ESPECIFICAÇÃO PARA CONCRETO ASFÁLTICO COM ASFALTO BORRACHA

CÓPIA NÃO CONTROLADA

Identificação: ET-ENG-EPR-001	**Revisão:** 01
Área: Engenharia de Qualidade	

SUMÁRIO

1. APLICAÇÃO 5
1.1. Objetivo 5
2. REFERÊNCIAS NORMATIVAS E TÉCNICAS 5
2.1 Parâmetros gerais 5
2.2 Parâmetros textura 6
2.3 Agregados 6
2.4 Ligante asfáltico 7
2.5 Desempenho 7
2.6 Misturas 8
2.7 Pintura ligante 8
2.8 Sinalização 9
2.9 Internacional 9
3. DEFINIÇÕES 10
3.1 Agregado graúdo 10
3.2 Agregado miúdo 10
3.3 Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) 10
3.3.1 CAP AB08 — Cimento Asfáltico Modificado por Borracha 10
3.3.2 CAP AB22 — Cimento Asfáltico Modificado por Borracha 10
3.4 Concreto Asfáltico 10
3.5 Dimensão ou Tamanho Máximo (TM) 10
3.6 Material de Enchimento 11
3.7 Material Pulverulento ou Filler 11
3.8 Melhorador de Adesividade 11
3.9 Tamanho Nominal Máximo (TNM) 11
4. CONDIÇÕES GERAIS 11
5. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS 12
5.1 Insumos 12
5.1.1 Cimento Asfáltico 12
5.1.2 Agregados 13
5.1.3 Melhorador de Adesividade 14
5.2 Composição do Concreto Asfáltico 15
5.3 Equipamentos 19

CÓPIA NÃO CONTROLADA

5.3.1 Tanques de Armazenamento de CAP 19
5.3.2 Áreas de Estocagem de Agregados 19
5.3.3 Silos Dosadores (Frios) 20
5.3.4 Usina de Concreto Asfáltico 20
5.3.5 Unidades de Transporte de Concreto Asfáltico 23
5.3.6 Equipamento de Espalhamento e Acabamento 24
5.3.7 Equipamento de Compactação 25
5.3.8 Equipamentos Complementares 26
5.4 Procedimentos Executivos 26
5.4.1 Segmento Experimental 26
5.4.2 Preparo da Superfície 27
5.4.3 Imprimação e Pintura de Ligação 27
5.4.4 Aquecimento do CAP 28
5.4.5 Produção do Concreto Asfáltico 28
5.4.6 Transporte do Concreto Asfáltico 28
5.4.7 Espalhamento e Acabamento 29
5.4.8 Compactação 30
5.4.9 Juntas de Construção 31
5.4.10 Liberação ao Tráfego 31
6. CONDICIONANTES AMBIENTAIS 31
6.1 Agregados 31
6.2 Cimento Asfáltico 32
6.3 Procedimentos em Usina 32
6.4 Instalação 33
6.5 Operação 33
7. INSPEÇÕES E CONTROLE TECNOLÓGICO 34
7.1 Controle de Recebimento de Insumos 34
7.1.1 Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) 35
7.1.2 Agregados 35
7.2 Controle da Usinagem do Concreto Asfáltico 36
7.2.1 Controle de Temperatura 36
7.2.2 Controle do Teor de CAP 36
7.2.3 Controle Granulométrico da Mistura 37
7.2.4 Controle das Características da Mistura Asfáltica 38

CÓPIA NÃO CONTROLADA

7.3 Controle Tecnológico da Execução 38
7.3.1 Monitoramento de Espalhamento e Compactação 38
7.3.2 Espessura da Camada 39
7.3.3 Controle Geométrico (Nivelamento, Alinhamento e Largura) 40
7.3.4 Controle Construtivo por Deflexão 40
7.3.5 Acabamento Superficial 40
7.3.6 Condições de Segurança e Conforto 41
7.3.7 Cálculo do Volume de Vazios de Pista 41
7.4 Plano de Amostragem – Controle Tecnológico 42
8. CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO 42
8.1. Critério de Aplicação de Indice de conformidade técnica ICT 42
9. MEDIÇÃO E PAGAMENTO 45
10. REVISÕES 46
ANEXO A – ABSORÇÃO 47
ANEXO B (NORMATIVO) – TEXTURA SUPERFICIAL 49
ANEXO C – DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS COM DENSÍMETRO NÃO NUCLEAR (USO CONDICIONADO À AUTORIZAÇÃO PRÉVIA DA QUALIDADE EPR). 52
ANEXO D – PLANO DE ENSAIOS 56

CÓPIA NÃO CONTROLADA

1. APLICAÇÃO

1.1. Objetivo

A presente Especificação Técnica fixa as condições exigíveis para a produção e execução de camadas de pavimento constituídas de Concreto Asfáltico (mistura asfáltica usinada a quente – CAUQ), compostas por Cimento Asfáltico de Petróleo com adição de Borracha (CAP AB08 e CAP AB22), agregados minerais e material de enchimento (filler), incluindo, quando pertinente, a incorporação de agentes melhoradores de adesividade. O escopo abrange os requisitos técnicos aplicáveis aos insumos, equipamentos e metodologia executiva, bem como os condicionantes ambientais, o controle tecnológico e estatístico de processo, os critérios de aceitabilidade (conformidade e não conformidade) e a sistemática de medição dos serviços.

2. REFERÊNCIAS NORMATIVAS E TÉCNICAS

Os documentos normativos listados a seguir constituem parte integrante e indispensável à aplicação desta Especificação. Para referências datadas, aplica-se estritamente a edição citada. Para referências não datadas, aplica-se a última edição em vigor do documento referido (incluindo emendas e erratas).

2.1 Parâmetros gerais

2.1.1. _____. Plano de ensaios EPR ENGENHARIA.

2.1.2. _____. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER – ME 053/94: Misturas betuminosas – Percentagem de betume.

2.1.3. _____. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 011 – PRO: Gestão da qualidade XLIX. _____.

2.1.4. _____. DNER – PRO 273/96: Determinação de deflexões utilizando o deflectômetro de impacto tipo “Falling Weight Deflectometer (FWD)”.

2.1.5. _____. DNIT 133 – ME: Pavimentação asfáltica – Delineamento da linha de influência longitudinal da bacia de deformação por intermédio da Viga Benkelman – Método de ensaio.

2.1.6. _____. DNER – PRO 277/97: Metodologia para controle estatístico de obras e serviços.

2.1.7. _____. DNIT 013 – PRO: Requisitos para a qualidade na execução de obras rodoviárias – Procedimento.

2.1.8. _____. DNIT 070 – PRO: Condicionantes ambientais das áreas de uso de obras – Procedimento.

2.1.9. _____. DNIT 442 – PRO: Pavimentação – Levantamento do perfil longitudinal de pavimentos com perfilômetro inercial – Procedimento.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

2.2 Parâmetros textura

2.2.1. _____. APS, M. Classificação da aderência pneu-pavimento pelo índice combinado **IFI –** International Friction Index para revestimentos asfálticos. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. USP. São Paulo, 2006.

2.2.2. _____. ABNT NBR 16504 – Misturas asfálticas – Determinação da profundidade média da macrotextura superficial de pavimentos asfálticos por volumetria – Método da mancha de areia.

2.2.3._____.ABNT NBR 16780 - Procedimento para a medição da resistência à derrapagem de superfícies utilizando o pêndulo britânico.

2.3 Agregados

2.3.1. _____. DNER – ME 401/99: Agregados – determinação do índice de degradação de rochas após compactação Marshall com ligante – IDML e sem ligante – IDM.

2.3.2. _____. DNIT 411 – ME: Pavimentação – Massa específica, densidade relativa e absorção de agregado miúdo para misturas asfálticas – Método de ensaio.

2.3.3. _____. DNIT 412 – ME: Agregados – Análise granulométrica de agregados graúdos e miúdos por peneiramento – Método de ensaio.

2.3.4. _____. DNIT 413 – ME: Pavimentação – Massa específica, densidade relativa e absorção de agregado graúdo para misturas asfálticas – Método de ensaio.

2.3.5. _____. DNIT 415 – ME: Pavimentação – Mistura asfáltica – Teor de vazios de agregados miúdos não compactados – Método de ensaio.

2.3.6. _____. DNIT 418 – EM: Pavimentação – Solo-Cal – Cal Virgem e Cal Hidratada – Especificação de material.

2.3.7. _____. DNIT 424 – ME: Pavimentação – Agregado – Determinação do índice de forma com crivos – Método de ensaio.

2.3.8. _____. DNIT 425 – ME: Pavimentação – Agregado – Determinação do índice de forma com paquímetro – Método de ensaio.

2.3.9. _____. DNIT 429 – ME: Agregados – Determinação da porcentagem de partículas achatadas e alongadas em agregados graúdos – Método de ensaio.

2.3.10. _____. DNIT 430 – ME: Agregados – Determinação da porcentagem de partículas fraturadas em agregados graúdos – Método de ensaio.

2.3.11. _____. DNIT 435 – PRO: Materiais rochosos usados em rodovias – Análise Petrográfica – Procedimento.

2.3.12. _____. DNIT 450 – ME: Equivalente de areia – Método de ensaio.

2.3.13. _____. DNIT 446 – ME: Agregados – Avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou magnésio – Método de ensaio.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

2.3.14. _____. DNIT 451 – ME: Agregados – Determinação do desgaste por abrasão e impacto no equipamento “Los Angeles” – Método de ensaio.

2.3.15. _____. DNIT 452 – ME: Agregado graúdo – Adesividade ao ligante asfáltico – Método de ensaio.

2.3.16. _____. DNIT 456 – ME: Determinação do teor de umidade de solos e agregados – Métodos expeditos e de laboratório – Método de ensaio.

2.4 Ligante asfáltico

2.4.1. _____. DNIT 131 – ME: Materiais asfálticos – Determinação do ponto de amolecimento – Método do Anel e Bola – Método de Ensaio.

2.4.2. _____. DNER – ME 148/94: Material betuminoso – Determinação dos pontos de fulgor e de combustão (vaso aberto Cleveland).

2.4.3. _____. DNIT 155 – ME: Material asfáltico – Determinação da penetração – Método de ensaio.

2.4.4. _____. ABNT NBR 15529 – Asfalto-borracha — Propriedades reológicas de materiais não newtonianos por viscosímetro rotacional.

2.4.4.1 _____. ABNT NBR 15184 – Materiais betuminosos — Determinação da viscosidade em temperaturas elevadas usando viscosímetro rotacional.

2.4.5. _____. ABNT NBR 15086:2018 – Ligantes asfálticos — Determinação da recuperação elástica pelo método do ductilômetro.

2.4.6. _____. Ensaios de Ligantes Asfálticos - Determinação da Recuperação Elástica por Torsão de Ligantes Asfálticos Modificados - Norma: NLT 329/92

2.4.7. _____. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15166**: materiais betuminosos — determinação da separação de fases em asfaltos modificados por polímero. Rio de Janeiro: ABNT.

2.4.8. _____. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15235**: materiais betuminosos — determinação do efeito do calor e do ar em materiais asfálticos pelo ensaio RTFOT. Rio de Janeiro: ABNT.

2.4.9. _____. Set /2009 DNIT NORMA DNIT 111/2009 - EM Pavimentação flexível - Cimento asfáltico modificado por borracha de pneus inservíveis pelo processo via úmida, do tipo “Terminal Blending” - Especificação de material.

2.5 Desempenho

2.5.1. _____. DNIT 135 – ME: Pavimentação asfáltica – Misturas asfálticas – Determinação do módulo de resiliência – Método de ensaio.

2.5.2. _____. DNIT 178 – PRO: Pavimentação asfáltica – Preparação de corpos de prova para ensaios mecânicos usando o compactador giratório Superpave ou o Marshall – Procedimento.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

2.5.3. _____. DNIT 183 – ME: Pavimentação asfáltica – Ensaio de fadiga por compressão diametral à tensão controlada – Método de ensaio.

2.5.4. _____. DNIT 184 – ME: Pavimentação – Misturas asfálticas – Ensaio uniaxial de carga repetida para determinação da resistência à deformação permanente – Método de ensaio.

2.5.5. _____. DNIT 439 – ME: Pavimentação – Ligante Asfáltico – Avaliação da resistência à fadiga de ligantes asfálticos usando varredura de amplitude linear (LAS – Linear Amplitude Sweep) – Método de ensaio.

2.6 Misturas

2.6.1. _____. DNIT 180 – ME: Pavimentação – Misturas asfálticas – Determinação do dano por umidade induzida – Método de ensaio.

2.6.2. _____. DNIT 426 – IE: Pavimentação – Misturas asfálticas – Determinação dos parâmetros CDI e TDI – Instrução de ensaio.

2.6.3. _____. DNIT 158 – ME: Mistura asfáltica – Determinação da porcentagem de betume em mistura asfáltica utilizando o extrator Soxhlet – Método de ensaio.

2.6.4. _____. DNIT 136 – ME: Pavimentação asfáltica – Misturas asfálticas – Determinação da resistência à tração por compressão diametral – Método de ensaio.

2.6.5. _____. DNIT 427 – ME: Pavimentação – Misturas asfálticas – Determinação da densidade relativa máxima medida e da massa específica máxima medida em amostras não compactadas – Método de ensaio.

2.6.6. _____. DNIT 428 – ME: Pavimentação – Misturas asfálticas – Determinação da densidade relativa aparente e da massa específica aparente de corpos de prova compactados – Método de ensaio.

2.6.7. _____. DNIT 431 – ME: Pavimentação – Misturas asfálticas – Densidade in situ usando densímetro não nuclear – Método de ensaio.

2.6.8. _____. DNIT 438 – PRO: Pavimentação – Misturas asfálticas – Seleção granulométrica de agregados para concreto asfáltico pelo Método Bailey – Procedimento.

2.6.9. _____. DNIT 447 – ME: Misturas asfálticas – Ensaio de estabilidade e fluência Marshall – Método de ensaio.

2.6.10. _____. DNIT 449 – PRO: Pavimentação asfáltica – Misturas asfálticas – Parâmetros volumétricos para dosagem de misturas asfálticas – Procedimento.

2.6.11. _____. AASHTO T 209. Standard method test of theoretical maximum specific gravity (Gmm) and density of hot mix asphalt (HMA).

2.7 Pintura ligante

2.7.1. _____. DNER – ES 395/99: Pavimentação – Pintura de ligação com asfalto polímero.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

2.7.2. _____. DNIT 145 – ES: Pavimentação – Pintura de ligação com ligante asfáltico – Especificação de serviço.

2.7.3. _____. DNIT 144 – ES: Pavimentação – Imprimação com ligante asfáltico – Especificação de serviço.

2.8 Sinalização

2.8.1. _____. Publicação IPR 738 – Manual de sinalização de obras e emergências em rodovias – 2ª edição.

2.8.2. _____. ABNT NBR 15405 — Sinalização horizontal viária — Tintas — Procedimentos para execução da demarcação e avaliação. É a referência mais direta para execução e avaliação da pintura. Há indicação de edição 2024 publicada.

2.8.3. _____. ABNT NBR 16307 — Sinalização horizontal viária — Medição de retrorrefletividade utilizando equipamento manual com geometria de 30 m. É usada para retrorrefletividade.

2.8.4. _____. ABNT NBR 16410 — Sinalização horizontal viária — Avaliação da retrorrefletividade utilizando equipamento dinâmico com geometria de 15 m ou 30 m. Também trata de retrorrefletividade, mas com equipamento dinâmico.

2.9 Internacional

2.9.1. _____. AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. AASHTO R 30. Standard practice for mixture conditioning of hot mix asphalt (HMA).

2.9.2. _____. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D5361: Standard practice for sampling compacted asphalt mixtures for laboratory testing.

2.9.3. _____. ASTM D6307: Standard test method for asphalt content of asphalt mixture by ignition method.

2.9.4. _____. ASTM E1960: Standard Practice for calculating International Friction Index of a pavement surface.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

3. DEFINIÇÕES

Para os efeitos desta Especificação Técnica, adotam-se as seguintes definições e terminologias:

3.1 Agregado graúdo

Fração do agregado mineral constituída pelas partículas que passam na peneira de malha quadrada de 3" (75 mm) e ficam retidas na peneira nº 4 (4,8 mm).

3.2 Agregado miúdo

Fração do agregado mineral compreendida entre as partículas passantes na peneira nº 4 (4,8 mm) e retidas na peneira nº 200 (0,075 mm).

3.3 Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP)

Material ligante betuminoso, obtido pelo refino do petróleo, apresentando-se como um semissólido de cor negra à temperatura ambiente (25 ºC). Caracteriza-se por alta viscosidade e propriedades aglutinantes adequadas para aplicação direta em obras de pavimentação.

3.3.1 CAP AB08 — Cimento Asfáltico Modificado por Borracha

CAP AB08 é o ligante asfáltico modificado por borracha moída de pneus inservíveis, produzido pelo processo via úmida, do tipo Terminal Blending, resultando em material estocável, homogêneo e apropriado para uso em misturas asfálticas usinadas a quente. Para o tipo AB08, a viscosidade Brookfield a 175 ºC deve estar na faixa de 1500 cP a 2.000 cP

3.3.2 CAP AB22 — Cimento Asfáltico Modificado por Borracha

CAP AB22 é o ligante asfáltico modificado por borracha moída de pneus inservíveis, produzido pelo processo via úmida, do tipo Terminal Blending, com maior viscosidade em relação ao AB08. Para o tipo AB22, a viscosidade Brookfield a 175 ºC deve estar na faixa de 2.200 cP a 4.000 cP

3.4 Concreto Asfáltico

O Concreto Asfáltico (ou Concreto Betuminoso Usinado a Quente - CAUQ) define-se como uma mistura asfáltica de graduação densa e contínua, produzida em usina apropriada, espalhada e compactada a quente. É constituída pela homogeneização de Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP), agregados pétreos graduados e material de enchimento (filler), podendo incorporar agentes melhoradores de adesividade quando tecnicamente requerido.

3.5 Dimensão ou Tamanho Máximo (TM)

Corresponde à menor abertura de malha da série de peneiras padronizada através da qual passa a totalidade (100%) da massa do agregado, não havendo retenção de material.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

3.6 Material de Enchimento

Material mineral inerte, finamente pulverizado e não plástico, que apresenta 100% de material passante na peneira nº 40 (0,42 mm) e, no mínimo, 65% de material passante na peneira nº 200 (0,075 mm).

3.7 Material Pulverulento ou Filler

Fração mineral constituída por partículas finas que passam na peneira nº 200 (0,075 mm), englobando o pó de pedra resultante da britagem e eventuais materiais solúveis presentes nos agregados naturais.

3.8 Melhorador de Adesividade

Agente químico utilizado para incrementar a afinidade físico-química na interface ligante-agregado, corrigindo a deficiência de adesividade em presença de água. Admite-se o emprego de aditivos líquidos comerciais específicos (dopes) e/ou cal hidratada, preferencialmente do tipo CH-I, mínimo de oxido de cálcio CaO 55%.

3.9 Tamanho Nominal Máximo (TNM)

Define-se como a abertura da peneira imediatamente superior àquela que retém, cumulativamente, mais de 10% da massa total do agregado.

4. CONDIÇÕES GERAIS

a) O Concreto Asfáltico destina-se à execução de camadas de rolamento, camadas de ligação (Binder), bases asfálticas, camadas de regularização ou reforço estrutural do pavimento.

b) É estritamente vedada a execução dos serviços objeto desta Norma sob condições de chuva ou precipitação iminente.

c) As operações de produção, transporte e aplicação do concreto asfáltico restringem-se a condições em que a temperatura da superfície da pista seja superior a 10 ºC. Para camadas com espessura de projeto inferior a 3,0 cm, a temperatura da superfície no momento da aplicação deverá ser superior a 15 ºC.

d) Não executar com previsão de chuva nas próximas 2 horas e pavimento com umidade superficial.

e) Todo carregamento de CAP entregue na obra deve ser acompanhado do respectivo Certificado de Análise emitido pelo fabricante ou distribuidor, atestando a conformidade com a norma DNIT 111/2009-EM e demais ensaios complementares previstos no plano de ensaio EPR. Os resultados devem ser referentes à data de produção ou à data de carregamento, caso o intervalo entre estes eventos exceda 3 dias. O documento deve assegurar a rastreabilidade, indicando origem, tipo do ligante, volume carregado e a distância de transporte entre a refinaria/terminal e o canteiro de obras.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

f) Cabe à empresa executora a responsabilidade integral pela proteção dos serviços executados e dos materiais estocados contra a ação deletéria de águas pluviais, tráfego não autorizado e outros agentes externos.

g) Para a validação do processo executivo e calibração dos equipamentos, é mandatória a execução prévia de um segmento experimental, conforme diretrizes da subseção 5.4.1. (verificação de densidade in situ, vazios de pista, textura e temperatura de compactação durante o trecho experimental.)

h) Previamente ao início das atividades, deve ser implantada a sinalização provisória de obra, visando garantir a segurança dos usuários e trabalhadores. A sinalização deve ser mantida em perfeitas condições durante toda a execução dos serviços, com especial atenção à operação do sistema de tráfego "Siga/Pare", conforme manual de sinalização EPR.

i) Antes do início da produção e aplicação da mistura asfáltica, o **Projeto de Dosagem deverá estar analisado e aprovado pela Qualidade da EPR**, conforme sistemática estabelecida na **IT-ENG-EPR-003 – Análise e Validação de Projetos de Dosagem**. Não será permitida a utilização de mistura sem a respectiva aprovação técnica.

j) As **usinas produtoras, laboratórios, instalações e equipamentos utilizados para produção e controle tecnológico** deverão estar previamente homologados conforme a **IT-ENG-EPR-002 – Homologação de Usinas, Concreteiras, Pedreiras, Saibreiras, Areais e Laboratórios**, mantendo-se durante a execução as condições técnicas que fundamentaram sua homologação.

5. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

5.1 Insumos

Os componentes constituintes do Concreto Asfáltico compreendem: agregado graúdo, agregado miúdo, Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) e, quando tecnicamente requerido, material de enchimento (fíler) e agente melhorador de adesividade. A utilização destes insumos está condicionada à sua aprovação prévia na fase de projeto de mistura (dosagem) e ao estrito atendimento às especificações técnicas estabelecidas nesta Norma.

5.1.1 Cimento Asfáltico

Admite-se o emprego dos seguintes tipos de Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP):

a) AB-08 (borracha)

b) AB-22 (borracha)

O ligante asfáltico deve satisfazer integralmente os requisitos da norma DNIT 111/2009-EM. Adicionalmente, quando previsto em projeto de pavimentação, deve atender a critérios de desempenho específicos, tais como Multiple Stress Creep Recovery (MSCR - DNIT 423 – ME), Linear Amplitude Sweep (LAS - DNIT 439 – ME), entre outros.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

5.1.2 Agregados

5.1.2.1 Agregado Graúdo

O agregado graúdo deve consistir em pedra britada, escória, seixo rolado britado ou outro material homologado nas especificações complementares. O material deve apresentar fragmentos sãos, duráveis, limpos e isentos de torrões de argila, matéria orgânica ou outras substâncias deletérias.

A procedência (fonte) do agregado graúdo deve ser validada durante o estudo de dosagem e mantida inalterada durante a execução da obra, salvo motivo de força maior. Na eventualidade de alteração da fonte, a Fiscalização deve ser notificada para a realização de novos ensaios de caracterização, visando comprovar a conformidade com os parâmetros exigidos nesta Norma. Recomenda-se a execução de análise petrográfica (DNIT 435 – PRO) para a identificação dos constituintes minerais e propriedades litológicas.

O agregado graúdo deve satisfazer às seguintes características físicas e mecânicas:

a) Desgaste por Abrasão Los Angeles ≤ 40% ABNT NBR 16974" (DNIT 451 – ME).

b) Percentual de partículas fraturadas ≥ 90% (em massa) para o material retido na peneira nº 4 (4,8 mm), apresentando no mínimo uma face britada (DNIT 430 – ME).

c) Percentual de partículas lamelares e alongadas ≤ 25% faixas contínuas e ≤ 15% faixas descontinuas, na relação 3:1 (DAER/RS-EL 108/01).

d) Durabilidade (Sanidade) avaliada por perda de massa: < 12% em solução de sulfato de sódio ou < 15% em sulfato de magnésio (DNIT 446 – ME).

e) Adesividade satisfatória ao ligante asfáltico (DNIT 452 – ME).

f) Absorção de água ≤ 2,0% (DNIT 413 – ME).

NOTA 2: Admite-se a utilização de agregados com absorção entre 2,0% e 3,0%, condicionada à observância das disposições do Anexo A.

5.1.2.2 Agregado Miúdo

O agregado miúdo deve ser constituído por areia natural, pó de pedra (filler de britagem), mistura de ambos ou outro material especificado pelo DNIT. O teor máximo admissível de areia natural na composição da mistura é de 6%. As partículas constituintes devem ser resistentes, limpas e isentas de torrões de argila, matéria orgânica e contaminantes.

A procedência do agregado miúdo deve ser validada na fase de dosagem e mantida durante a obra. Qualquer alteração de fonte requer comunicação prévia à Fiscalização e realização de novos ensaios para verificação da conformidade com os parâmetros exigidos.

O agregado miúdo deve satisfazer os seguintes requisitos físicos:

a) Equivalente de Areia do pó (passante na #4) ≥ 55% (DNIT 450 – ME).

CÓPIA CONTROLADA

b) Teor de vazios não compactados ≥ 45% (DNIT 415 – ME) Para camadas de rolamento em vias com N ≤ 1,0 × 10^7 e para as demais camadas estruturais citadas na alínea 'a' da seção 4, admite-se teor de vazios não compactados ≥ 40%.

c) Na eventualidade de a fonte do agregado miúdo divergir da fonte do agregado graúdo, torna-se obrigatória a realização do ensaio de adesividade (alínea e da subseção 5.1.2.1) utilizando o agregado graúdo proveniente da mesma litologia do agregado miúdo.

5.1.2.3 Cal Hidratada

No âmbito do Concreto Asfáltico, quando tecnicamente demandado, deve ser constituído por cal hidratada, em conformidade com a norma DNIT 418 – EM. No momento da incorporação à mistura, o material deve apresentar-se seco e isento de grumos ou aglutinações.

A procedência do material de enchimento deve ser validada na fase de projeto de mistura (dosagem) e mantida inalterada durante a execução da obra, salvo impedimento maior. A dosagem de campo deve reproduzir estritamente a quantidade definida em laboratório para assegurar o atendimento às características mecânicas dimensionadas.

A incorporação de cal hidratada visa potencializar a adesividade na interface ligante-agregado. A eficácia desta melhoria deve ser comprovada através do ensaio de Dano por Umidade Induzida (DNIT 180 – ME), respeitando-se o limite mínimo estabelecido na Tabela 4.

Quando especificado ou necessário, o teor de adição de cal hidratada limita-se a 2,0% em relação à massa total de agregados, visando prevenir a rigidificação excessiva do mástique asfáltico e o comprometimento dos parâmetros volumétricos da mistura.

5.1.3 Melhorador de Adesividade

Na ausência de adesividade satisfatória entre o CAP e os agregados, ou no não atendimento aos critérios de Dano por Umidade Induzida (Tabela 4), torna-se mandatória a utilização de agente melhorador de adesividade (aditivo químico líquido ou cal hidratada). A seleção do tipo de melhorador compete à empresa projetista ou executora, baseada em disponibilidade e custos, condicionada à comprovação técnica da eficácia da solução adotada.

Se a opção for pela cal hidratada, a verificação deve seguir o disposto na subseção 5.1.2.3. Se a opção for por aditivo químico, sua eficácia deve ser validada através dos seguintes procedimentos:

a) Preliminarmente, sobre os agregados, através do ensaio de adesividade (DNIT 452 – ME), conforme subseções 5.1.2.1 e 5.1.2.2;

b) Conclusivamente, sobre a mistura asfáltica, através do ensaio de Dano por Umidade Induzida (DNIT 180 – ME), atendendo ao limite da Tabela 4.

Os ensaios de validação citados nas alíneas 'a' e 'b' devem ser executados sobre o ligante já aditivado e submetido previamente ao envelhecimento a curto prazo em estufa rotativa (RTFOT – ABNT NBR 15235). Persistindo a deficiência de adesividade, deve-se reavaliar o teor do aditivo ou proceder à sua substituição.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

5.2 Composição do Concreto Asfáltico

A constituição final do Concreto Asfáltico deve reproduzir fielmente os parâmetros definidos no projeto de dosagem, respeitando a combinação de agregados, o tipo e teor de CAP, bem como a procedência (refinaria e pedreira) dos insumos. Qualquer alteração nas fontes de materiais requer comunicação formal à Fiscalização e a elaboração compulsória de um novo projeto de dosagem.

No estudo de dosagem, as curvas granulométricas individuais dos agregados (DNIT 412 – ME) devem ser combinadas matematicamente de modo a enquadrar a mistura resultante em uma das faixas granulométricas especificadas na Tabela 1. As faixas da Tabela 1 são identificadas por uma letra seguida de um número que indica o TNM da respectiva faixa.

Tabela 1.1 – Misturas Descontinuas

MISTURAS ESPECIAIS									
TIPO DE CAMADA		ROLAMENTO							
FAIXA ESPECIFICADA		FAIXA 6 - DESCONTÍNUA - GAP 9,5		FAIXA 7 - SEMI-GRANULAR S.G. 12,5		FAIXA 8 - DESCONTÍNUA - GAP 12,5			
		MÍNIMA	MÁXIMA	MÍNIMA	MÁXIMA	MÍNIMA	MÁXIMA		
ESPESSURA DA CAMADA (cm)		2	5	3	6	3	6		
PARÂMETROS PARA A MISTURA									
PARÂMETRO	Unidade	MÍNIMO	MÁXIMO	MÍNIMO	MÁXIMO	MÍNIMO	MÁXIMO		
Vazios no Agregado Mineral	%	16	18	16	18	16	18		
Porcentagem de Vazios	%	4,5	5,5	4,5	5,5	4,5	5,5		
Estabilidade Marshall	kgf	600	-	600	-	600	-		
Fluência Marshall	mm	2,5	4,5	2,5	4,5	2,5	4,5		
Vazios Cheios de Asfalto	%	65	80	65	80	65	80		
Relação Fíler / Ligante	-	0,4	1,2	0,4	1,2	0,4	1,2		
Danos por Umidade Induzida	%	80	-	80	-	80	-		
Resistência à tração	kgf/cm²	5	-	5	-	5	-		
Variação no Teor de Ligante	%	-0,2%	0,2%	-0,2%	0,2%	-0,2%	0,2%		
COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA PARA A MISTURA									
Peneira	mm	Unidade	MÍNIMA	MÁXIMA	MÍNIMA	MÁXIMA	MÍNIMA	MÁXIMA	FAIXA DE TRABALHO
2"	50,0	%	-	-	-	-	-	-	± 7
1 1/2"	38,0	%	-	-	-	-	-	-	± 7
1"	25,0	%	-	-	-	-	-	-	± 7
3/4"	19,0	%	-	-	100	100	100	100	± 5
1/2"	12,5	%	100	100	85	100	90	100	± 5
3/8"	9,5	%	95	100	55	85	78	92	± 5
Nº 4	4,8	%	42	55	35	55	28	42	± 5
Nº 10	2,0	%	18	27	15	30	14	24	± 5
Nº 40	0,42	%	9	15	6	15	8	18	± 5
Nº 80	0,18	%	7	11	3	10	5	12	± 3
Nº 200	0,075	%	4	7	2	7	2	7	± 2

*Para misturas descontinuas seguir parâmetros da tabela acima.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

Tabela 1.2 – Faixa EGL 16-19mm Mistura Continua

Peneira (Pol)	Peneira (mm)	Faixa 16-19 EGL	Tolerância Trabalho
1"	25,4	100-100	+/- 7
3/4"	19,1	96-100	+/- 5
5/8"	15,9	90-100	+/- 5
1/2"	12,7	80-95	+/- 5
3/8"	9,52	66-85	+/- 5
n.º 4	4,76	42-64	+/- 5
n.º 10	2	28-48	+/- 5
n.º 40	0,42	8-21	+/- 5
n.º 80	0,18	4-14	+/- 5
n.º 200	0,075	2-10	+/- 2

*Espessura de (4 a 5 cm)

Tabela 1.3 – Faixa C DER PR Mistura Continua

Peneira (#)	mm	Especificação (DER/PR)	Tolerância Trabalho
1"	25,4	100 - 100	+/- 7
3/4"	19,1	90 - 100	+/- 5
3/8"	9,52	56 - 80	+/- 5
Nº 4	4,76	35 - 65	+/- 5
Nº 10	2	22 - 46	+/- 5
Nº 40	0,42	8 - 24	+/- 5
Nº 200	0,07	2 - 8	+/- 2

*Espessura de (4 a 7 cm)

Tabela 1.4 – FAIXA B DNIT Mistura Continua

Peneira (#)	mm	Faixa de Trabalho	Tolerância Trabalho
1"	25,4	100	+/- 7
3/4"	19,1	90-100	+/- 5
1/2"	12,7	70-89	+/- 5
3/8"	9,52	55-82	+/- 5
1/4"	6,3	42-70	+/- 5
n.º 4	4,76	35-63	+/- 5
n.º 8	2,36	23-49	+/- 5
n.º 16	1,18	16-37	+/- 5
n.º 30	0,6	10-28	+/- 5
n.º 50	0,3	6-20	+/- 5
n.º 100	0,149	4-13	+/- 5
n.º 200	0,075	2-8	+/- 2

* Espessura de (4 a 7cm)

CÓPIA NÃO CONTROLADA

Para esse critério, o Tamanho Máximo Nominal (TMN) do agregado deve ser inferior a 2/3 da espessura da camada asfáltica compactada, de forma a permitir adequada acomodação dos agregados, distribuição granulométrica homogênea, compactação eficiente e redução do risco de segregação ou deficiência de acabamento superficial.

Na definição da curva granulométrica de projeto, recomenda-se a aplicação do Método Bailey (DNIT 438 – PRO) para o ajuste das proporções de cada fração de agregado. O objetivo é assegurar a constituição de um esqueleto mineral com elevado grau de intertravamento e resistência superior a deformações permanentes, sendo esta prática particularmente indicada quando houver dificuldade no atendimento aos requisitos mínimos de Vazios do Agregado Mineral (VAM) estabelecidos na Tabela 5. Visando a continuidade da distribuição granulométrica, a fração retida entre duas peneiras consecutivas da série não deve ser inferior a 4% da massa total, excetuando-se o intervalo entre as duas peneiras de maior abertura da faixa especificada.

A classificação do comportamento granulométrico da mistura deve basear-se na Peneira de Controle Primário (PCP), conforme os parâmetros da Tabela 2. A mistura será classificada como de comportamento graúdo quando a porcentagem passante na PCP for inferior ao limite especificado, e de comportamento fino quando este valor for superior. O comportamento granulométrico exerce influência direta sobre as propriedades mecânicas do Concreto Asfáltico e sobre as características de macro textura superficial, devendo ser criteriosamente considerado durante a elaboração do projeto de dosagem.

Tabela 2 – Pontos de controle para a classificação de Graduação do Concreto

TNM	PCP	% de controle
25,4	4,8	40,0
19,1	4,8	47,0
12,7	2,36	39,0
9,5	2,36	47,0

A Tabela 3 fixa os limites de tolerância aplicáveis à curva granulométrica durante o processo de produção do Concreto Asfáltico. A Faixa de Trabalho deve ser estabelecida através da aplicação das variações admissíveis descritas nesta tabela sobre a curva granulométrica definida no projeto de dosagem.

Tabela 3 – Tolerância da curva granulométrica para a produção do Concreto

ASTM	Abertura (mm)	Tolerância (%)
1 ½”	38,1	-
1”	25,4	±7
¾”	19,1	±5
½”	12,7	±5
⅜”	9,5	±5
¼”	6,3	±5
Nº 4	4,8	±5
Nº 8	2,36	±5
Nº 16	1,18	±5
Nº 30	0,60	±5
Nº 50	0,30	±4
Nº 100	0,150	±3
N° 200	0,075	±2

Os limites da Faixa de Trabalho são estabelecidos mediante a aplicação aritmética das tolerâncias individuais sobre os percentuais passantes definidos na curva granulométrica de

CÓPIA NÃO CONTROLADA

projeto. É mandatório que a Faixa de Trabalho permaneça integralmente contida dentro dos limites da faixa granulométrica especificada na Tabela 1.

O projeto de dosagem do Concreto Asfáltico deve ser executado em estrita observância aos procedimentos de preparação de corpos de prova preconizados na norma DNIT 178 – PRO, empregando-se a totalidade dos materiais selecionados para a obra. O teor de projeto de Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) deve ser fixado considerando uma tolerância executiva de ± 0,3%, condicionada ao atendimento integral dos parâmetros volumétricos e mecânicos estabelecidos nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4 – Requisitos para projeto de Concreto Asfáltico

Parâmetros	Norma	Valor
Volume de vazios (%)	DNIT 449 – PRO	3 a 5 (ideal para projeto 4.5%)
Relação betume vazios (%)	DNIT 449 – PRO	65 a 75
Vazios do agregado mineral (%)	DNIT 449 – PRO	Tabela 5
Proporção filler/asfalto (F/A)	DNIT 449 – PRO	0,8 a 1,5
Resistência à tração (MPa)	DNIT 136 – ME	≥0,65 (ver borracha ou polímero)
Dano por umidade induzida (razão)	DNIT 180 – ME	≥0,80
Fluência		2 a 4
Estabilidade Marshall (kgf) (75 golpes)	DNIT 447 – ME	modificado ≥ 1200
CDI	DNIT 426 – IE	Se especificado em projeto/contrato
TDI	DNIT 426 – IE	Se especificado em projeto/contrato
Módulo de resiliência	DNIT 135 – ME	>6000
Parâmetros de fadiga	DNIT 183 – ME	>80
Hamburg Wheel Tracking Test ou ensaio abaixo (FN)	AASHTO T 324	< 3%
Flow Number (FN)	DNIT 184 – ME	Se especificado em projeto/contrato

* Faixa C-DER, B DNIT e EGL 16-19mm (misturas contínuas)

Tabela 5 – Requisitos para Vazios do Agregado Mineral VAM

TNM (ASTM)	TNM (mm)	Volume de vazios (3,0%)[1]	Volume de vazios (4,0%)[1]	Volume de vazios (5,0%)[1]
1"	25	11	12	13
3/4"	19	12	13	14
1/2"	12,5	13	14	15
3/8"	9,5	14	15	16

* Faixa C-DER, B DNIT e EGL 16-19mm

A exigência dos parâmetros de desempenho CDI e TDI (DNIT 426 – IE), bem como a realização dos ensaios de Módulo de Resiliência (DNIT 135 – ME), Fadiga (DNIT 183 – ME)

CÓPIA NÃO CONTROLADA

e Flow Number (DNIT 184 – ME), está condicionada à sua especificação explícita no projeto de pavimentação, o qual deverá estabelecer os respectivos critérios de aceitação.

A energia de compactação a ser adotada deve ser definida em função do volume de tráfego previsto. O cálculo dos teores de Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) deve considerar a massa total da mistura como 100%.

5.3 Equipamentos

A patrulha de equipamentos alocada para a execução dos serviços deve ser compatível com as características do local de instalação das obras e atender rigorosamente às especificações detalhadas nos itens subsequentes desta Norma.

Todo e qualquer equipamento a ser mobilizado deve ser submetido à vistoria e aprovação prévia pela Fiscalização antes do início dos serviços, visando assegurar suas condições operacionais. A utilização de equipamentos sem a devida liberação é estritamente vedada.

A relação mínima de equipamentos obrigatórios inclui:

5.3.1 Tanques de Armazenamento de CAP

Os tanques de estocagem devem ser equipados com sistemas de aquecimento capazes de atingir e manter o ligante nas temperaturas especificadas pelo fornecedor e definidas conforme a subseção 5.4.4. O aquecimento deve ser realizado através de serpentinas de óleo térmico ou resistências elétricas, projetadas para evitar o superaquecimento localizado (hot spots) do ligante. As tubulações e acessórios devem possuir diâmetro nominal mínimo de 75 mm e ser providos de isolamento térmico eficiente para minimizar perdas calóricas.

Os reservatórios devem dispor de sistema de recirculação contínua do CAP, assegurando a homogeneidade do ligante (especialmente quando houver incorporação de aditivo melhorador de adesividade) e a uniformidade térmica em seu interior. Recomenda-se a utilização de tanques cilíndricos verticais com fundo cônico e recirculação ascendente (base para o topo). Para tanques de configuração horizontal, a recirculação deve ocorrer do ponto de sucção para o misturador até a extremidade oposta do tanque. Na inexistência de sistema de recirculação hidráulica, torna-se obrigatório o uso de agitadores mecânicos.

O CAP estocado deve ser aquecido à temperatura máxima de mistura (conforme subseção 5.4.4) por um período mínimo de 24 horas antes de sua utilização. Os sistemas de recirculação e/ou agitação devem ser acionados, obrigatoriamente, nas 2 horas que antecedem o início da produção. Em períodos de inatividade da usina superiores a 24 horas, o armazenamento do ligante deve seguir as diretrizes técnicas do distribuidor ou fornecedor.

A capacidade total de tancagem instalada deve ser suficiente para garantir, no mínimo, três dias de operação contínua da usina.

5.3.2 Áreas de Estocagem de Agregados

Os agregados devem ser armazenados em pátios limpos, devidamente drenados, cobertos e adjacentes aos silos dosadores da usina. As pilhas devem estar claramente identificadas e dispostas de forma a impedir a contaminação entre diferentes frações granulométricas, preservando a homogeneidade do material e evitando a contaminação por agentes externos.

CÓPIA CONTROLADA

Na constatação de contaminação em qualquer pilha de estoque, o material afetado deve ser imediatamente removido da área de armazenamento. As operações de usinagem devem ser paralisadas até o completo saneamento da não conformidade.

5.3.3 Silos Dosadores (Frios)

Os silos frios devem apresentar capacidade de armazenamento total equivalente a, no mínimo, três vezes a capacidade nominal do misturador. Devem ser instalados em base drenada, preferencialmente sob cobertura, e configurados para segregar e estocar adequadamente cada fração granulométrica. Cada compartimento deve ser provido de mecanismos de carga e descarga que assegurem a fluidez e a precisão na dosagem dos materiais.

O número de silos frios operantes deve corresponder ao número de frações de agregados utilizadas no traço, exigindo-se um mínimo de três compartimentos. Quando prevista a utilização de material de enchimento (filler), deve-se dispor de um silo adicional específico, hermético e conjugado a dispositivos de dosagem que permitam sua incorporação à mistura asfáltica sem perdas de material.

Os silos frios devem ser equipados com sondas de umidade para monitoramento contínuo do teor de umidade dos agregados, assegurando que a dosagem de CAP seja corrigida automaticamente em função da massa seca dos materiais pétreos.

5.3.4 Usina de Concreto Asfáltico

Para a produção de Concreto Asfáltico, preconiza-se o emprego de usinas do tipo gravimétrica (batch plant). Admite-se a utilização de usinas do tipo volumétrica (drum-mix), condicionada ao pleno atendimento aos requisitos estabelecidos na subseção 5.3.4.2.

A planta industrial deve ser capaz de produzir misturas homogêneas, isentas de segregação e dentro da faixa de temperatura especificada. Previamente ao início da produção, a usina deve ser submetida a uma inspeção geral e aferição/calibração de todos os seus subsistemas.

5.3.4.1 Usina Gravimétrica

Nas usinas gravimétricas, os silos descritos na subseção 5.3.3 devem ser equipados com sistema de pesagem estática individual e possuir, preferencialmente, cobertura para mitigar a variação de umidade.

NOTA 3: Em regiões de clima comprovadamente seco, a Fiscalização poderá, a seu critério, dispensar a obrigatoriedade de cobertura nos silos frios.

O CAP deve ser armazenado em tanque externo, preferencialmente de configuração vertical, posicionado nas imediações do misturador. As balanças destinadas à pesagem de agregados, filler e CAP devem apresentar precisão entre 0,5% e 1,0%, devidamente aferidas com pesos-padrão.

O sistema de injeção de CAP deve contar com bomba instalada a uma distância máxima de dois metros do misturador. A tubulação de conexão entre o reservatório e a bomba deve possuir isolamento térmico. É mandatória a instalação de uma linha de retorno (loop) entre a válvula de injeção no misturador e o tanque de armazenamento, permitindo a purga e limpeza

CÓPIA NÃO CONTROLADA

do sistema. Recomenda-se a circulação de CAP aquecido pela linha de retorno por um período mínimo de 15 minutos antes do início das operações diárias de usinagem.

O tambor secador deve operar pelo princípio de contrafluxo com duas zonas distintas (convecção e radiação), possuindo dimensionamento compatível com a produção desejada. A jusante do secador, deve haver uma unidade classificadora (peneiras vibratórias) para a distribuição dos agregados nos silos quentes. Para agregados com absorção de água entre 2,0% e 3,0%, deve-se proceder à coleta de amostras na saída do secador (antes da entrada no misturador) para verificação da umidade residual, que não deve exceder 0,3%.

O misturador deve ser do tipo pug-mill, dotado de duplo eixo conjugado e palhetas reversíveis, ajustáveis e removíveis. Deve possuir comporta de descarga de fundo ajustável e sistema de temporização para controle do ciclo completo de mistura, garantindo a homogeneidade do produto final. No caso de utilização de agregados com absorção entre 2,0% e 3,0%, deve-se observar os procedimentos do Anexo A e realizar a coleta de amostras da mistura pronta para determinação de umidade, que deve ser igual ou inferior a 0,3%.

Para a determinação de umidade da mistura pronta, o teor residual deve ser igual ou inferior a 0,3%.

A usina deve estar equipada com sistema de alimentação de material de enchimento (filler), com controle gravimétrico (por massa), e sistema de despoeiramento (filtro de mangas ou equivalente). A incorporação de cal hidratada, quando prevista, deve ocorrer na zona de mistura seca do misturador pug-mill. O sistema de filtragem e coleta de pó deve possuir eficiência comprovada para mitigação de impactos ambientais. O material particulado recuperado (finos de retorno) deve ser reinserido no processo, total ou parcialmente, mediante controle rigoroso.

Instrumentos termométricos com proteção metálica, escala de 90 °C a 210 °C e precisão de ±1 °C, devem ser instalados em pontos estratégicos: silos quentes, dosador ou linha de injeção de CAP (próximo à descarga) e na massa asfáltica final. Adicionalmente, a descarga do tambor secador deve ser monitorada por pirômetro elétrico ou sensor equivalente, com precisão de ±5 °C e registrador contínuo. O controle de temperatura do processo deve ser automatizado.

O sistema de dosagem deve ser integralmente automatizado e sincronizado (intertravado) entre os agregados e o ligante, com pesagem individual estática nos silos e no balde de CAP. O monitoramento de níveis mínimos, bem como o ciclo de mistura e descarga (batch), deve ser automático ou semiautomático. O sistema deve permitir leitura, registro e exibição em tempo real (via IHM, display ou computador) de pesos, temperaturas, tempos de ciclo e cargas acumuladas.

A usina deve dispor de cabine de comando climatizada e protegida, centralizando o controle operacional e o registro de dados de todas as etapas do processo de usinagem. Os painéis elétricos e quadros de força devem estar instalados em conformidade com as normas de segurança vigentes.

Para o aquecimento do material pétreo no maçarico, fica permitido o uso de gás combustível (GLP ou GN), desde que o equipamento esteja regularizado, sem vazamentos, e sejam atendidos as exigências de segurança aplicáveis e o plano de SSMA da obra. Qualquer outro tipo de combustível/material não previsto neste item somente poderá ser utilizado mediante consulta e aprovação prévia do Setor de Qualidade da EPR Engenharia.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

5.3.4.2 Usina Volumétrica (Contínua)

Nas usinas do tipo volumétrica, os silos dosadores (descritos na subseção 5.3.3) devem ser equipados com sistemas de pesagem dinâmica (weigh bridges), permitindo a correção imediata e automática das proporções de alimentação em função da variação de massa específica ou umidade dos materiais, inclusive do CAP. Recomenda-se a cobertura dos silos para garantir a estabilidade do teor de umidade.

O armazenamento de CAP deve ocorrer em tanque externo, preferencialmente vertical, situado próximo ao misturador. A precisão dos sistemas de pesagem de agregados, filler e ligante deve situar-se entre 0,5% e 1,0%, devidamente aferida com pesos-padrão.

Durante o abastecimento dos silos, deve-se assegurar a não contaminação cruzada entre granulometrias distintas, preservando a homogeneidade dos estoques.

O sistema de injeção de CAP requer bomba instalada a uma distância máxima de 2,0 metros do misturador com dosador de vazão e tubulação termicamente isolada. É mandatória a instalação de linha de retorno entre a válvula de injeção e o tanque, permitindo a purga e limpeza do sistema. Recomenda-se a circulação de CAP aquecido pela linha de retorno por, no mínimo, 15 minutos antes do início da produção diária.

A dosagem de CAP deve ser controlada por inversor de frequência na bomba e monitorada por medidor de vazão mássico (mass flow meter). O sistema deve possuir compensação automática de densidade, ajustando as velocidades das correias alimentadoras e da bomba de ligante para assegurar que o teor de CAP e a curva granulométrica de projeto sejam atingidos ao final de cada ciclo de processamento.

O secador deve ser do tipo contrafluxo (zonas de convecção e radiação), descarregando diretamente no misturador externo. Para agregados com absorção entre 2,0% e 3,0%, é mandatória a coleta de amostras na transição secador-misturador para verificação da umidade residual, que deve ser igual ou inferior a 0,3%.

O misturador deve ser externo ao tambor, do tipo pug-mill de duplo eixo conjugado, equipado com palhetas reversíveis, ajustáveis e substituíveis. Deve possuir comporta de descarga de fundo ajustável e sistema de controle ciclo completo de mistura e capaz de assegurar a uniformidade do produto final. É mandatória a realização de limpeza diária do tambor misturador para evitar incrustações. No caso de utilização de agregados com absorção entre 2,0% e 3,0%, deve-se observar os procedimentos do Anexo A e coletar amostras da mistura pronta para verificação da umidade residual, que deve ser igual ou inferior a 0,3%.

Admite-se a utilização de misturadores do tipo rotativo (tambor secador-misturador), condicionada à garantia de que, durante o processo, o ligante asfáltico não entre em contato direto com a chama do queimador nem com os gases de combustão (sistema contrafluxo com zona de mistura isolada). Para esta configuração, recomenda-se preferencialmente o uso de modelos de tambor duplo.

A usina deve estar equipada com sistema de alimentação de material de enchimento (filler), com controle gravimétrico (por massa), e sistema de despoeiramento (filtro de mangas). A incorporação de cal hidratada, quando prevista, deve ocorrer na zona de mistura seca (dry mixing zone) do misturador. O sistema de coleta de pó deve possuir eficiência comprovada para mitigação de impactos ambientais. O material particulado recuperado deve ser reincorporado ao processo, total ou parcialmente, mediante controle rigoroso.

CÓPIA CONTROLADA

Instrumentos termométricos com proteção metálica, escala de 90 °C a 210 °C e precisão de ±1 °C, devem ser instalados na linha de alimentação de CAP (próximo à injeção no misturador) e na descarga da mistura final. Adicionalmente, o misturador deve ser monitorado por pirômetro elétrico ou sensor equivalente, com precisão de ±5 °C e registrador contínuo. O controle de temperatura do processo deve ser automatizado.

O sistema de transporte da mistura asfáltica, do misturador até o silo de armazenamento, deve ser constituído por transportador de arraste (tipo drag slat conveyor ou redler), blindado, garantindo o isolamento térmico e a proteção contra o ambiente externo.

O silo de armazenamento deve ser instalado em cota que permita a manobra segura dos caminhões basculantes sob a comporta de descarga. O dimensionamento do silo deve prever capacidade mínima para acomodar a produção durante o tempo de manobra dos veículos. O sistema de descarga deve possuir controle temporizado de abertura da comporta, prevenindo a segregação da mistura por escoamento livre excessivo. O mecanismo deve dispor de acionamento manual de contingência, além do modo automático.

Recomenda-se a utilização de silos de regularização (surge bins) de maior capacidade, aptos a armazenar o equivalente a 30 minutos de produção da usina em regime mínimo. Tais silos devem ser providos de sistema de aquecimento (óleo térmico ou resistências elétricas) e isolamento, permitindo a estocagem da mistura por até 24 horas sem perda de temperatura ou oxidação excessiva.

O sistema de controle de dosagem deve ser integralmente automatizado e sincronizado entre as frações de agregados e o ligante, com monitoramento individual de vazão nos silos. O sistema deve realizar leitura, registro e exibição em tempo real (via IHM, display ou computador) de pesos, temperaturas, tempos e cargas acumuladas. O monitoramento de níveis mínimos dos silos e o controle de fluxo de mistura/descarga devem operar em modo automático ou semiautomático.

A usina deve dispor de cabine de comando climatizada e protegida, centralizando o controle operacional e o registro de dados de todas as etapas do processo de usinagem. Os painéis elétricos e quadros de força devem estar instalados em conformidade com as normas de segurança e proteção vigentes.

Para o aquecimento do material pétreo no maçarico, fica permitido o uso de gás combustível (GLP ou GN), desde que o equipamento esteja regularizado, sem vazamentos, e sejam atendidos as exigências de segurança aplicáveis e o plano de SSMA da obra. Qualquer outro tipo de combustível/material não previsto neste item somente poderá ser utilizado mediante consulta e aprovação prévia do Setor de Qualidade da EPR Engenharia.

5.3.5 Unidades de Transporte de Concreto Asfáltico

O transporte do concreto asfáltico deve ser realizado por caminhões basculantes, dotados de caçambas metálicas robustas, com superfícies internas lisas e limpas. Para evitar a aderência da massa, as caçambas devem ser levemente lubrificadas com solução de cal hidratada (proporção 3:1). É estritamente vedada a utilização de solventes ou produtos derivados de petróleo capazes de dissolver o ligante, tais como óleo diesel, gasolina ou querosene.

O carregamento da mistura asfáltica deve atender aos seguintes requisitos:

- Distribuição uniforme na caçamba, evitando concentração em um único ponto, para reduzir segregação e gradiente térmico.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

- Carregamento em lotes/descargas sucessivas, quando aplicável, de forma a espalhar a mistura ao longo da caçamba (frente–meio–traseira), evitando formação de “montes” localizados.
- Após o carregamento, deve-se retirar eventuais finos soltos nas bordas e conferir que não há contaminação (água, poeira, óleo, resíduos).
- O caminhão deve sair com a carga imediatamente protegida, minimizando perda de temperatura

Recomenda-se a previsão de um orifício na lateral da caçamba (Ø 6,3 mm) para facilitar a inserção de termômetro e a verificação da temperatura da massa.

As caçambas devem ser protegidas por lona térmica ou impermeável, de dimensões suficientes para cobrir totalmente a carga, ultrapassando as bordas laterais e traseira. A lona deve ser fixada firmemente na parte dianteira para impedir a entrada de ar frio (efeito venturi) durante o deslocamento.

Impedindo a penetração de água pluvial ou poeira no espaço entre a cobertura e a massa asfáltica. A proteção deve garantir a integridade da mistura contra contaminações e minimizar o gradiente térmico ou a perda de finos por arraste eólico durante todo o trajeto de transporte.

Para serviços de natureza descontínua, tais como operações de conservação rodoviária (tapa-buracos) ou em trechos com longas distâncias de transporte, recomenda-se a utilização de caminhões equipados com caçambas termicamente isoladas (thermo-boxes) ou o uso de lonas térmicas especiais, visando assegurar a constância da temperatura da massa asfáltica dentro dos limites de trabalhabilidade.

5.3.6 Equipamento de Espalhamento e Acabamento

A distribuição e o acabamento da mistura devem ser executados por pavimentadora automotriz (vibro acabadora) montada sobre esteiras (crawler tracks), dotada de potência e tração suficientes para impulsionar o veículo de transporte. O equipamento deve ser capaz de conformar o Concreto Asfáltico obedecendo rigorosamente ao alinhamento, às cotas (greide) e ao abaulamento transversal definidos no projeto geométrico.

O sistema de alimentação da mesa deve possuir parafusos sem-fim (augers) estendendo-se por toda a largura de pavimentação, inclusive nos prolongamentos mecânicos ou hidráulicos. A operação com mesa estendida exige a instalação obrigatória das extensões dos parafusos sem-fim, garantindo que o término da helicoide se posicione a aproximadamente 20,0 cm da placa lateral da mesa, mitigando a segregação física e térmica nas bordas.

As vibro acabadoras devem possuir sistema de direção ágil e preciso, com marchas operacionais avante e à ré. É mandatória a utilização de sistema de nivelamento eletrônico automático, atuando em ambos os lados da mesa (sensores longitudinais e transversais), assegurando a regularidade superficial e a obediência às espessuras de projeto.

A mesa compactadora deve dispor de sistema de pré-compactação eficiente, preferencialmente eletrônico, composto por mesa vibratória, vibradores excêntricos, tampers (socadores) e alisadores. O sistema de aquecimento da mesa (a gás ou elétrico) deve ser mantido operante para evitar o arrastamento ou a aderência da massa, garantindo a textura superficial adequada.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

5.3.7 Equipamento de Compactação

A compactação do Concreto Asfáltico deve ser realizada por uma patrulha composta por rolos autopropelidos pneumáticos e rolos metálicos lisos (tipo duplo tandem estático ou vibratório). É vedada a utilização de rolos combinados (mistos) em obras de implantação e restauração. Os equipamentos devem ser especificamente projetados para pavimentação asfáltica, sendo proibida a adaptação de compactadores de solos.

Os rolos pneumáticos devem apresentar peso operacional mínimo de 3,0 toneladas por roda (considerando o lastro máximo). Devem possuir sistema que permita a calibragem uniforme da pressão de inflação dos pneus, variando entre 2,5 kgf/cm² e 8,4 kgf/cm² (35 psi a 120 psi), preferencialmente com dispositivo de monitoramento e ajuste centralizado de pressão (on-the-fly). Os pneus devem estar em perfeito estado de conservação, isentos de deformações, apresentando a mesma altura, lonagem e desgaste, garantindo o alinhamento e a uniformidade da pegada para evitar marcas indesejáveis na pista.

Todos os rolos devem estar equipados com sistema de aspersão de fluido antiaderente (água ou solução específica). Nos rolos pneumáticos, exige-se no mínimo um bico aspersor por pneu; nos rolos metálicos, um sistema de barra aspersora para cada cilindro. A vazão deve ser regulada para manter a superfície dos rodados úmida, evitando, contudo, o escorrimento de água sobre o pavimento recém-compactado. Raspadores (de borracha ou esteiras de fibra de coco) devem estar instalados e ajustados para promover a limpeza contínua dos pneus e cilindros.

Os parâmetros operacionais dos equipamentos de compactação (número de passadas, pressão dos pneus, frequência e amplitude de vibração, velocidade de rolagem) devem ser definidos e validados no Segmento Experimental (subseção 5.4.1), antes do início das obras de implantação ou restauração.

Os equipamentos mobilizados devem ser capazes de atingir o Grau de Compactação (GC) e volume de vazios de pista (Vv) especificado enquanto a mistura asfáltica se encontrar dentro da faixa de temperatura de compactabilidade (viscosidade adequada), garantindo a densificação sem causar fraturamento dos agregados.

Recomenda-se a utilização de Eco Road Pure ou produto antiaderente tecnicamente equivalente, previamente aprovado pela Fiscalização, nos pneus dos rolos pneumáticos e nos cilindros dos rolos metálicos lisos, com aplicação por sistema de aspersão próprio do equipamento ou método controlado que assegure distribuição uniforme. O produto deverá ser específico para uso em equipamentos de pavimentação asfáltica, isento de óleo diesel, gasolina, querosene, óleo mineral, óleo vegetal, solventes, graxas ou qualquer material que possa contaminar a mistura asfáltica, alterar a aderência superficial, provocar manchas, desagregação, perda de textura ou interferir na ligação entre camadas.

A aplicação do antiaderente deverá ser realizada em quantidade suficiente apenas para evitar a aderência da massa asfáltica aos pneus e cilindros, sendo vedado o excesso de produto, escorrimento sobre a camada recém-executada ou formação de película superficial. A dosagem, diluição e forma de aplicação deverão seguir as recomendações do fabricante e ser validadas no Segmento Experimental, juntamente com os demais parâmetros de compactação.

Durante a execução, os pneus e cilindros deverão permanecer limpos, sem acúmulo de massa asfáltica, material carbonizado ou resíduos de produto antiaderente. Caso seja observado arraste de massa, manchas, perda de textura, contaminação superficial ou deficiência de

CÓPIA NÃO CONTROLADA

compactação, a operação deverá ser imediatamente ajustada, podendo a Fiscalização determinar a substituição do produto, correção da diluição, limpeza dos equipamentos ou paralisação da frente até a eliminação da causa.

5.3.8 Equipamentos Complementares

Para o suporte às operações de espalhamento e compactação em áreas de difícil acesso ou para acabamentos de detalhe, devem estar disponíveis na frente de serviço:

a) Placas vibratórias manuais ou mecânicas, para a compactação de bordas, juntas, encostos de obras de arte e áreas inacessíveis aos rolos convencionais;

b) Ferramentas manuais adequadas, incluindo pás, rastelos metálicos (ancinhos) e rodos metálicos (do tipo lute), para correções pontuais de textura e juntas.

5.4 Procedimentos Executivos

5.4.1 Segmento Experimental

A execução da camada de Concreto Asfáltico deve ser precedida, obrigatoriamente, pela realização de um Segmento Experimental (Pista Teste), visando às seguintes validações técnicas:

a) Comprovar se a mistura produzida em escala industrial reproduz fielmente as características volumétricas e mecânicas definidas no projeto de dosagem, conforme critérios da subseção 7.2.

b) Aferir a adequação, capacidade operacional e estado de conservação da patrulha de equipamentos mobilizada para a execução dos serviços.

c) Estabelecer e calibrar o processo construtivo (janela de tempo para espalhamento, temperaturas críticas de início e fim de compactação, velocidade da vibro acabadora, plano de rolagem, sequência e número de passadas dos rolos, amplitude e frequência de vibração), assegurando a obtenção de uma camada monolítica, íntegra e em conformidade com os requisitos de desempenho desta Norma, conforme Anexo D.

d) Verificação de densidade in situ, textura e temperatura de compactação durante o trecho experimental.

e) Verificar a eficácia e o atendimento às condições de segurança e sinalização conforme Anexo D

O segmento experimental deve possuir extensão longitudinal mínima de 200 metros, dimensionado em função da capacidade nominal de produção da usina, e deve ser executado em estrita observância às subseções 5.4.2 a 5.4.10. Sua realização integra o escopo do projeto de engenharia e deve ser supervisionada pelo corpo técnico da Contratada e pela Fiscalização.

Na ocorrência de não conformidades relacionadas à mistura, aos equipamentos ou à metodologia executiva, os ajustes corretivos necessários devem ser implementados e o segmento refeito. Este processo iterativo ocorrerá às expensas da empresa executora até que todos os parâmetros técnicos sejam atendidos.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

Após a comprovação do atendimento aos requisitos normativos e de projeto no trecho experimental, a Fiscalização emitirá o Relatório de Aceitação do Segmento Experimental, homologando o processo construtivo e autorizando o início dos serviços em larga escala. Uma vez aceito, o segmento experimental será incorporado à obra definitiva, e os procedimentos ali validados tornam-se mandatórios para a execução do restante da camada.

5.4.2 Preparo da Superfície

A superfície de apoio que receberá a camada de Concreto Asfáltico deve apresentar-se estruturalmente sã, seca e perfeitamente limpa, isenta de pó, materiais soltos, argila ou substâncias deletérias. Quaisquer patologias ou defeitos preexistentes devem ser saneados previamente à aplicação da mistura asfáltica.

5.4.3 Imprimação e Pintura de Ligação

A execução de imprimação e/ou pintura de ligação deve obedecer rigorosamente às diretrizes das normas DNIT 144 – ES (para imprimação) e DNIT 145 – ES ou DNER – ES 395/99 (para pintura de ligação com emulsão convencional ou modificada por polímero, respectivamente).

A aplicação dos ligantes deve ser realizada, obrigatoriamente, através de caminhão espargidor provido de barra distribuidora, respeitando a taxa de aplicação calibrada e definida no Segmento Experimental (subseção 5.4.1). A utilização de espargidor manual (caneta) restringe-se exclusivamente a correções pontuais ou áreas de geometria complexa inacessíveis ao equipamento principal. Deve-se evitar a superposição (overlap) de ligante nas juntas longitudinais e transversais das faixas de aplicação.

A pintura e a imprimação devem resultar na formação de uma película homogênea e contínua, promovendo a aderência adequada para o recebimento do Concreto Asfáltico. Na constatação de falhas ou condições insatisfatórias de aderência, proceder-se-á a uma nova aplicação de pintura de ligação previamente à distribuição da massa asfáltica.

Torna-se mandatória a renovação da pintura de ligação sobre superfícies já imprimadas ou pintadas nas seguintes hipóteses: (i) decurso de prazo superior a sete dias entre a aplicação do ligante e a execução do revestimento; (ii) ocorrência de tráfego sobre a superfície preparada; ou (iii) recobrimento da camada por areia, pó de pedra ou outros contaminantes.

A circulação de veículos de carga para o início do lançamento do Concreto Asfáltico sobre superfícies imprimadas ou com pintura de ligação está condicionada, estritamente, à completa cura do asfalto diluído (evaporação dos voláteis) ou à ruptura total (quebra) da emulsão asfáltica aplicada.

A aplicação de solução de cal hidratada após a pintura de ligação somente será admitida após a ruptura total da emulsão e mediante aprovação da Fiscalização, com finalidade exclusiva de reduzir o arrancamento da pintura pelos pneus dos veículos de obra. A aplicação deverá ser leve, uniforme e controlada, sem formação de crostas, material solto ou película contaminante.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

5.4.4 Aquecimento do CAP

Requisitos específicos para ligantes modificados

Para ligantes modificado CAP borracha, devem ser atendidos, adicionalmente, os seguintes critérios:

Os agregados devem ser aquecidos no tambor secador a uma temperatura situada entre 10 °C e 15 °C acima da temperatura definida para o ligante asfáltico, garantindo a secagem completa e facilitando o envolvimento pelo ligante.

5.4.5 Produção do Concreto Asfáltico

A usinagem deve ocorrer em instalações industriais apropriadas, em conformidade com os requisitos da subseção 5.3.4. O processo produtivo deve garantir a estabilidade e homogeneidade da mistura; a ocorrência de variações bruscas de temperatura ou deficiências no recobrimento dos agregados indica descontrole na alimentação ou desregulagem do sistema de secagem/queima, exigindo intervenção corretiva imediata.

Previamente ao abastecimento dos silos frios, os agregados devem ser homogeneizados na pilha de estoque (utilizando pá-carregadeira) para minimizar a segregação granulométrica. As aberturas das comportas dos silos dosadores devem ser calibradas em função da curva granulométrica de projeto, evitando desbalanços ou sobras excessivas de materiais.

A temperatura de produção deve respeitar rigorosamente o intervalo de viscosidade estabelecido na subseção 5.4.4. Recomenda-se operar próximo ao limite superior dessa faixa térmica para otimizar a fluidez do ligante e a homogeneização da massa asfáltica.

O início da produção industrial está condicionado à disponibilidade e prontidão operacional de toda a frota de transporte, distribuição e compactação, prevenindo interrupções no lançamento ou o resfriamento excessivo da mistura na pista.

5.4.6 Transporte do Concreto Asfáltico

Antes do carregamento, as caçambas dos caminhões deverão estar limpas, secas e isentas de solo, poeira, água, óleo, combustível, resíduos de mistura asfáltica fria ou qualquer material contaminante. Para evitar a aderência da massa asfáltica às paredes metálicas da caçamba, deverá ser utilizada **solução de cal hidratada na proporção 3:1**, aplicada em fina película e de forma uniforme, sem acúmulo, empoçamento ou excesso de material.

Após o carregamento, a carga deverá ser imediatamente protegida com **lona térmica ou impermeável**, em boas condições de uso, com dimensões suficientes para cobrir totalmente a mistura asfáltica, ultrapassando as bordas laterais e traseira da caçamba. A lona deverá permanecer firmemente fixada durante todo o transporte, evitando perda de temperatura, entrada de água, poeira, contaminações externas, arraste de finos e formação de gradiente térmico excessivo.

O transporte da mistura deve ser realizado por caminhões basculantes que atendam às especificações da subseção 5.3.5. O carregamento da caçamba deve seguir, obrigatoriamente, a seguinte sequência operacional para mitigar a segregação física: (1) carregamento da parte dianteira, (2) carregamento da parte traseira e (3) carregamento da parte central.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

O tempo máximo de transporte é limitado pela perda térmica admissível; a massa deve chegar ao local de espalhamento com temperatura não inferior ao limite mínimo de compactação estabelecido no laudo do Ligante CAP.

A chegada do caminhão à frente de serviço deverá ser acompanhada de **conferência da temperatura da mistura asfáltica**, preferencialmente por meio de termômetro adequado inserido na massa, antes da autorização de descarga na vibro acabadora. O descarregamento somente será permitido quando a temperatura estiver dentro da faixa de trabalhabilidade e compactação definida para o ligante utilizado, conforme laudo do CAP.

A lona deverá permanecer **fechada, tensionada e devidamente fixada** durante todo o transporte, período de espera, manobras e posicionamento do caminhão na frente de serviço, sendo permitida sua abertura somente no momento imediatamente anterior ao descarregamento da mistura asfáltica na vibro acabadora, após conferência da temperatura e liberação pela Fiscalização/Controle Tecnológico.

NOTA 4: Recomenda-se a utilização de Veículo de Transferência de Material (Shuttle Buggy) entre o caminhão e a vibro acabadora. Este equipamento, dotado de sistema de aquecimento e remistura helicoidal, assegura a homogeneidade térmica e física da massa, eliminando a segregação.

5.4.7 Espalhamento e Acabamento

A distribuição do Concreto Asfáltico deve ser executada mediante o emprego de vibro acabadoras que atendam aos requisitos da subseção 5.3.6. A velocidade operacional do equipamento deve ser sincronizada com a capacidade de produção da usina e a logística de transporte, assegurando um avanço contínuo e uniforme, isento de interrupções. Na ocorrência de paralisações superiores a 15 minutos, a vibro acabadora deve ser retirada da frente de serviço e deve-se executar uma junta de construção transversal antes da retomada da distribuição.

Previamente ao início da jornada, a mesa compactadora deve ser pré-aquecida até atingir, no mínimo, o limite inferior da faixa de temperatura de compactação (subseção 5.4.4). O sistema de aquecimento destina-se exclusivamente aos componentes da mesa, sendo terminantemente vedada sua utilização para o reaquecimento da massa asfáltica já espalhada que tenha sofrido resfriamento.

Para o início da faixa de espalhamento, devem ser posicionados calços de apoio sob a mesa, com altura equivalente à espessura de projeto acrescida do fator de empolamento previsto.

A transferência de material do caminhão para a vibro acabadora deve ser contínua, mantendo o silo receptor parcialmente cheio. O caminhão deve ser deslocado passivamente pelo empurrador da acabadora (ponto morto), evitando impactos ou travamento dos freios. É vedado o basculamento do material retido nas abas laterais do silo ("asas") da acabadora entre as cargas; este material segregado deve ser removido e descartado ao final do turno.

O revestimento espalhado deve apresentar textura homogênea, isenta de segregação física ou térmica. Caso sejam observadas irregularidades superficiais (ondulações, marcas de arraste, ninhos de pedra) decorrentes de deficiência operacional, o serviço deve ser imediatamente paralisado para ajustes mecânicos e operacionais. As correções manuais, com uso de ancinhos e rodos metálicos (lutes), devem ser excepcionais, restritas a pequenas áreas e realizadas obrigatoriamente antes do início da compactação.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

A necessidade frequente de correções manuais indica inadequação do equipamento ou do processo, exigindo a regulagem ou substituição imediata da vibro acabadora.

É **expressamente proibida a prática de "salgamento"** da superfície do Concreto Asfáltico durante ou após o espalhamento, seja com agregado graúdo, pedrisco.

É vedado o **fechamento das abas laterais do silo receptor da vibro acabadora** com acúmulo excessivo de material graúdo. O acionamento das abas deverá ocorrer somente de forma controlada, sem lançamento concentrado de material segregado para a esteira alimentadora ou para os sem-fins quando autorizado pela fiscalização da qualidade.

5.4.8 Compactação

As operações de compactação devem iniciar-se imediatamente após o espalhamento da massa. A janela de temperatura para a rolagem deve respeitar rigorosamente o intervalo de viscosidade estabelecido no laudo de CAP da distribuidora. Recomenda-se operar na temperatura mais elevada admissível dentro desse intervalo, visando maximizar a densificação da mistura.

A sequência preferencial de compactação compreende:

Rolagem de Acomodação (Breakdown): Executada com rolo duplo tandem (estático ou vibratório) para o selamento inicial e prevenção de marcas de pneus.

Compactação Intermediária: Executada com rolos pneumáticos, mantendo pressão constante, responsável pela maior parte do ganho de densidade.

Rolagem de Acabamento: Executada com rolo duplo tandem (estático ou vibratório) para eliminação de marcas finais e regularização superficial.

A definição exata da patrulha de compactação (tipos de rolos, sequência, pressão de inflação, amplitude/frequência de vibração e número de passadas) deve ser validada no Segmento Experimental.

A rolagem deve evoluir longitudinalmente, iniciando pelas bordas em direção ao eixo em trechos tangentes. Em curvas, a compactação deve progredir do bordo interno (ponto mais baixo) para o bordo externo (ponto mais alto), acompanhando a superelevação. Cada passada deve sobrepor a anterior em, no mínimo, metade da largura do rodado. O processo deve perdurar até que seja atingido o Grau de Compactação (GC) especificado.

Os elementos rodantes (pneus e cilindros metálicos) devem ser mantidos permanentemente umedecidos com fluido antiaderente para prevenir o arrancamento de material superficial. Deve-se evitar a aplicação excessiva de água que possa induzir o resfriamento brusco da mistura.

Durante as operações de rolagem, são estritamente vedadas manobras de mudança de direção com o equipamento estático, inversões abruptas de marcha e o estacionamento dos compactadores sobre o revestimento recém-executado ainda quente, a fim de evitar deformações plásticas ou marcas indeléveis na superfície.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

5.4.9 Juntas de Construção

A execução de juntas transversais e longitudinais deve garantir a continuidade geométrica e o acabamento superficial, assegurando a inexistência de desníveis, segregação ou irregularidades na interface de união.

Em rodovias de pista dupla ou múltiplas faixas, recomenda-se a operação simultânea de duas ou mais vibro acabadoras em escalão, permitindo a execução de juntas longitudinais a quente, tanto entre as faixas de rolamento quanto nos acostamentos, garantindo a monoliticidade da camada.

Em rodovias sob tráfego, deve-se minimizar a extensão de desníveis longitudinais expostos. A extensão máxima permitida para o degrau longitudinal corresponde ao avanço de uma jornada de trabalho. Na jornada subsequente, a retomada da pavimentação deve ocorrer obrigatoriamente a partir do ponto de descontinuidade deixado no turno anterior, eliminando o desnível.

No reinício dos trabalhos (junta fria), a compactação da emenda transversal deve ser executada transversalmente ao eixo da via. O rolo deve posicionar-se majoritariamente sobre a camada já compactada (fria), avançando gradualmente sobre a massa recém-aplicada (quente). O corte da junta transversal deve ser sempre vertical e ortogonal ao eixo da pista (borda reta).

5.4.10 Liberação ao Tráfego

A liberação do revestimento recém-executado ao tráfego está condicionada ao resfriamento da camada. A temperatura superficial, aferida por termômetro infravermelho (laser), deve apresentar-se inferior à temperatura do Ponto de Amolecimento do Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) utilizado na mistura.

6. CONDICIONANTES AMBIENTAIS

A execução dos serviços deve observar rigorosamente as diretrizes, mitigações e procedimentos ambientais estabelecidos nas normas vigentes do DNIT, com ênfase na norma DNIT 070 – PRO, bem como na documentação técnica do empreendimento. Esta documentação abrange o Componente Ambiental do Projeto de Engenharia, o Plano Básico Ambiental (PBA) e as condicionantes constantes nas Licenças Ambientais emitidas pelos órgãos competentes.

As atividades de produção de Concreto Asfáltico envolvem a manipulação de ligantes betuminosos e agregados, além da operação de plantas industriais. Portanto, as medidas de preservação ambiental devem abranger todo o ciclo produtivo: extração e estocagem de agregados, armazenamento e manuseio de CAP e operação da usina, focando na proteção de recursos hídricos, preservação da vegetação lindeira e segurança viária.

6.1 Agregados

Na exploração e obtenção de agregados minerais (pedreiras e areais), devem ser adotados os seguintes procedimentos de controle ambiental:

CÓPIA NÃO CONTROLADA

a) O plano de lavra da pedreira ou areal deve ser elaborado visando à minimização dos impactos ambientais durante a operação e contemplar o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) após o encerramento das atividades.

b) A exploração de jazidas ou a instalação de centrais de britagem só será permitida em áreas devidamente amparadas por Licença Ambiental de Operação válida.

c) É mandatória a construção de bacias de sedimentação (caixas de decantação) anexas às instalações de britagem e lavagem, dimensionadas para a retenção de finos e pó de pedra, impedindo o assoreamento e contaminação de cursos d'água adjacentes.

d) A supressão vegetal (corte de árvores), quando imprescindível, requer a Autorização de Supressão Vegetal (ASV) emitida pelo órgão ambiental competente. A execução deve seguir estritamente os critérios e compensações estipulados no documento autorizativo.

e) É terminantemente proibida a prática de queimadas para limpeza do terreno ou eliminação de resíduos vegetais.

f) No caso de aquisição de agregados de fornecedores comerciais (terceiros), o recebimento dos materiais está condicionado à apresentação da documentação de regularidade ambiental da fonte produtora pela empresa fornecedora.

executora apresentar a documentação comprobatória da regularidade ambiental das instalações e das operações de extração junto aos órgãos competentes.

g) Cópias autenticadas de toda a documentação de regularização ambiental, incluindo licenças de operação e autorizações específicas, devem ser arquivadas no canteiro de obras e anexadas ao Livro de Ocorrências, permanecendo disponíveis para consulta pela Fiscalização.

h) A implantação, manutenção e utilização de caminhos de serviço devem observar rigorosamente as diretrizes e recomendações estabelecidas na norma DNIT 105 – ES.

6.2 Cimento Asfáltico

A instalação de tanques de armazenamento de CAP deve ocorrer em locais seguros, distantes de cursos d'água, drenagens naturais ou áreas de preservação permanente, respeitando as restrições ambientais locais.

É terminantemente vedado o descarte de resíduos de ligante, sobras de materiais ou embalagens contaminadas na faixa de domínio da rodovia, bem como em quaisquer áreas onde possam ocasionar contaminação do solo ou recursos hídricos.

6.3 Procedimentos em Usina

O ciclo operacional das usinas de asfalto a quente compreende as seguintes atividades:

a) Logística de transporte, estocagem, beneficiamento (peneiramento) e dosagem de agregados (frios e quentes) e material de enchimento (filler);

b) Logística de transporte, armazenamento e aquecimento de combustíveis industriais e de Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP).

CÓPIA NÃO CONTROLADA

A identificação dos agentes poluentes e suas respectivas fontes geradoras deve seguir a classificação apresentada na Tabela 6. Define-se como emissão fugitiva qualquer liberação de poluentes (gases, vapores ou material particulado) para a atmosfera que não seja conduzida através de chaminés, dutos ou sistemas de exaustão projetados para o controle e tratamento de efluentes.

Visando a mitigação dos impactos causados pelos agentes listados na Tabela 6, torna-se obrigatório o cumprimento dos requisitos estabelecidos nas subseções 6.4 e 6.5.

Tabela 6 – Fontes poluidoras

Agente poluidor	Fontes poluidoras
I. Emissão de partículas	A principal fonte é o secador rotativo. Outras fontes são: peneiramento, transferência e manuseio de agregados, balança, pilhas de estocagem, tráfego de veículos e vias de acesso.
II. Emissão de gases	Combustão do óleo: óxido de enxofre, óxido de nitrogênio, monóxido de carbono e hidrocarbonetos. Misturador de CAP: hidrocarbonetos. Aquecimento de CAP: hidrocarbonetos. Tanques de estocagem de óleo combustível e de CAP: hidrocarbonetos.
III. Emissões Fugitivas	As principais fontes são pilhas de estocagem ao ar livre, carregamento dos silos frios, vias de tráfego, áreas de peneiramento, pesagem e mistura.

6.4 Instalação

A implantação de usinas de asfalto a quente está condicionada à prévia autorização e licenciamento por parte dos órgãos ambientais competentes. É mandatório respeitar um raio de afastamento mínimo de 200 metros entre a base da chaminé da usina e receptores sensíveis, tais como: residências, unidades de saúde (hospitais, clínicas, centros de reabilitação), instituições de ensino (escolas, creches), asilos, orfanatos, equipamentos de lazer (clubes esportivos, parques de diversões) e demais edificações de uso comunitário.

O Projeto Executivo deve delimitar as áreas destinadas à instalação do parque industrial, priorizando locações que mitiguem os impactos ambientais e o incômodo à vizinhança.

Compete exclusivamente à empresa executora a obtenção das Licenças de Instalação (LI) e Operação (LO) junto aos órgãos ambientais, bem como a manutenção dos parâmetros operacionais da usina em estrita conformidade com as exigências desta Norma e da legislação ambiental vigente.

6.5 Operação

É mandatória a instalação de sistemas eficientes de controle de emissões atmosféricas, constituídos por pré-coletores (ciclones) e filtros de mangas (via seca), ou tecnologias equivalentes que assegurem o atendimento aos padrões de qualidade do ar estabelecidos na legislação (CONAMA). As chaminés devem ser providas de plataformas de acesso e portos de amostragem adequados para a realização de monitoramento de efluentes gasosos.

Como requisito para o licenciamento e aprovação do projeto, devem ser apresentados laudos técnicos de medições em chaminé que comprovem a capacidade e eficiência do equipamento de controle de emissões proposto, assegurando o atendimento aos padrões de qualidade do ar estabelecidos pelo órgão ambiental licenciador.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

Os silos de estocagem de agregados frios devem ser providos de fechamentos laterais e cobertura superior para mitigar a dispersão de emissões fugitivas durante as operações de carregamento. O sistema de correias transportadoras de agregados frios deve ser integralmente enclausurado.

Devem ser implementados procedimentos operacionais que garantam a alimentação do secador isenta de emissões visíveis para a atmosfera. Durante a operação da usina, o secador rotativo deve operar sob pressão negativa, prevenindo o vazamento de material particulado pelas vedações de entrada e saída.

O conjunto composto pelo misturador, silos de agregados quentes e peneiras classificatórias deve estar conectado ao sistema de exaustão e controle de poluição do ar, evitando a liberação de vapores e partículas para o ambiente.

Os silos de armazenamento de Concreto Asfáltico (massa pronta) devem ser estanques. Os silos de armazenamento de material de enchimento (filler) devem ser equipados com sistema independente de filtragem a seco (filtros de venteio).

As vias de tráfego interno da usina devem ser submetidas a manutenção constante para assegurar que as emissões de poeira geradas pela circulação de veículos não excedam 20% de opacidade. As medidas mitigadoras podem incluir pavimentação asfáltica, aplicação de material fresado, brita, estabilização química ou umectação periódica, garantindo a conformidade com os limites estabelecidos.

Devem ser adotados procedimentos que impeçam a emissão secundária de partículas durante os ciclos de limpeza dos filtros de mangas (pulse-jet ou ar reverso) e durante o manuseio do pó recuperado.

O acionamento dos sistemas de controle de poluição do ar deve preceder, obrigatoriamente, a partida dos equipamentos de processo produtivo. Tanto os equipamentos de produção quanto os sistemas de controle ambiental devem ser mantidos em perfeitas condições operacionais.

Recomenda-se a substituição de óleos combustíveis pesados por matrizes energéticas de menor impacto poluidor (gás natural, GLP ou eletricidade). Sempre que a área permitir, deve-se implantar uma cortina arbórea (barreira vegetal) no perímetro da instalação.

Após a desmobilização da usina e remoção dos depósitos e canteiro de obras, a área impactada deve ser imediatamente submetida a processo de recuperação ambiental.

7. INSPEÇÕES E CONTROLE TECNOLÓGICO

7.1 Controle de Recebimento de Insumos

Todos os insumos destinados à produção de Concreto Asfáltico devem ser avaliados na fase de dosagem quanto ao atendimento integral das especificações da Seção 5 e normas do DNIT. O não atendimento a qualquer requisito implica na rejeição imediata do material. Durante a execução da obra, os insumos devem ser submetidos a controle de rotina no laboratório de campo, conforme a frequência e os ensaios descritos a seguir.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

7.1.1 Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP)

O controle de qualidade do CAP no recebimento em obra deve ser realizado para todo carregamento (caminhão-tanque), compreendendo a execução dos seguintes ensaios:

a) 01 ensaio de Penetração a 25 ºC (DNIT 155 – ME);

b) 01 ensaio de Ponto de Amolecimento – Anel e Bola (DNIT 131 – ME);

c) 01 ensaio de Ponto de Fulgor (DNER – ME 148/94 ou norma substituta);

d) 01 verificação de formação de espuma, mediante aquecimento do ligante a 175 ºC;

e) 01 determinação da viscosidade Brookfield do asfalto-borracha, conforme ABNT NBR 15529, nas condições especificadas para o ligante, para verificação do atendimento à faixa de viscosidade estabelecida

f) Outros ensaios específicos, quando previstos no projeto de pavimentação, respeitando a frequência estabelecida.

Tabela 7 - Controle obrigatório

Propriedade	Ensaio	Critério
Viscosidade Brookfield	ABNT NBR 15529	Conforme faixa especificada
Recuperação elástica	ABNT NBR 15086	≥ conforme especificação do ligante
Envelhecimento (perda de massa e variação reológica)	RTFOT – ABNT NBR 15235	Atender limites normativos
Separação de fase	ASTM D7173 / equivalente	Estabilidade obrigatória

7.1.2 Agregados

O controle de qualidade dos agregados no canteiro de obras deve ser executado através dos seguintes ensaios:

a) 01 ensaio granulométrico para cada fração individual de agregado, com frequência mínima no anexo D (DNIT 412 – ME).

b) 01 ensaio granulométrico do material de enchimento (filler) a cada jornada diária de conforme Anexo D – Plano de Ensaios.

c) 01 ensaio granulométrico da mistura combinada de agregados (coletada na saída do secador ou silos quentes) conforme Anexo D – Plano de Ensaios (DNIT 412 – ME), visando a verificação e a execução de eventuais ajustes para assegurar a conformidade com a curva granulométrica de projeto.

d) 01 determinação do teor de umidade da mistura de agregados a cada dia de produção (DNIT 456 – ME), realizada em amostras coletadas após a secagem.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

e) 01 ensaio de Equivalente de Areia do agregado miúdo com frequência semanal (DNIT 450 – ME).

f) Quando houver utilização de óleo combustível no queimador/secador da usina, deverá ser realizada verificação expedita de possível contaminação da mistura por óleo não queimado, por meio de amostra de massa asfáltica imersa em água limpa, acondicionada em béquer e submetida a banho-maria a 70 ºC por 15 minutos. A presença de película oleosa, manchas iridescentes, odor de óleo, desprendimento anormal do ligante ou separação de material oleoso caracterizará condição não conforme, devendo a produção ser paralisada até correção da causa e liberação pela Fiscalização.

7.2 Controle da Usinagem do Concreto Asfáltico

O controle tecnológico da produção do Concreto Asfáltico deve ser monitorado continuamente por ensaios laboratoriais, executados em estrita conformidade com as metodologias do DNIT e atendendo aos parâmetros estabelecidos nesta Norma. Na constatação de qualquer não conformidade em relação às especificações, as ações corretivas e ajustes pertinentes devem ser implementados imediatamente.

Diante de situações que demandem múltiplas ações corretivas ou ajustes simultâneos, deve-se priorizar a medida mais rigorosa. A interrupção da produção prevalece sobre quaisquer outras ações corretivas. Caso a paralisação necessária não seja efetuada, todo o lote de Concreto Asfáltico produzido a partir da detecção da falha será sumariamente rejeitado. A retomada da produção fica condicionada à efetivação dos ajustes e à comprovação do atendimento a todos os critérios desta Especificação.

Todas as intervenções corretivas no processo produtivo devem fundamentar-se nos resultados dos ensaios laboratoriais e ser adotadas prontamente após a obtenção dos dados. É obrigatório o registro documental de todas as ações corretivas implementadas.

7.2.1 Controle de Temperatura

O monitoramento térmico deve ser realizado em todas as etapas do processo, conforme a seguinte frequência mínima:

a) Nos agregados (antes da entrada no misturador): conforme Anexo D – Plano de Ensaios

b) No CAP (antes da injeção no misturador): conforme Anexo D – Plano de Ensaios

c) No Concreto Asfáltico (massa pronta): conforme Anexo D – Plano de Ensaios

d) No Concreto Asfáltico (aplicação): conforme Anexo D – Plano de Ensaios

Admitem-se pequenas oscilações térmicas durante as etapas de usinagem e compactação, desde que condicionadas à estrita observância das faixas de viscosidade estabelecidas na subseção 5.4.4.

7.2.2 Controle do Teor de CAP

Deverá ser realizada, no mínimo, uma determinação do teor de CAP conforme Anexo D – Plano de Ensaios.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

A amostragem deverá ocorrer obrigatoriamente na primeira hora conforme Anexo D – Plano de Ensaios, com coleta do material logo após a usinagem, respeitando os procedimentos de amostragem, condicionamento e preparação previstos no método de ensaio adotado.

Para correção do resultado de extração, deverá ser coletada amostra representativa da mistura e determinada sua umidade em estufa. O teor de umidade obtido deverá ser descontado do teor encontrado no ensaio de extração, de forma a não considerar a água presente na mistura como parte do teor efetivo de ligante asfáltico. O equipamento de referência para extração e determinação do teor de ligante deverá ser o prioritariamente o Soxhlet.

Para o método de ignição em forno tipo NCAT, deverão ser aplicados os fatores de correção do agregado/mistura, conforme calibração prévia do equipamento, tipo de agregado, traço aprovado e procedimento normativo adotado. O método utilizado deverá estar previsto no Plano de Ensaios e ser mantido de forma padronizada para o controle estatístico do lote.

Para fins de liberação de carga, poderá ser utilizado o Rotarex, desde que:

- esteja calibrado especificamente para o traço de Concreto Asfáltico em produção;
- a calibração seja revalidada no mínimo a cada 1000t de massa produzida, por comparação direta com resultados obtidos por Soxhlet.

A calibração deverá ser executada mediante a realização de no mínimo duas extrações (amostras independentes), gerando a função/fator de correção do Rotarex em relação ao Soxhlet.

A função de calibração deve ser validada com amostras da produção da usina, e o fator de correção resultante deverá ser aplicado aos resultados do Rotarex para a determinação do teor de ligante e para rastreabilidade da liberação do lote.

O teor percentual de CAP na mistura asfáltica deve obedecer rigorosamente aos valores definidos no projeto de dosagem. A variação máxima admissível é de ±0,3% em relação ao teor de projeto, condicionada ao atendimento integral dos parâmetros volumétricos (Vazios, RBV, VAM) estabelecidos nas Tabelas 4 e 5.

7.2.3 Controle Granulométrico da Mistura

Deve ser executado o ensaio de granulometria (DNIT 412 – ME) sobre a fração mineral recuperada das extrações de ligante citadas na subseção 7.2.2. A curva granulométrica resultante deve apresentar continuidade e consistência em relação à curva de projeto, enquadrando-se obrigatoriamente dentro dos limites da Faixa de Trabalho estabelecida conforme a Tabela 3 e subseção 5.2. Durante o processo de calibração da extração (subseção7.2.2), deve-se quantificar e compensar a eventual perda de finos (*filler*) inerente ao método de ensaio.

A extrapolação dos limites da Faixa de Trabalho em qualquer peneira de controle implica na interrupção imediata da produção e na obrigatoriedade de correção da granulometria. Na ocorrência de paralisação por não conformidade granulométrica, a retomada da produção fica condicionada à execução de um processo completo de verificação e aprovação das medidas corretivas implementadas.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

7.2.4 Controle das Características da Mistura Asfáltica

O controle de qualidade das propriedades mecânicas e volumétricas do Concreto Asfáltico deverá ser realizado por meio dos ensaios especificados nesta subseção, conforme as respectivas normas de ensaio e o Plano de Ensaios EPR.

As amostras de controle da produção poderão ser coletadas na caçamba do caminhão, na usina. Para fins de spotcheck e contra prova e avaliação da mistura após os efeitos do transporte, lançamento e envelhecimento de curto prazo (Short-Term Aging), a coleta deverá ser realizada na vibroacabadora, atrás da mesa.

O volume de amostra coletado deve ser suficiente para a realização dos ensaios conforme as normas específicas:

a) 01 ensaio de Densidade Máxima Teórica – *Rice Test* (DNIT 427 – ME), frequência anexo D;
b) 01 determinação do teor de umidade da mistura usinada, frequência anexo D, realizada em estufa a 105 °C até constância de massa;
c) 01 ensaio de Resistência à Tração por Compressão Diametral a 25 °C (DNIT 136 – ME) frequência anexo D, preferencialmente com amostras coletadas nas primeiras horas de trabalho (compactação dos corpos de prova conforme DNIT 178 – PRO);
d) 01 ensaio de Dano por Umidade Induzida – TSR (DNIT 180 – ME), frequência anexo D, preferencialmente realizado no primeiro dia do ciclo.

NOTA 6: Para a utilização de agregados com absorção entre 2,0% e 3,0%, devem ser observados os procedimentos complementares do Anexo A.

7.3 Controle Tecnológico da Execução

O controle de qualidade da camada de Concreto Asfáltico aplicada deve ser exercido através de ensaios e medições in situ, definidos por amostragem aleatória. O tamanho da amostra (número de determinações) e a localização dos pontos de ensaio devem ser estabelecidos em um Plano de Amostragem Variável, elaborado em conformidade com a subseção 7.4 e a norma **DNIT 013 – PRO**.

Devem ser executadas as seguintes determinações:

7.3.1 Monitoramento de Espalhamento e Compactação

Devem ser aferidas as temperaturas da massa asfáltica durante o espalhamento, para cada carga transportada, imediatamente antes do início da compactação. A variação térmica admissível é de ±5 °C em relação à temperatura de compactação definida em projeto. Durante o processo de rolagem, a temperatura da massa deve ser monitorada para garantir a compactabilidade adequada e o atingimento da densidade especificada. Devem ser evitadas temperaturas de compactação inferiores a 145 ºC, salvo disposição em contrário fundamentada em viscosidade.

O Grau de Compactação (GC) da camada executada deve ser calculado pela seguinte expressão:

$$GC = \frac{G_{mbc}}{G_{mbl}} \times 100\% (1)$$

CÓPIA NÃO CONTROLADA

Onde:

- GC: Grau de Compactação, expresso em porcentagem (%);

- G mbc: Densidade relativa aparente (*Bulk Specific Gravity*) da mistura compactada medida em campo (adimensional);
- G_{mbl}: Densidade relativa aparente de laboratório, determinada no projeto de dosagem (adimensional).

  A determinação da densidade relativa aparente *in situ* pode ser realizada através de método não destrutivo, utilizando densímetro elétrico não nuclear (DNIT 431 – ME) devidamente calibrado para o traço específico da obra, ou pelo método destrutivo, mediante a extração de corpos de prova (testemunhos) com sonda rotativa (DNIT 428 – ME / ASTM D5361). A execução dos ensaios ou a extração dos testemunhos está estritamente condicionada ao completo resfriamento da camada compactada.

  A frequência mínima de amostragem é de uma determinação a cada 100 metros lineares de pista, em pontos definidos aleatoriamente. Para fins de aceitação, os valores individuais de Grau de Compactação (GC) devem situar-se no intervalo de 97% a 101%.

  A determinar as prioridades, local das extrações e realização do local dos ensaios devem ser conjuntos EPR Qualidade empresa contratada;

7.3.2 Espessura da Camada

A verificação da espessura da camada compactada deve ser realizada por medição direta em corpos de prova (testemunhos) extraídos da pista, conforme ASTM D5361 (procedimento de extração e avaliação em campo).

A quantidade mínima de furos deverá obedecer ao seguinte critério:

Segmentos com extensão superior a 60 m e até 100 m: executar 3 furos;

Executar 1 furos adicionais a cada 40 m, após os primeiros 100 m.

Admite-se tolerância executiva de ±5% em relação à espessura definida em projeto. A aceitação do lote está condicionada ao controle estatístico.

Os testemunhos extraídos para verificação de espessura podem ser utilizados para a determinação da densidade relativa aparente, conforme Subseção 7.3.1, desde que preservadas as condições de amostragem e integridade do corpo de prova.

Quando aplicável (ex.: restauração com fresagem prévia), a espessura executada poderá ser verificada adicionalmente por meio da diferença entre cotas (antes/depois) obtidas pelo controle da espessura média da fresagem, desde que:

- o método e os pontos de levantamento estejam definidos no plano de controle;
- os levantamentos sejam rastreáveis e compatíveis com o projeto;
- a medição indireta seja usada como complementar, não substituindo a medição direta por testemunhos para aceitação do lote, salvo critério explícito no contrato/especificação.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

Referência: ASTM D5361 (Extração/avaliação de testemunhos em pavimentos asfálticos).

7.3.3 Controle Geométrico (Nivelamento, Alinhamento e Largura)

O controle altimétrico (nivelamento) do eixo e das bordas da pista deve ser executado em seções transversais espaçadas de, no máximo, 20 metros, abrangendo as etapas de pré-espalhamento e pós-compactação. As cotas acabadas não devem apresentar desvios individuais fora do intervalo de -1,0 cm a +2,0 cm em relação ao greide de projeto. Aplica-se o controle estatístico.

O controle planimétrico (alinhamento) do eixo e bordos deve ser verificado durante a locação e nivelamento nas estacas correspondentes. Os desvios horizontais não devem exceder ±5 cm. Aplica-se o controle estatístico.

A largura da plataforma acabada deve ser aferida por medições diretas (trena) a cada 20 metros. Não são admitidas larguras inferiores à projetada. Aplica-se o controle estatístico, rejeitando-se valores abaixo do especificado.

7.3.4 Controle Construtivo por Deflexão

Quando previsto contratualmente ou no projeto de dimensionamento, é mandatório o controle construtivo por deflexão recuperável. As medições devem ser realizadas utilizando Viga Benkelman (DNIT 133 – ME) ou *Falling Weight Deflectometer* - FWD (DNER – PRO 273/96 ou norma substituta).

A frequência de ensaios deve obedecer aos seguintes critérios mínimos:

- **Deflexão Máxima (D_0):** A cada 20 m em faixas alternadas e a cada 40 m na mesma faixa.
- **Bacia Deflectométrica:** A cada 100 m em faixas alternadas e a cada 200 m na mesma faixa.
  Aplica-se o controle estatístico unilateral, limitando-se aos valores máximos admissíveis.

  NOTA 7: A seleção do equipamento de medição (Viga ou FWD) deve seguir a especificação de projeto.
  NOTA 8: Em contratos de conservação/manutenção, a Fiscalização poderá, a seu critério, dispensar este controle caso não esteja previsto no escopo original.

7.3.5 Acabamento Superficial

Para camadas de revestimento (rolamento), o controle de regularidade transversal deve ser realizado a cada 200 metros, utilizando-se régua de 3,00 metros posicionada ortogonalmente ao eixo. A flecha (irregularidade) máxima admissível entre dois pontos de contato quaisquer não deve exceder 0,5 cm. Aplica-se o controle estatístico.

A regularidade longitudinal da superfície de rolamento deve ser aferida mediante o emprego de perfilômetro inercial a laser (conforme **DNIT 442 – PRO**) ou dispositivo equivalente de comprovada precisão, devidamente calibrado.

Para obras de implantação ou pavimentação nova, o Índice de Irregularidade Internacional (*International Roughness Index* - IRI) deve limitar-se a IRI médio ≤ 1,9 m/km e IRI individual ≤

CÓPIA NÃO CONTROLADA

2,3 m/km. Em obras de restauração, admite-se um IRI médio ≤ 1,9 m/km e IRI individual ≤ 2,3 m/km. A determinação do IRI deve ser realizada em segmentos contínuos de 200 metros e/ou em seções específicas indicadas pela Fiscalização.

A constatação de valores de IRI superiores aos limites especificados implica na imediata suspensão dos serviços de pavimentação. A retomada das atividades fica condicionada à execução de medidas corretivas pela empresa executora. Os segmentos submetidos a correção devem ser reavaliados para assegurar a conformidade funcional e a uniformidade em relação aos trechos adjacentes não corrigidos. As intervenções corretivas devem ser concluídas antes da medição final da espessura da camada acabada. Todos os ônus decorrentes das correções recaem exclusivamente sobre a Contratada.

Os monitoramentos de IRI e eventuais correções realizados durante o processo executivo não isentam a obrigatoriedade do levantamento final para o Recebimento Definitivo da obra.

7.3.6 Condições de Segurança e Conforto

Os parâmetros de segurança da superfície de rolamento devem obedecer às definições de projeto, em consonância com as diretrizes e recomendações do Anexo B.

A camada de revestimento acabada deve ser avaliada quanto à aderência pneu-pavimento através dos seguintes ensaios:

a) **Macro textura:** Determinação da Altura da Mancha de Areia (HS), conforme **ABNT NBR 16504**, atendendo aos valores de projeto baseados no Anexo B.

b) **Microtextura:** Valor de Resistência à Derrapagem (VDR) ≥ 55, aferido pelo Pêndulo Britânico (**ABNT NBR 16780**), conforme requisitos do Anexo B.

A frequência mínima para os ensaios de segurança é de uma determinação a cada 300 metros, sujeita ao controle estatístico.

7.3.7 Cálculo do Volume de Vazios de Pista

As pesagens dos corpos de prova compactados deverão ser realizadas conforme a metodologia estabelecida na DNIT 428/22-ME /AASHTO T166, observando os procedimentos aplicáveis para determinação da densidade relativa aparente e da massa específica aparente da mistura asfáltica compactada.

Obs.: Para o cálculo do Volume de Vazios de Pista — Vv, deverá ser utilizada, obrigatoriamente, a Densidade Máxima Teórica da mistura — Rice/Gmm determinada na amostra da mistura asfáltica produzida no mesmo dia de execução da camada avaliada. Não será admitida a utilização da Rice de projeto/dosagem como referência para aceitação do Vv de pista.

Vv (%) = 100 × [(Gmm − Gmb) / Gmm]

Onde:

Gmm = Densidade Máxima Teórica — Rice da mistura asfáltica do dia;
Gmb = Densidade aparente do corpo de prova compactado extraído da pista.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

7.4 Plano de Amostragem – Controle Tecnológico

O dimensionamento amostral e a frequência de ensaios para o controle tecnológico da execução devem ser definidos em um Plano de Amostragem EPR, elaborado pela executora e submetido à aprovação prévia da Fiscalização.

8. CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO

8.1. Critério de Aplicação de Indice de conformidade técnica ICT

Quando a contratada for responsável pela usinagem e aplicação da mistura asfáltica, o critério de ICT será aplicado aos seguintes parâmetros de controle:

- Granulometria;
- Teor de Betume;
- Volume de Vazios de pista (Vv);
- Condição de conforto (IRI);
- Condição de segurança (HS e VDR);
- Condição estrutural (deflexão).

Quando a contratada for responsável somente pela usinagem da mistura asfáltica, o critério de ICT será aplicado aos seguintes parâmetros de controle:

- Granulometria;
- Teor de Betume.

Quando a contratada for responsável somente pela aplicação da mistura asfáltica, o critério de ICT será aplicado aos seguintes parâmetros de controle:

- Volume de Vazios de pista (Vv);
- Condição de conforto (IRI);
- Condição de segurança (HS e VDR);
- Condição estrutural.

O ICT incidirá sobre os serviços necessários e contratados para a execução da camada de Concreto Asfáltico em processo de avaliação para recebimento, considerando os itens de “Usinagem” e “Aplicação”, quando previstos separadamente na planilha contratual, ou o item único “Usinagem e Aplicação”, quando assim estabelecido em contrato.

Fica esclarecido que ICT somente incidirá sobre os itens expressamente vinculados à usinagem e/ou aplicação da mistura asfáltica, não sendo aplicável, de forma isolada, a itens auxiliares ou complementares da planilha de serviços. Nos casos em que serviços auxiliares e complementares estiverem contratualmente incorporados aos itens “Usinagem”, “Aplicação” ou “Usinagem e Aplicação”, o ICT deverá incidir sobre o item completo.

Também será de responsabilidade da contratada responsável pela aplicação da mistura asfáltica a execução da extração de corpos de prova em pista e a coleta de amostras da mistura asfáltica, conforme plano de controle tecnológico, especificação técnica aplicável e orientações da Fiscalização EPR. As amostras deverão ser identificadas, acondicionadas e entregues à Contratante ou ao local por ela indicado.

Os resultados do controle dos parâmetros citados deverão ser analisados por grupo de ensaios, por meio da Análise do Nível de Qualidade, a qual determina a proporção estimada do lote que se encontra fora dos limites estabelecidos nesta Especificação.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

A Análise do Nível de Qualidade constitui procedimento estatístico destinado a estimar a variação dos resultados em relação aos limites de especificação, considerando a média e o desvio padrão da amostra, permitindo definir o risco associado à aceitação do lote para cada parâmetro analisado.

Serão aplicados ICT, quando cabíveis, 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 para aceitação com penalização, abaixo do qual o lote deverá ser rejeitado, salvo decisão técnica formal da Contratante.

Caso os resultados dos ensaios estejam dentro das faixas de aceitação, porém apresentem dispersão estatística, ainda que o tratamento indique possibilidade de aplicação de ICT, este poderá ser desconsiderado a critério da Contratante, desde que não haja comprometimento técnico do desempenho, da durabilidade, da segurança ou da funcionalidade da camada executada.

O procedimento de Análise do Nível de Qualidade deve seguir os seguintes passos, para cada parâmetro analisado e de acordo com a planilha modelo:

a) Determinação da Média Aritmética dos resultados dos ensaios.

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

Onde:
∑= somatória
Xi= valor individual do ensaio n= número total de amostras;
n= número total de amostras;

b) Cálculo do Desvio – padrão

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} \left(Xi - \overline{X}\right)^2}{(n-1)}}$$

c) Cálculo do Índice de Qualidade Inferior

$$Qi = \frac{\overline{X} - LIE}{\sigma}$$

Onde: LIE é o limite inferior da especificação;

d) Determinação do Ps (porcentagem da amostra que corresponde a um dado Qs) na Tabela 8. Note que, se o LSE não é especificado, Ps=100;

e) Determinação do Pi (porcentagem da amostra que corresponde a um dado Qi) na Tabela 8. Note que, se o LIE não é especificado, Pi=100;

f) Determinação do Nível de Qualidade Requerido - NQR= (Ps + Pi) – 100;

g) Usando o NQR, determinar o ICT pela Tabela 9.

Para efeito de pagamento, deverá ser adotado o menor ICT dentre os parâmetros analisados no lote. Para o parâmetro granulometria, o ICT a ser considerado deverá corresponder ao valor médio obtido a partir da análise das peneiras avaliadas.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

TABELA 8.1

DETERMINAÇÃO DO NIVEL DE QUALIDADE PELO METODO DO DESVIO PADRAO															
PS ou PI	Indice de Qualidade Superior Qs e Indice de Qualidade Inferior Qi paran° 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	1,72	1,74	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	1,38	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	1,19	1,20	1,00	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	1,01	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	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,11	0,13	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
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 indicado na tabela.

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 8.2

Nível de Qualidade Requerido para nº de Amostras n														
ICT	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

Obs.: Quando o valor obtido pelo cálculo estatístico estiver em posição intermediária entre dois ICT, deverá ser adotado o valor superior indicado na tabela.

9. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

O serviço será medido por metro cúbico — m³ de Concreto Asfáltico efetivamente aplicado, em conformidade com a seção transversal, largura, espessura e demais dimensões estabelecidas em projeto e aprovadas pela Fiscalização EPR.

As espessuras da camada, para efeito de medição, deverão corresponder às espessuras de projeto, podendo ser confirmadas pela Contratante por meio da extração de corpos de prova em pista, controle geométrico, levantamento topográfico, registros executivos ou outro método tecnicamente aplicável.

O pagamento será realizado pelo preço unitário contratual, aplicado ao volume efetivamente medido e aprovado, multiplicado pelo ICT obtido conforme critério estabelecido no item 8.5 desta Especificação.

O preço unitário contratual deverá remunerar integralmente todas as etapas necessárias à execução do serviço, ajustes executivos e demais recursos necessários à completa execução da camada de Concreto Asfáltico, conforme contrato e especificações aplicáveis.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

10. REVISÕES

Rev.	Descrição	Elaborado por	Revisado por	Aprovado por
00	Emissão inicial do documento (formatação padronizada conforme PP).	Eduardo Ferreira de Mello	Anderson Batista Miranda	Anderson Batista Miranda
01	Adequação técnica e harmonização dos critérios de ensaio, controle e amostragem.	Eduardo Ferreira de Mello	Eduardo Ferreira de Mello Javerson Goulart Filho	Anderson Batista Miranda

CÓPIA NÃO CONTROLADA

ANEXO A – ABSORÇÃO

Absorção dos Agregados

No desenvolvimento de projetos de dosagem e na produção industrial de misturas asfálticas, é imperativo considerar o fenômeno de absorção dos agregados, visto que esta propriedade física exerce influência direta sobre a demanda total de ligante asfáltico. Durante a determinação do traço, o teor de ligante deve ser dimensionado para assegurar simultaneamente a saturação dos poros permeáveis dos agregados e o adequado envolvimento pelicular (revestimento) das partículas, garantindo a impermeabilidade do sistema e a redução dos vazios intercomunicantes após a compactação. Deve-se observar que a fração de ligante absorvida pelos poros capilares não contribui para a coesão da mistura (não atua como ligante efetivo).

Adicionalmente à influência no consumo de ligante, a absorção impacta diretamente o cálculo dos parâmetros volumétricos da mistura, notadamente a Densidade Máxima Teórica (G_{mm}), determinada conforme a norma **DNIT 427 – ME**, a qual considera o volume de ligante absorvido pelo agregado. A precisão na determinação do G_{mm} é função não apenas do grau de absorção intrínseco do agregado, mas também do tempo de condicionamento (cura) da mistura solta anterior à realização do ensaio. A Figura A1 demonstra a correlação entre a absorção dos agregados, o tempo de condicionamento e a variabilidade na determinação do parâmetro G_{mm}.

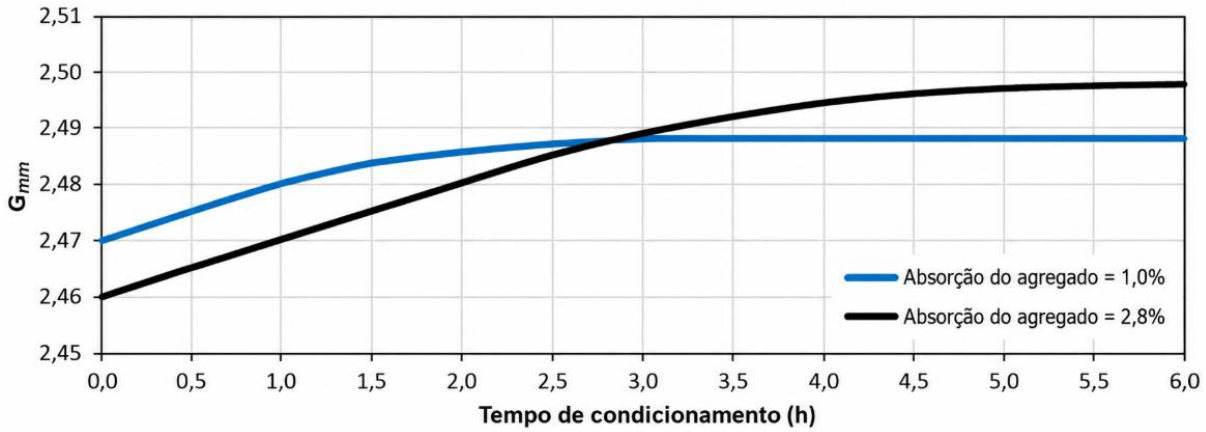


Figura A1 – Influência do tempo de condicionamento e da absorção do agregado na determinação da densidade relativa máxima medida (G_{mm}).
Fonte: Adaptado de Asphalt Institute – MS-2

Os normativos nacionais (DNIT 427 – ME e DNIT 178 – PRO) e internacionais (AASHTO R 30 e AASHTO T 209) preconizam que as amostras de misturas asfálticas sejam submetidas a um período de condicionamento de duas horas à temperatura de compactação, previamente à moldagem de corpos de prova, aplicação em campo ou resfriamento para a determinação da Densidade Máxima Teórica (G_{mm}). Contudo, conforme demonstrado na Figura A1, para agregados que apresentem teor de absorção superior a 2,0%, este tempo de condicionamento padrão pode revelar-se insuficiente.

Neste contexto, a utilização de agregados com absorção situada no intervalo entre 2,0% e 3,0% é admissível, condicionada ao estrito cumprimento dos seguintes requisitos:

a) Para a definição do tempo de condicionamento da mistura destinado aos procedimentos de dosagem e execução de ensaios, deve-se monitorar a variação do G_{mm}, conforme ilustrado

na Figura A1, estendendo-se o período até que o parâmetro apresente tendência de estabilização. O tempo mínimo adotado não poderá ser inferior a duas horas.

b) Na produção industrial do Concreto Asfáltico, o intervalo de tempo entre a usinagem e a efetiva aplicação na pista deve ser compatibilizado com o tempo definido na alínea anterior. Tal medida visa assegurar a absorção efetiva do ligante pelos agregados, prevenindo a ocorrência de exsudação ou espelhamento do ligante na superfície após a compactação.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

ANEXO B (NORMATIVO) – TEXTURA SUPERFICIAL

A aderência na interface pneu-pavimento constitui parâmetro fundamental para a segurança viária, notadamente em situações de frenagem emergencial. O coeficiente de atrito disponível é função direta das características de textura superficial da camada de rolamento, a qual se classifica em duas escalas distintas: microtextura e macrotextura.

Critérios de aceitação para macrotextura (HS) e microtextura (pêndulo britânico).

Pendulo VDR ≥ 55

HS ≥ 0,6 a 1,2

A microtextura está associada à rugosidade superficial intrínseca das partículas de agregado mineral. Esta propriedade é determinante para a aderência em baixas velocidades e essencial para o rompimento do filme d'água no contato direto pneu-pavimento, garantindo a área de contato efetiva.

A macrotextura relaciona-se à geometria das protuberâncias superficiais e aos interstícios gerados pelo arranjo granulométrico dos agregados e pelos vazios da mistura asfáltica. Esta característica é preponderante para a aderência em altas velocidades e para promover a drenagem superficial da água, mitigando o fenômeno de aquaplanagem.

As Tabelas B1 e B2 estabelecem os critérios e limites para a classificação da microtextura e macrotextura, fundamentados, respectivamente, nos resultados dos ensaios de Pêndulo Britânico (ABNT NBR 16780) e Mancha de Areia (ABNT NBR 16504). Os parâmetros para a classificação da macrotextura, originalmente constantes no Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (Publicação IPR – 720), foram atualizados em consonância com as pesquisas de Pasquet (1968) e APS (2006).

Tabela B1 – Classes de Microtextura pelo Método do Pêndulo Britânico

Classes de microtextura	Valor de Resistência à Derrapagem – VDR
1 – Perigosa	VDR < 25
2 – Muito lisa	25 ≤ VDR < 32
3 – Lisa	32 ≤ VDR < 40
4 – Insuficientemente rugosa	40 ≤ VDR < 47
5 – Medianamente rugosa	47 ≤ VDR < 55
6 – Rugosa	55 ≤ VDR < 75
7 – Muito rugosa	VDR ≥ 75

Fonte: Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (Publicação IPR – 720)

CÓPIA NÃO CONTROLADA

Tabela B2 – Classes de macrotextura pelo método da Mancha de Areia

Classes de macrotextura	Altura da Mancha de Areia – HS (mm)	Velocidade diretriz (km/h)
1 – Muito fina	HS < 0,20	Não deve ser utilizado
2 – Fina	0,20 ≤ HS < 0,40	Velocidade < 60
3 – Medianamente fina	0,40 ≤ HS < 0,60	60 ≤ Velocidade < 80
4 – Média	0,60 ≤ HS < 0,80	80 ≤ Velocidade < 100
5 – Medianamente grossa	0,80 ≤ HS < 1,00	100 ≤ Velocidade < 120
6 – Grossa	1,00 ≤ HS < 1,20	Velocidade ≥ 120
7 – Muito grossa	HS ≥ 1,20	Aplicação em casos especiais

Fonte: Adaptado de Pasquet (1968) e APS (2006)

A microtextura é governada pelas propriedades intrínsecas e petrográficas do agregado mineral, ao passo que a macrotextura é função direta da distribuição granulométrica, sendo condicionada pelo Tamanho Nominal Máximo (TNM) e pela proporção volumétrica entre as frações de agregados graúdos e miúdos. Composições asfálticas formuladas com agregados de maiores dimensões e predominância da fração graúda tendem a resultar em superfícies de textura aberta, incrementando a rugosidade e a área efetiva de contato na interface pneu-pavimento. Em contrapartida, misturas constituídas por agregados de menores dimensões e elevado teor de finos produzem superfícies de textura cerrada, caracterizadas por reduzida macrotextura.

A definição da curva granulométrica e a concepção do traço da mistura são etapas determinantes para assegurar os níveis adequados de macrotextura. Consequentemente, este parâmetro deve ser criteriosamente avaliado na fase de projeto de dosagem, mediante a seleção da curva granulométrica apropriada, visando garantir que o revestimento executado proporcione coeficientes de atrito satisfatórios, especialmente sob condição de pista molhada, assegurando a trafegabilidade segura aos usuários.

Facultativamente, as metodologias convencionais de avaliação de textura podem ser substituídas pela determinação da resistência à derrapagem através do Índice Internacional de Atrito (*International Friction Index* - IFI), em conformidade com a norma **ASTM E 1960-07**.

Os limites de classificação, originalmente constantes na Publicação IPR – 720, foram atualizados com fundamento nos estudos de APS (2006), conforme detalhado na Tabela B3.

Tabela B3 – Classes de atrito pelo IFI

Classes de atrito	International Friction Index – IFI
1 – Péssimo	IFI < 0,06
2 – Muito ruim	0,06 ≤ IFI < 0,08
3 – Ruim	0,09 ≤ IFI < 0,12
4 – Regular	0,12 ≤ IFI < 0,15
5 – Bom	0,15 ≤ IFI < 0,22
6 – Muito bom	0,22 ≤ IF I<0 ,35
7 – Ótimo	IFI ≥ 0,35

Fonte: Adaptado de APS (2006)

CÓPIA NÃO CONTROLADA

Ressalta-se, por fim, que as características de textura superficial da camada de rolamento constituem premissas fundamentais na concepção do projeto de pavimentação. A seleção da tipologia da mistura asfáltica deve adequar-se às especificidades da via, objetivando a maximização da segurança viária e a mitigação de riscos de acidentes. Neste contexto, caso as propriedades dos materiais disponíveis inviabilizem a formulação de um Concreto Asfáltico que satisfaça os requisitos mínimos de segurança (aderência), torna-se mandatória a adoção, pela projetista, de tecnologia alternativa de mistura asfáltica para a execução da camada de rolamento.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

ANEXO C – DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS COM DENSÍMETRO NÃO NUCLEAR (USO CONDICIONADO À AUTORIZAÇÃO PRÉVIA DA QUALIDADE EPR).

1. ESCOPO

Este método tem por objetivo determinar a densidade (massa específica aparente) de pavimentos asfálticos em execução ou recém executados por meio de densímetro elétrico, de forma não destrutiva, para apoio ao controle tecnológico e mapeamento de variabilidade da compactação.

2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

DNIT 431/2020-ME – Misturas asfálticas – Densidade in situ usando densímetro não nuclear – Método de ensaio;

ASTM D7113/D7113M – Standard Test Method for Density of Bituminous Paving Mixtures in Place by the Electromagnetic Surface Contact Methods;

AASHTO T 343 – In-Place Density and Moisture Content of Asphalt Mixtures by Using Electronic Surface Contact Devices;

Manual técnico do fabricante do equipamento.

3. TECNOLOGIA DE MEDIÇÃO

O densímetro elétrico utiliza tecnologia de espectroscopia de impedância: posiciona-se o material sob investigação entre eletrodos, aplica-se um estímulo elétrico e mede-se a resposta resultante, correlacionando-a com a massa específica aparente.

4. TERMINOLOGIA

Massa específica aparente: razão entre a massa da amostra e o volume correspondente.

5. SIGNIFICADO E UTILIZAÇÃO

O densímetro elétrico tem por finalidade estimar, de forma não destrutiva, a massa específica aparente da camada asfáltica e apoiar o cálculo da porcentagem de volume de vazios de ar (%Vv) e o direcionamento de ações corretivas pontuais (quando aplicável).

6. APARELHO E REQUISITOS OPERACIONAIS

Equipamento: densímetro Transtech.

Condições ambientais de operação (referência do equipamento): temperatura ambiente -20 °C a 40 °C; umidade relativa 10% a 90%, sem condensação.

7. CONFIGURAÇÃO DO DENSÍMETRO

Antes do uso em campo, configurar: (i) data e hora; (ii) GPS; (iii) unidades de medida; (iv) identificação da obra; (v) parâmetros da mistura asfáltica a ser avaliada; (vi) armazenamento de dados.

Recomenda-se iniciar o levantamento no modo média de 5 pontos, quando disponível no equipamento.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

8. CALIBRAÇÃO DO OFFSET

O método de calibração por corpo de prova extraído (testemunho) é o procedimento mais preciso para calibração.

A calibração do OFFSET deve ser realizada para cada tipo de mistura asfáltica. OFFSET é a diferença entre os valores obtidos pelo densímetro e os valores medidos nos corpos de prova extraídos do mesmo ponto.

As medições para determinação do OFFSET devem ser realizadas com a temperatura do pavimento o mais próxima possível da temperatura em que serão feitas as medições de controle.

Requisitos para a calibração do OFFSET (mínimos):

a) teor de ligante dentro da tolerância admissível ±0,3% do teor ótimo de projeto;

b) granulometria atendendo às tolerâncias admissíveis da faixa de trabalho;

c) massa específica efetiva da mistura de agregados sem variações superiores às tolerâncias de projeto (±0,040 g/cm³);

d) quantidade de corpos de prova para definição do OFFSET: n ≥ 9 amostras, em sequência alternada de posicionamento (bordo direito, eixo e bordo esquerdo) ao longo do trecho avaliado;

Determinar o intervalo de confiança (t-Student) de 99% para o valor médio do OFFSET:

$OFFSET_inf = \bar{x} - t(1-\alpha/2, n-1) \cdot s/\sqrt{n}$

$OFFSET_sup = \bar{x} + t(1-\alpha/2, n-1) \cdot s/\sqrt{n}$

onde:

$\bar{x}$ é a média das diferenças (densímetro − corpo de prova);

s é o desvio padrão amostral; n é o número d

e amostras;

α = (1 − nível de confiança).

Nota: considerar apenas corpos de prova com volume de vazios entre 3% e 7,5% para determinação do OFFSET; amostras fora desse intervalo devem ser excluídas da análise.

A calibração do densímetro (determinação/atualização do OFFSET) deve ser realizada com frequência mínima de **a cada 1.000 t de mistura produzida ou semanalmente (o que ocorrer primeiro)**.

9. LEITURAS EM CAMPO

As leituras com densímetro não nuclear deverão ser realizadas após a compactação da camada asfáltica, em superfície limpa, estável e sem presença de água livre, material solto, segregação visível ou contaminação.

Durante as leituras de campo, deverá ser registrada a temperatura superficial do pavimento no momento da medição, utilizando termômetro infravermelho ou equipamento equivalente calibrado.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

As leituras de controle devem ser realizadas em faixas de temperatura semelhantes às utilizadas na determinação do OFFSET(+-10º), visando reduzir variações na resposta dielétrica do equipamento.

Para cada estação de controle, deverá ser realizada **3 leituras por posição transversal**, contemplando, depois usar a média em cada ponto:

a) 3 leituras trilho interno (validar pela média);
b) 3 leituras eixo da faixa (validar pela média);
c) 3 leituras trilho externo (validar pela média).

Leituras:

Segmentos com extensão até 30 m: executar 1 ensaio;

Segmentos com extensão superior a 30 m e até 60 m: executar 2 ensaios;

Segmentos com extensão superior a 60 m e até 100 m: executar 3 ensaios;

Para segmentos com extensão superior a 100 m: executar 1 ensaio adicionais a cada 40 m, ou fração, após os primeiros 100 m.

As leituras deverão ser registradas com identificação mínima de: rodovia, km/estaca, faixa, posição transversal, data, hora, temperatura do pavimento, tipo de mistura, camada, número do lote, operador e valor corrigido pelo OFFSET vigente.

10. REGISTRO E PREENCHIMENTO DAS PLANILHAS DE CONTROLE

O registro das leituras de densidade, determinação do OFFSET e controle estatístico deverá ser realizado em planilha eletrônica padrão aprovada pela fiscalização/concessionária.

A planilha contempla:

a) identificação da obra, trecho, faixa, camada e lote;
b) identificação da mistura asfáltica avaliada;
c) data, horário e operador responsável pelas leituras;
d) temperatura superficial do pavimento no momento da medição;
e) leituras individuais do densímetro por posição transversal;
f) média das leituras por ponto;
g) valor do OFFSET vigente;
h) densidade corrigida;
i) cálculo estimado do volume de vazios (%Vv);
j) identificação dos corpos de prova extraídos para calibração;
k) resultados laboratoriais dos testemunhos;
l) cálculo estatístico do OFFSET (média, desvio padrão, intervalo de confiança e t-Student);
m) gráficos de tendência e variabilidade das leituras.

As planilhas de OFFSET deverão possuir rastreabilidade entre:

- Leitura do densímetro;
- Posição da pista;
- Testemunho correspondente;
- Resultado laboratorial associado.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

O preenchimento das planilhas deverá ocorrer diariamente, durante a execução dos serviços, sendo vedado preenchimento posterior sem rastreabilidade documental.

Toda atualização de OFFSET deverá gerar revisão automática da planilha de controle, mantendo histórico rastreável das calibrações realizadas.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

ANEXO D – PLANO DE ENSAIOS

SERVIÇO	ETAPA	ESPECIFICAÇÃO / REF. NORMATIVA	INSPEÇÕES E ENSAIOS	ESPECIFICAÇÕES (PARÂMETROS) / CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO EPR	MÉTODO / PROCEDIMENTO	FREQUÊNCIA CONTRATADAS (valores mínimos)	FREQUÊNCIA DE CHECAGEM	Tipo
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	CAP-Mod. - Cimento Asfáltico de Petróleo - Borracha		Penetração (100 g, 5 s, 25°C)	Limites em anexo 03	ABNT NBR 6576	1 ensaio em cada carreta no recebimento (após a agitação do tanque da carreta)	20%	CAP Borracha
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	CAP-Mod. - Cimento Asfáltico de Petróleo - Borracha		Ponto de amolecimento	Limites em anexo 03	ABNT NBR 6560	1 ensaio em cada carreta no recebimento (após a agitação do tanque da carreta)	20%	CAP Borracha
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	CAP-Mod. - Cimento Asfáltico de Petróleo - Borracha		Viscosidade Brookfield a diferentes temperaturas para estabelecimento da curva viscosidade x temperatura - 175°C	Limites em anexo 03	ABNT NBR 15529 ABNT NBR 15184 (quando aplicável)	1 ensaio em cada carreta no recebimento (após a agitação do tanque da carreta)	20%	CAP Borracha
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	CAP-Mod. - Cimento Asfáltico de Petróleo - Borracha		Ensaio de separação de fase	Limites em anexo 03	ABNT NBR 15166	Frequência em anexo 04	20%	CAP Borracha
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	CAP-Mod. - Cimento Asfáltico de Petróleo - Borracha		Ponto de fulgor	Limites em anexo 03	ABNT NBR 11341	1 ensaio em cada carreta no recebimento (após a agitação do tanque da carreta)	20%	CAP Borracha
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	CAP-Mod. - Cimento Asfáltico de Petróleo - Borracha		Recuperação elástica a 25°C, 10 cm	Limites em anexo 03	ABNT NBR 15086	1 ensaio em cada carreta no recebimento (após a agitação do tanque da carreta)	20%	CAP Borracha
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	CAP-Mod. - Cimento Asfáltico de Petróleo - Borracha		RTFOT	N.A.	ASTM D 2872	Conferir no certificado do fornecedor	-	CAP Borracha
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	CAP-Mod. - Cimento Asfáltico de Petróleo - Borracha		Variação em massa	Limites em anexo 03	ABNT NBR 15235	Conferir no certificado do fornecedor	-	CAP Borracha
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	CAP-Mod. - Cimento Asfáltico de Petróleo - Borracha		Porcentagem de recuperação elástica	Limites em anexo 03	ABNT NBR 15086	Conferir no certificado do fornecedor	-	CAP Borracha
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	CAP-Mod. - Cimento Asfáltico de Petróleo - Borracha		Aumento do ponto de amolecimento	Limites em anexo 03	ABNT NBR 6560	Conferir no certificado do fornecedor	-	CAP Borracha
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	CAP-Mod. - Cimento Asfáltico de Petróleo - Borracha		Redução do ponto de amolecimento	Limites em anexo 03	ABNT NBR 6560	Conferir no certificado do fornecedor	-	CAP Borracha

SERVIÇO	ETAPA	ESPECIFICAÇÃO / REF. NORMATIVA	INSPEÇÕES E ENSAIOS	ESPECIFICAÇÕES (PARÂMETROS) / CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO EPR	MÉTODO / PROCEDIMENTO	FREQUÊNCIA CONTRATADAS (valores mínimos)	FREQUÊNCIA DE CHECAGEM	Tipo
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	CAP-Mod. - Cimento Asfáltico de Petróleo - Borracha		Porcentagem de penetração original	Limites em anexo 03	ABNT NBR 6576	Conferir no certificado do fornecedor	-	CAP Borracha
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	Agregado Graúdo		Abrasão Los Angeles	< 40%	ABNT NBR 16974	1 ensaio na elaboração do traço e anualmente, ou se houver variação na natureza da roc	-	Traço
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	Agregado Graúdo		Índice de forma	Índice de forma média ≥ 0,5	DNIT 425/2020-ME	1 ensaio por semana, intercalando com partículas lamelares	-	Pré usinagem
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	Agregado Graúdo		Determinação do índice de lamelaridade	Partículas lamelares inferiores a 15% para faixas granulométricas descontínuas e de 25% para faixas granulométricas contínuas	DAER/RS-EL 108/01	1 ensaio por semana, intercalando com índice de forma	-	Pré usinagem
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	Agregado Graúdo		Durabilidade	< 12% (sódio) ou < 15% (magnésio)	DNIT 446-ME	1 ensaio na elaboração do traço e anualmente, ou se houver variação na natureza da rocha	-	Traço
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	Agregado Graúdo		Absorção de água	≤ 2,0% ou 2,0% a 3,0% (vide anexo)	DNIT 411-ME / DNIT 413-ME	Semanalmente ou identificado variação do agregado	-	Traço
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	Agregado Graúdo		Adesividade ao ligante betuminoso	Satisfatório	DNIT 452-ME	1 ensaio por semana, intercalando com o ensaio DUI	-	Pré usinagem
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	Agregado Graúdo		Massa específica real dos agregados	-	DNIT 413/2021-ME (agregado graúdo) DNIT 411/2021-ME (agregado miúdo)	Semanalmente ou identificado variação do agregado	-	Pré usinagem
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	Agregado Graúdo		Massa específica aparente dos agregados	-	DNIT 413/2021-ME (agregado graúdo) DNIT 411/2021-ME (agregado miúdo)	Semanalmente ou identificado variação do agregado	-	Pré usinagem

SERVIÇO	ETAPA	ESPECIFICAÇÃO / REF. NORMATIVA	INSPEÇÕES E ENSAIOS	ESPECIFICAÇÕES (PARÂMETROS) / CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO EPR	MÉTODO / PROCEDIMENTO	FREQUÊNCIA CONTRATADAS (valores mínimos)	FREQUÊNCIA DE CHECAGEM	Tipo
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	Agregado Graúdo		Granulometria (lavada)	Individual	DNIT 412-ME	1 ensaio por dia, ou a cada novo turno de usinagem	-	Pré usinagem
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	Agregado Graúdo		Umidade de agregados graúdos	Individual	-	1 ensaio por dia, ou a cada novo turno de usinagem - pré-usinagem	-	Pré usinagem
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	Agregado Graúdo		Equivalente de areia de cada fração do agregado miúdo	≥ 55%	DNIT 450-ME	1 ensaio por dia, ou a cada novo turno de usinagem	-	Traço
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	Agregado Miúdo		Durabilidade	< 12% (sódio) ou < 15% (magnésio)	DNIT 446-ME	1 ensaio na elaboração do traço e anualmente, ou se houver variação na natureza da rocha	-	Traço
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	Agregado Miúdo		Granulometria (lavada)	Individual	DNIT 412-ME	1 ensaio por dia, ou a cada novo turno de usinagem	-	Traço
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	Cal CH I		Granulometria	Aceita quando as variações estiverem compreendidas dentro dos limites da faixa definida	DNIT 418-EM	1 determinação por carga	-	Traço
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	Parâmetros da mistura asfáltica coletada na usina		Aplicação de fenolftaleína para verificar a presença de Cal CH-I na mistura	-	Aplicar o produto na mistura betuminosa e avaliar a reação visual indicativa da presença de cal	1 determinação por dia na mistura asfáltica, Laudo: óxido de cálcio (CaO) > 55%	20%	Pós usinagem
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	Produção Mistura Asfáltica - Temperatura		Temperatura do agregado antes do misturador	10°C acima da temperatura do CAP recomendada, AMR na faixa de viscosidade especificada	Termômetro PT100	1 determinações a cada dia por turno de 4h	-	Pós usinagem
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	Produção Mistura Asfáltica - Temperatura		Temperatura da mistura asfáltica no carregamento	De acordo com a curva viscosidade x temperatura (CAP convencional e CAP borracha)	Termômetro bimetálico / eletrônico PT	no mínimo 1 determinação por caminhão	-	Pós usinagem

SERVIÇO	ETAPA	ESPECIFICAÇÃO / REF. NORMATIVA	INSPEÇÕES E ENSAIOS	ESPECIFICAÇÕES (PARÂMETROS) / CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO EPR	MÉTODO / PROCEDIMENTO	FREQUÊNCIA CONTRATADAS (valores mínimos)	FREQUÊNCIA DE CHECAGEM	Tipo
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	Parâmetros da mistura asfáltica coletada na usina		Relação filler / betume	De acordo com cada granulometria: limite 0,8 a 1,5 (indicado na dosagem)	Ver referência / M.A-E-001	Mínimo de 1 ensaio por dia, cada 300t ou 1 por turno de usinagem quando usina ligada mais de uma vez.	-	Pós usinagem
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	Parâmetros da mistura asfáltica coletada na usina		Teor de ligante	De acordo com cada granulometria	Liberação da masas: ROTAREX Ensaio valido: SOXHLET / FORNO NCAT	Mínimo de 1 ensaio por dia, cada 300t ou 1 por turno de usinagem quando usina ligada mais de uma vez.	20%	Pós usinagem
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	Parâmetros da mistura asfáltica coletada na usina		Densidade máxima da mistura pelo ensaio Rice (Gmm)	De acordo com cada granulometria	ASTM D2041 ou AASHTO T209 / DNIT 427/2020	Mínimo de 1 ensaio por dia ou 1 por turno de usinagem quando usina ligada mais de uma vez.	20%	Pós usinagem
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	Parâmetros da mistura asfáltica coletada na usina		Densidade aparente da mistura asfáltica (CP compactado) estabilizado Marshall	De acordo com cada granulometria	DNIT 428/2020 / ASTM D2726	Mínimo de 1 ensaio por dia ou 1 por turno de usinagem quando usina ligada mais de uma vez.	20%	Pós usinagem
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	Parâmetros da mistura asfáltica coletada na usina		Granulometria da mistura da pista (material recuperado)	De acordo com cada granulometria	DNIT 412-ME	Mínimo de 1 ensaio por dia ou 1 por turno de usinagem quando usina ligada mais de uma vez.	20%	Pós usinagem
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	Parâmetros da mistura asfáltica coletada na usina		Ensaio Marshall (Estabilidade / Fluência / RTCD)	De acordo com cada granulometria	Estabilidade e Fluência → DNIT 447/2024-ME; RTCD → DNIT 136/2018-ME	Mín. 6 CPs: 3 CPs de estabilidade/fluência e 3 CPs de RTCD (por turno de usinagem)	20%	Pós usinagem
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	Parâmetros da mistura asfáltica coletada na usina		Volume de vazios Marshall (Vv%)	De acordo com cada granulometria	(DNIT 428) / (DNIT 427)	Mín. 6 CPs: 3 CPs de estabilidade/fluência e 3 CPs de RTCD (por turno de usinagem)	20%	Pós usinagem
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	Parâmetros da mistura asfáltica coletada na usina		VCA - Vazios cheios de asfalto	De acordo com cada granulometria	M.A-E-001	Mín. 6 CPs: 3 CPs de estabilidade/fluência e 3 CPs de RTCD (por turno de usinagem)	-	Pós usinagem
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	Parâmetros da mistura asfáltica coletada na usina		VAM	De acordo com cada granulometria	M.A-E-001	Mín. 6 CPs: 3 CPs de estabilidade/fluência e 3 CPs de RTCD	-	Pós usinagem
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	Parâmetros da mistura asfáltica coletada na usina		DUI Dano por Umidade Induzida	(DUI) RRT ≥ 80%	ABNT NBR 15617 / DNIT 180/2018-ME	1 ensaio por semana, intercalando com o ensaio de adesividade	-	Pós usinagem

SERVIÇO	ETAPA	ESPECIFICAÇÃO / REF. NORMATIVA	INSPEÇÕES E ENSAIOS	ESPECIFICAÇÕES (PARÂMETROS) / CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO EPR	MÉTODO / PROCEDIMENTO	FREQUÊNCIA CONTRATADAS (valores mínimos)	FREQUÊNCIA DE CHECAGEM	Tipo
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	Pintura de Ligação		Pintura de ligação	Sempre que utilizado, o caminhão espargidor deverá ser verificado por segmento	Extração de taxa	1 ensaio a cada 500m para remendo 1 ensaio a cada 1000m para obras novas ou capa.	-	Aplicação
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	Parâmetros da mistura asfáltica coletada na usina		Extração de CPs com sonda rotativa	N.A.	Extração de CPs com sonda rotativa	Segmentos com extensão superior a 60 m e até 100 m: executar 3 furos; Segmentos com extensão superior a 100 m: executar 1 furo adicional a cada 40 m, ou fração, após os primeiros 100 m.	100%	Aplicação
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	Irregularidade		Nivelamento com 2 réguas, uma de 3,00 m e outra de 1,20 m, colocadas respectivamente em ângulo reto e paralelamente ao eixo da pista	A variação da superfície em dois pontos quaisquer de contato deve ser ≤ 0,5 cm	Réguas	Conforme solicitação da fiscalização	-	Aplicação
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	Irregularidade		Irregularidade longitudinal, para camada de rolamento dos pavimentos novos	De acordo com o projeto; se não previsto, considerar IRI médio 1,9 m/km e IRI individual 2,3 m/km	DNIT 442/2023-PRO	A cada 200 m	-	Aplicação
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	ATR		Afundamento em trilha de roda	5,0 mm	DNIT 006/2003-PRO	Pontos localizados, detectados após abertura do tráfego	-	Pós Aplicação
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	Segurança		Microtextura - Pêndulo Britânico	VDR > 55	ASTM E303	A cada 300 m	-	Pós Aplicação
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	Segurança		Macrotextura - Mancha de Areia	0,6 mm < HS < 1,2 mm	ASTM E965/01	A cada 300 m	-	Pós Aplicação
CAMADA DE CONCRETO ASFÁLTICO	Deflectometria		FWD	De acordo com o previsto em projeto	DNER PRO 273	A cada 20 m TRI e TER intercalado.	-	Pós Aplicação