER-ME 080/94, com material coletado na pista para cada 200 m de pista executada, ou 1 ensaio por jornada diária de 8 horas de horas de trabalho;
- b) Ensaios de compactação pelo método ASTM D 1883 (método C – Proctor Modificado) com materiais coletados na pista. Deverão ser coletadas amostras por camada para cada 100 m de extensão de faixa;
- c) Ensaios de Resistência à Compressão Simples aos 3, 7 e 28 dias, conforme item 4.5 desta Especificação Técnica, com o material coletado na pista, em locais determinados aleatoriamente. Deverá ser coletada uma amostra por camada para cada 100 m de pista, ou no mínimo 2 ensaios por jornada diária de 8 horas de trabalho;
- d) Ensaio de Compressão Diametral para determinação da Resistência à Tração (aos 28 dias com corpos de prova moldados segundo a alínea “c” acima referenciada). Um corpo de prova por jornada de trabalho;

- e) Extração de corpos de prova na pista aleatoriamente a cada 500 m ou jornada de trabalho e após os 7 dias para determinação da densidade, e das resistências à tração diametral e compressão simples;
- f) Ensaio de Equivalente de Areia (método DNER-ME 054/97): no mínimo 1 ensaio por mês ou sempre que houver variações dos materiais;
- g) 1 ensaio de desgaste Los Angeles quando houver variação da natureza do material (método DNER-ME 035/98);
- h) 1 ensaio de índice de forma quando houver variação da natureza do material (método DNER-ME 086/94).

8.3. Controle da Execução

Deverão ser adotados no mínimo os seguintes procedimentos com amostras coletadas na pista:

- a) Ensaio de umidade higroscópica do material, imediatamente antes da compactação, por camada, para cada 100 m de pista a ser compactado em locais escolhidos aleatoriamente. (método DNER-ME 052/94). A umidade da mistura indicada antes do início da compactação é aquela compreendida entre 0,5 e 1,0% abaixo da umidade ótima definida no ensaio de compactação – energia do AASHTO Modificado ASTM D 1883.
- b) Ensaio de massa específica aparente seca “in situ” em locais escolhidos aleatoriamente, por camada, para cada 100 m de extensão, nos mesmos pontos em que foram coletadas amostras para os ensaios de compactação, pelo método DNER-ME 092/94, para o cálculo do grau de compactação – GC;
- c) Os cálculos do grau de compactação serão realizados utilizando-se os valores da massa específica aparente seca obtidos no laboratório e da massa específica aparente “in situ” obtida no campo. O grau de compactação deverá ser igual ou superior a 100 %;
- d) Controle e anotação do tempo despendido entre a incorporação do cimento na usina e o início da compactação;
- e) Controle e anotação do tempo despendido entre o início da compactação e o final da execução da camada;
- f) Avaliação sistemática da eficiência do processo de cura, por inspeção visual, para verificação da umidade da camada e da integridade da pintura de cura.

8.4. Controle Geométrico

Após a execução da base, proceder a relocação e ao nivelamento do eixo e dos bordos, permitindo-se as seguintes tolerâncias:

- a) ± 10 cm, quanto à largura da plataforma;
- b) até 20%, em excesso, para a flecha de abaulamento, não se tolerando redução;
- c) ± 1 cm quanto à espessura do projeto da camada.

8.5. Critério de Nível de Qualidade

Este critério será aplicado para os seguintes parâmetros de controle:

- Granulometria;
- Resistência à Compressão Simples;
- Resistência à Compressão Diametral;
- Grau de compactação;
- Irregularidade.

Os resultados do controle dos parâmetros citados devem ser analisados por grupo de ensaios através da Análise de Nível de Qualidade, que determina a proporção do lote que está fora dos limites da especificação.

A análise do Nível de Qualidade é um procedimento estatístico para estimar a variação que estes elementos fora de especificação podem causar na média e no desvio padrão da amostra, permitindo definir um risco aceitável para esta variação em cada um dos parâmetros envolvidos.

Serão aplicados, também, fatores de pagamento (penalização) em função do nível de risco encontrado na amostra, variando de 0,90 a 1,00. O valor limite inferior (0,90) representa o máximo risco permissível e abaixo do qual todo o lote deve ser rejeitado.

O procedimento de Análise do Nível de Qualidade deve seguir os seguintes passos, para cada parâmetro analisado:

- a) Determinação da Média Aritmética dos resultados dos ensaios.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} X_i}{n}$$

Onde:

Σ = somatória

X_i = valor individual do ensaio

n = número total de amostras;

b) Cálculo do Desvio – padrão

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}}$$

c) Cálculo do Índice de Qualidade Superior

$$Q_s = \frac{LSE - \bar{X}}{\sigma}$$

Onde: LSE é o limite superior da especificação;

d) Cálculo do Índice de Qualidade Inferior

$$Q_i = \frac{\bar{X} - LIE}{\sigma}$$

Onde: LIE é o limite inferior da especificação;

e) Determinação do P_s (porcentagem da amostra que corresponde a um dado Q_s) na tabela

1. Note que se o LSE não é especificado, $P_s=100$;

f) Determinação do P_i (porcentagem da amostra que corresponde a um dado Q_i) na Tabela

1. Note que se o LIE não é especificado, $P_i=100$;

g) Determinação da Nível de Qualidade Requerido (NQR).

$$NQR = (P_s + P_i) - 100$$

Para o caso da granulometria, o fator NQR a ser considerado será o valor médio obtido da análise das diversas peneiras.

Tabela 1

DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE QUALIDADE PELO MÉTODO DO DESVIO PADRÃO															
PS ou PI	Índice de Qualidade Superior Qs e Índice de Qualidade Inferior Qi para nº de Amostras n														
	n 3	n 4	n 5	n 6	n 7	n 8	n 9	n 10 a n 11	n 12 a n 14	n 15 a n 18	n 19 a n 25	n 26 a n 37	n 38 a n 60	n 61 a n 200	n 201 a n
100	1,16	1,50	1,79	2,04	2,23	2,39	2,53	2,65	2,83	3,03	3,20	3,38	3,54	3,70	3,83
99		1,47	1,67	1,80	1,89	1,95	2,00	2,04	2,09	2,14	2,18	2,22	2,26	2,29	2,31
98	1,15	1,41	1,60	1,70	1,76	1,81	1,84	1,86	1,91	1,93	1,96	1,99	2,01	2,03	2,05
97		1,41	1,54	1,62	1,67	1,70	1,72	1,74	1,77	1,79	1,81	1,83	1,85	1,86	1,87
96	1,14	1,38	1,49	1,55	1,59	1,61	1,63	1,65	1,67	1,68	1,70	1,71	1,73	1,74	1,75
95		1,35	1,44	1,49	1,52	1,51	1,55	1,56	1,58	1,59	1,61	1,62	1,63	1,63	1,64
94	1,13	1,32	1,39	1,43	1,46	1,47	1,48	1,49	1,50	1,51	1,52	1,53	1,54	1,55	1,55
93		1,29	1,35	1,38	1,40	1,41	1,42	1,43	1,41	1,44	1,45	1,46	1,46	1,47	1,47
92	1,12	1,26	1,31	1,33	1,35	1,36	1,36	1,37	1,37	1,38	1,39	1,39	1,40	1,40	1,40
91	1,11	1,23	1,27	1,29	1,30	1,30	1,31	1,31	1,32	1,32	1,33	1,33	1,33	1,34	1,34
90	1,10	1,20	1,23	1,24	1,25	1,25	1,26	1,26	1,26	1,27	1,27	1,27	1,28	1,28	1,28
89	1,09	1,17	1,19	1,20	1,20	1,21	1,21	1,21	1,21	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,23
88	1,07	1,14	1,15	1,16	1,16	1,16	1,16	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17
87	1,06	1,11	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,13	1,13
86	1,04	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08
85	1,03	1,05	1,05	1,04	1,04	1,04	1,04	1,01	1,04	1,01	1,01	1,04	1,04	1,04	1,01
84	1,01	1,02	1,01	1,01	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99
83	1,00	0,99	0,98	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,95	0,95	0,95
82	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,93	0,93	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
81	0,96	0,93	0,91	0,90	0,90	0,89	0,89	0,89	0,89	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
80	0,94	0,90	0,88	0,87	0,86	0,86	0,86	0,85	0,85	0,85	0,85	0,84	0,84	0,84	0,84
79	0,91	0,87	0,85	0,84	0,84	0,82	0,82	0,82	0,82	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
78	0,89	0,84	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,79	0,78	0,78	0,78	0,78	0,77	0,77	0,77
77	0,87	0,81	0,78	0,77	0,76	0,76	0,76	0,75	0,75	0,75	0,75	0,74	0,74	0,74	0,74
76	0,84	0,78	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72	0,72	0,72	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
75	0,82	0,75	0,72	0,71	0,70	0,70	0,69	0,69	0,69	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,67
74	0,79	0,72	0,69	0,68	0,67	0,66	0,66	0,68	0,66	0,65	0,65	0,65	0,65	0,64	0,64
73	0,76	0,69	0,66	0,65	0,64	0,63	0,63	0,63	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,61	0,61
72	0,74	0,66	0,63	0,62	0,61	0,60	0,60	0,60	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,58	0,58
71	0,71	0,63	0,60	0,59	0,58	0,57	0,57	0,57	0,57	0,56	0,56	0,56	0,56	0,55	0,55
70	0,68	0,60	0,57	0,56	0,55	0,55	0,54	0,54	0,54	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,52
69	0,65	0,57	0,54	0,53	0,52	0,52	0,51	0,51	0,51	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
68	0,62	0,54	0,51	0,50	0,49	0,49	0,48	0,48	0,48	0,48	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
67	0,59	0,51	0,47	0,47	0,46	0,46	0,46	0,45	0,45	0,45	0,45	0,44	0,44	0,44	0,44
66	0,56	0,48	0,45	0,44	0,44	0,43	0,43	0,43	0,42	0,42	0,42	0,42	0,41	0,41	0,41
65	0,52	0,45	0,43	0,41	0,41	0,40	0,40	0,40	0,40	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
64	0,49	0,42	0,40	0,39	0,38	0,38	0,37	0,37	0,37	0,37	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
63	0,46	0,39	0,37	0,36	0,35	0,35	0,35	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,33	0,33	0,33
62	0,44	0,36	0,34	0,33	0,32	0,32	0,32	0,32	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
61	0,39	0,33	0,31	0,30	0,30	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
60	0,36	0,30	0,28	0,27	0,27	0,27	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,25	0,25
59	0,32	0,27	0,25	0,25	0,24	0,24	0,24	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,24
58	0,29	0,24	0,23	0,22	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
57	0,25	0,21	0,20	0,19	0,19	0,19	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
56	0,22	0,18	0,17	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
55	0,18	0,15	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
54	0,14	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
53	0,11	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
52	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
51	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02
50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Obs.: Para valores de Qs ou Qi negativos, considerar Ps ou Pi igual a 100 menos o valor de Ps ou Pi correspondente ao valor absoluto de Qs ou Qi.

Quando o valor obtido pelo cálculo do tratamento estatístico encontrar-se de forma intermediária entre o Ps e Pi, adotar o valor superior na tabela.

Tabela 2

Fator de Pagamento	Nível de Qualidade Requerido para n° de Amostras n														
	n 3	n 4	n 5	n 6	n 7	n 8	n 9	n 10 a n 11	n 12 a n 14	n 15 a n 18	n 19 a n 25	n 26 A n 37	n 38 a n 60	n 61 a n 200	n 201 a n
1,000	71	77	80	82	84	85	85	86	87	88	89	90	91	93	94
0,996	68	74	78	80	81	82	83	84	85	86	87	89	90	91	93
0,992	66	72	75	77	79	80	81	82	83	85	86	87	88	90	92
0,988	64	70	73	75	77	78	79	80	81	83	84	85	87	88	90
0,984	62	68	71	74	75	77	78	78	80	81	81	84	85	87	89
0,980	60	66	69	72	73	75	76	77	78	80	81	83	84	86	88
0,976	59	64	68	70	72	73	74	75	77	78	80	81	83	85	87
0,972	57	63	66	68	70	72	73	74	75	77	78	80	81	83	86
0,968	56	61	65	67	69	70	71	72	74	75	77	78	80	82	84
0,964	55	60	63	65	67	69	70	71	72	74	75	77	79	81	83
0,960	53	58	62	64	66	67	68	69	71	73	74	76	78	80	82
0,956	52	57	60	63	64	66	67	68	70	71	73	75	76	79	81
0,952	51	55	59	61	63	64	66	67	68	70	72	73	75	77	80
0,948	50	54	57	60	62	63	64	65	67	69	70	72	74	76	79
0,944	48	53	56	58	60	62	63	64	66	67	69	71	73	75	78
0,940	47	51	55	57	59	60	62	63	64	66	68	70	72	74	77
0,936	46	50	53	56	58	59	60	61	63	65	67	69	71	73	76
0,932	45	49	52	55	56	58	59	60	62	64	65	67	69	72	75
0,928	44	48	51	53	55	57	58	59	61	63	64	66	68	71	74
0,924	42	46	50	52	54	55	57	58	60	61	63	65	67	70	72
0,920	41	45	48	51	53	54	56	57	58	60	62	64	66	69	71
0,916	40	44	47	50	52	53	54	55	57	59	61	63	65	67	70
0,912	38	43	46	48	50	52	53	54	56	58	60	62	64	66	69
0,908	37	41	45	47	49	51	52	53	55	57	59	61	63	65	68
0,904	36	40	43	46	48	50	51	52	54	56	57	60	62	64	67
0,900	34	39	42	45	47	48	50	51	53	55	56	58	61	63	66

8.6. Controles Especiais

8.6.1 Controle Deflectométrico

Em caráter complementar para garantia de qualidade na execução do serviço, deverá ser procedida a determinação das deflexões elásticas, sobre a superfície acabada, com o auxílio de viga Benkelman (segundo o Método DNER-ME 024/94) ou com o FWD (Falling Weight Deflectometer). Deverá ser executada pelo menos uma medida da deflexão máxima a cada 20 metros, alternando-se, aleatoriamente, entre os bordos (direito e esquerdo).

As deflexões obtidas sobre esta camada deverão atender as especificações do projeto de pavimento.

As medições deverão ser realizadas após os 14 dias da execução da camada, ou conforme indicado no projeto.

8.6.2 Controle da Irregularidade Longitudinal

O acabamento longitudinal da superfície da camada deverá ser verificado antes da abertura ao tráfego através do aparelho MERLIN e para grandes extensões por aparelho medidor de irregularidade tipo resposta devidamente calibrado (métodos DNER-PRO 164 e DNER-PRO

182) ou outro dispositivo equivalente para esta finalidade. As medições deverão ser feitas em todas as faixas de tráfego, com medidas a cada 200 m.

O Quociente de Irregularidade (QI) deverá apresentar valores inferiores a 35 contagens/km.

9. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

O serviço será medido em volume (metros cúbicos), executado conforme a seção transversal do projeto.

O pagamento será feito pelo preço unitário contratual e após aceitação do Critério de Nível de Qualidade. Este pagamento consistirá em remuneração única do serviço, incluindo o fornecimento, a mistura e homogeneização, o transporte e a aplicação dos materiais, ensaios especificados dos materiais e das camadas executadas, toda a mão-de-obra e encargos sociais incidentes, os equipamentos, as ferramentas, as despesas indiretas, as despesas fiscais e eventuais necessárias à sua execução.