

# CONCRETO ASFÁLTICO USINADO A QUENTE - CA

Especificação Particular

**C D T - CENTRO DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO**

Maio de 2020



**DESIGNAÇÃO - ARTERIS ES – 027 Rev.18**

## Especificação Particular para Execução de

# Concreto Asfáltico Usinado a Quente - CA

Designação ARTERIS ES 027- Rev. 18 (maio/2020)



---

### 1. RESUMO

Esta Especificação particular estabelece a sistemática a ser empregada na fabricação e aplicação de Concreto Asfáltico (CA) para execução de camadas de enchimento (binder), revestimento ou reperfilagem (rolamento) em pavimentos flexíveis nas Rodovias do grupo ARTERIS.

---

### 2. ENSAIOS NECESSÁRIOS

- ABNT-NBR 6560 - Materiais Asfálticos - Determinação do ponto de amolecimento;
- ABNT-NBR 6576 - Materiais Asfálticos – Determinação da Penetração;
- ABNT-NBR 15086 - Determinação da Recuperação Elástica de Materiais Asfálticos Modificados por Polímero;
- ARTERIS T-329 – Recuperação Elástica por torção – Espanhola;
- ABNT-NBR 15184 - Materiais Asfálticos – Determinação da Viscosidade rotacional;
- ARTERIS T-001 - Cal Hidratada – Percentagem de óxido de cálcio (CaO);
- ABNT-NBR 6465 - Agregados – Determinação da Abrasão Los Angeles;
- ARTERIS T-27 - Agregados – Análise Granulométrica de Agregados Finos e Graúdos - AASHTO T-27;
- ARTERIS T-11 - Agregados – Análise Granulométrica de Agregado passante na peneira de 0,075mm (nº200), por lavagem - AASHTO T-11;
- ARTERIS T-84 - Massa específica e absorção de agregado fino -AASHTO T-84;
- ARTERIS T-85 - Massa específica e absorção de agregado graúdo - AASHTO T-85;
- ARTERIS T-330 - Detecção qualitativa de argilas prejudiciais do grupo esmectita em agregados utilizando azul de metileno - AASHTO T-330;
- ABNT-NBR 12052 - Agregados – Equivalente de Areia;

- ARTERIS T-335 - Determinando a Porcentagem de Fratura em Agregado Graúdo - AASHTO T-335-09;
- ARTERIS D-4791 - Partículas Chatas, Alongadas ou Chatas e Alongadas no Agregado Graúdo – ASTM D-4791;
- ARTERIS T-304 - Porcentagem de vazios de agregados finos não compactados - AASHTO T-304;
- ARTERIS T-104 - Agregados – Avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de Sulfato de Sódio e Magnésio - AASHTO T-104;
- ARTERIS ET-30 - Condicionamento de Mistura Asfáltica a Quente (MAQ) - AASHTO R 30;
- ARTERIS T 003 - Resistência a tração por compressão diametral de misturas asfálticas compactadas;
- ARTERIS T-209 - Determinação da Massa Específica Máxima de Misturas Asfálticas - AASHTO T-209;
- ARTERIS T-164 - Determinação da Percentagem de Ligante Asfáltico em Misturas Asfálticas a Quente - AASHTO T-164;
- ARTERIS T-30 - Granulometria com Amostras Utilizadas no Ensaio de Determinação da porcentagem de ligante - AASHTO T-30;
- ARTERIS T-269 - Porcentagem de vazios de misturas densas e abertas compactadas - AASHTO T-269;
- ARTERIS T-166 - Massa específica aparente de misturas asfálticas compactadas, usando amostras saturadas – superfície seca - AASHTO T 166;
- ARTERIS T-275 - Massa específica aparente de misturas asfálticas compactadas, usando amostras impermeabilizadas com parafina - AASHTO T 275;
- ARTERIS T-283 - Resistência de Misturas Asfálticas a Danos de Umidade Induzida - AASHTO T-283;
- DNIT-PRO 277 - Metodologia para controle estatístico de obras e serviços;
- ASTM E965 - Determinação da Rugosidade Superficial pela Altura de Areia.
- ARTERIS T-100 - Determinação da Densidade de Pavimentos Asfálticos com o Densímetro Elétrico

---

### **3. ESPECIFICAÇÕES BÁSICAS**

- DNIT 031-ES - Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico - Especificação de serviço;
- ANP R-19/2005 - Cimentos Asfálticos de Petróleo-Classificação por Penetração;
- ANP R-32/2010 - Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Polímero SBS;
- ANP R-39/2008 - Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Borracha moída de Pneus;
- ABNT-NBR 14594 - Emulsões Asfálticas Catiônicas;
- ARTERIS ET-001 - Especificação Técnica para Projeto de Misturas Asfálticas a Quente
- ARTERIS ET-35 - Projeto Volumétrico Superpave para Misturas Asfálticas a Quente – AASHTO R-35;
- ARTERIS ET-323 - Projeto Volumétrico Superpave de Mistura – AASHTO M-323;
- ARTERIS ME-024 – Determinação das deflexões recuperáveis pela Viga Benkelman;
- ARTERIS EM 200 - Fornecimento de ligantes asfálticos para serviços de pavimentação.

Os documentos relacionados nos itens 2 e 3 serviram de base à elaboração desta norma e contêm disposições que, ao serem citadas no texto, se tornam parte integrante desta norma. As edições apresentadas são as que estavam em vigor na data desta publicação, recomendando-se que sempre sejam consideradas as edições mais recentes, quando da consulta desta norma.

---

### **4. DEFINIÇÃO**

Esta Especificação Particular define os procedimentos a serem empregados na execução de camadas asfálticas de pavimento produzidas em usina apropriada e com a utilização de ligante asfáltico, agregados minerais, material de enchimento (filler) e outros aditivos. Estabelece os requisitos concernentes a material, equipamentos, execução e controle de qualidade dos materiais empregados para aceitação e medição dos serviços. Inclui todas as camadas betuminosas da estrutura do pavimento.

---

### **5. MATERIAL**

#### **5.1. LIGANTE ASFÁLTICO**

O tipo de ligante asfáltico será definido no projeto de pavimento e poderá ser um dos seguintes tipos:

- Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) do tipo 30-45, e deve atender aos parâmetros fixados pela Especificação da ANP R-19/2005.
- Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Polímero SBS (CAP-SBS), e deve atender aos parâmetros fixados pela Especificação ANP 32/2010a.
- Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Borracha moída de Pneus (CAP-BORR), e deve atender aos parâmetros fixados pela Especificação da ANP R-39/2008, onde a Recuperação Elástica deve ser  $\geq 50\%$  para CAP do tipo AB8 e  $\geq 55\%$  para CAP do tipo AB22, quando ensaiado pelo ductilômetro.

Todo carregamento de ligante asfáltico que chegar à obra deve apresentar certificado de análise do fornecedor do produto com os resultados dos ensaios especificados, além de trazer indicação clara da procedência, tipo e quantidade.

Cópia deste certificado deve ser enviada ao CDT (Centro de Desenvolvimento Tecnológico da ARTERIS).

A ARTERIS se reserva o direito de fazer testes aleatórios para conferir a confiabilidade dos resultados enviados. Caso haja distorções que não possam ser justificadas pelo fornecedor, ele será vetado para novos fornecimentos de produtos para as obras em execução pela ARTERIS.

Para o Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP), a temperatura de mistura deve ser aquela que atenda ao intervalo de viscosidade entre (150 a 190 cP). Os agregados devem estar aquecidos, no momento da mistura, 10 a 15°C acima da temperatura do ligante.

Para o Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Polímero SBS (CAP-SBS) e Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Borracha moída de Pneus (CAP-BORR) as temperaturas de mistura e compactação devem ser indicadas pelo fornecedor do produto.

## 5.2. ADITIVOS

É obrigatória a adição de, no mínimo, 1,5% em massa de Cal Hidratada CH-I ou 2,0% de Cimento Portland sobre o peso total de agregados.

Na execução do projeto de mistura asfáltica deve ser realizado o ensaio de Danos por Umidade Induzida (ARTERIS T-283) para verificar a compatibilidade do agregado com o asfalto.

## 5.3. AGREGADOS

Os agregados devem ser provenientes de britagem. Agregados com absorção de água maior que 1,5% requerem cuidados especiais para evitar a saturação dos mesmos, como por exemplo,

mantendo os depósitos de agregados cobertos, para evitar a heterogeneidade da massa em função da variação na absorção e teor de asfalto, provocada pela alternância de presença e ausência de água nos poros dos agregados.

A adição de areia natural na mistura não é permitida.

### 5.3.1 Agregado Graúdo

O agregado graúdo deve apresentar além das Exigências da Tabela 1, as seguintes propriedades:

- Suas partículas individuais, retidas na peneira # 10 (2,00 mm) deverão ser constituídas de fragmentos duros, são, duráveis, livres de torrões de argila e substâncias nocivas.
- Para camadas de rolamento, os agregados graúdos não poderão ser de origem calcária (reagente ao ácido clorídrico) devido à sua susceptibilidade ao polimento pela ação do tráfego. Estes agregados poderão ser utilizados, excepcionalmente, com aprovação da ARTERIS, na falta de opção. Esta exigência se aplica à camada de revestimento.

**Tabela 1 - Exigências de Propriedades para o Agregado Graúdo**

Face Fraturada, Agregado Graúdo, Porcentagem Mínima (ARTERIS TP-61)	Desgaste por Abrasão Los Angeles, Agregado Graúdo, Porcentagem Máxima (ABNT-NBR 6465)	Índice de Forma, Agregado Graúdo, Porcentagem Máxima na Relação 3:1 (ARTERIS D-4791)	Durabilidade ao Sulfato de Sódio, Agregado Graúdo, Porcentagem Máxima (ARTERIS T-104)
95	45	20	12

### 5.3.2 Agregado Miúdo

O Agregado Miúdo deve apresentar além das Exigências da Tabela 2, as seguintes propriedades:

- A Matriz da rocha deve ter as mesmas características do agregado graúdo ou atender aos mesmos parâmetros, caso a origem seja diferente.

**Tabela 2 - Exigências de Propriedades para o Agregado Miúdo**

Teor de Vazios Não Compactado de Agregado Miúdo, Porcentagem Mínima (ARTERIS-T-304 Método A)	Adsorção de Azul de Metileno, Agregado Miúdo, Valor Máximo (ARTERIS-T-330)	Equivalente de Areia, Porcentagem Mínima (ABNT-NBR 12052)	Durabilidade ao Sulfato de Sódio, Agregado Miúdo, Porcentagem Máxima (ARTERIS T-104)
45	8	60	12

#### 5.4. MATERIAL DE ENCHIMENTO (FILLER)

Deve ser usado Cimento Portland ou Cal Hidratada CH-I, com, no mínimo, 50% de óxido de cálcio (CaO) e deve atender a seguinte granulometria (ARTERIS T-27):

**Tabela 3 – Granulometria do material de enchimento**

Peneira	% passante Mínima
#40	100
#80	95
#200	65

A cal hidratada ou o cimento devem ser adicionados aos agregados antes da passagem pelo secador da usina. Caso o silo de cal da usina não esteja disposto desta forma, será necessária a adaptação do silo nesta posição.

A usina deverá ser homologada pela fiscalização da ARTERIS antes do início da produção de massa.

#### 5.5. PARÂMETROS PARA O PROJETO DE DOSAGEM DA MISTURA ASFÁLTICA

O projeto de dosagem da mistura asfáltica será elaborado pela Construtora, sob sua inteira responsabilidade, e o CDT realizará a verificação dos parâmetros apresentados.

Para a elaboração do projeto da mistura deve ser adotada a Especificação Técnica “ARTERIS ET-001 - Especificação Técnica para Projeto de Misturas Asfálticas a Quente”.

A Construtora deve enviar o projeto de mistura e materiais a serem utilizados com antecedência mínima de 30 dias antes do início dos serviços, para sua devida avaliação.

O projeto de mistura deve ser revisado sempre que a Densidade Efetiva dos Agregados variar mais que 0,040g/cm<sup>3</sup> em relação à do traço aprovado, ou anualmente.

A dosagem adequada da mistura deve atender aos parâmetros e aos requisitos granulométricos de uma das faixas apresentadas na tabela 4 e 4a. A faixa granulométrica a ser utilizada será definida no projeto, e não deve exceder os limites mínimo e máximo de espessuras fixados na tabela 4 e 4a.

As misturas devem atender aos limites mínimo e máximo de Vazios do Agregado Mineral (VAM) – relação volumétrica - especificados de acordo com a faixa granulométrica correspondente.

O VAM está especificado como Relação Volumétrica, e o seu cálculo deve ser feito pela seguinte equação:

$$VAM = 100 - \frac{MaxPA}{Mba}$$

*VAM* = vazios no agregado mineral (total de vazios);

*Ma* = Massa específica aparente do CP;

*PA* = Porcentagem de agregado combinado na mistura total;

*Mba* = Massa específica aparente (SSS) do agregado combinado.

E o antigo RBV é calculado da seguinte forma:

$$VCA = 100 \frac{VAM - VV\%}{VAM}$$

VCA = Vazios Cheios de Asfalto (antigo RBV).

Faixa de trabalho é a variação máxima permitida para o traço em uma dada peneira.

Todas as granulometrias devem ser feitas por via úmida, isto é, lavadas. A dosagem adequada da mistura deve atender aos parâmetros e aos requisitos granulométricos de uma das faixas apresentadas na tabela 4 e 4a.

As faixas 7 ACT-FXI e 8 ACT-FXII da tabela 4a, são para uso exclusivo em preenchimento de acostamento.



**TABELA 4 - MISTURAS CONVENCIONAIS**

TIPO DE CAMADA	CONCRETO ASFÁLTICO									
	FAIXA 1 - SPV 9,5		FAIXA 2 - SPV 12,5		FAIXA 9 - SPV 16,0		FAIXA 3 - SPV 19		FAIXA 4 - SPV 25	
FAIXA ESPECIFICADA	MÍNIMA	MÁXIMA	MÍNIMA	MÁXIMA	MÍNIMA	MÁXIMA	MÍNIMA	MÁXIMA	MÍNIMA	MÁXIMA
ESPESSURA DA CAMADA (cm)	2	5	3	6	4	8	5	10	6	13

**PARÂMETROS PARA A MISTURA**

PARÂMETRO	Unidade	MÍNIMO	MÁXIMO	MÍNIMO	MÁXIMO	MÍNIMO	MÁXIMO	MÍNIMO	MÁXIMO	MÍNIMO	MÁXIMO
Vazios no Agregado Mineral	%	15	17	14	16	13	15	13	15	12	14
Porcentagem de Vazios	%	3	5	3	5	3	5	3	5	4	6
Estabilidade Marshall	kgf	700	-	700	-	700	-	700	-	500	-
Fluência Marshall	mm	2,0	4,5	2,0	4,5	2,0	4,5	2,0	4,5	2,0	4,5
Vazios Cheios de Asfalto	%	65	75	65	75	65	75	65	75	60	70
Relação Filler / Ligante	-	0,6	1,6	0,6	1,6	0,6	1,6	0,6	1,6	0,6	1,6
Danos por Umidade Induzida	%	80	-	80	-	80	-	80	-	70	-
Resistência à tração	kgf/cm <sup>2</sup>	10	-	10	-	10	-	10	-	8	-
Variação no Teor de Ligante	%	-0,2%	0,2%	-0,2%	0,2%	-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	MÍNIMA	MÁXIMA	MÍNIMA	MÁXIMA	FAIXA DE TRABALHO
% PASSA													
2"	50,0	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	±7
1 1/2"	38,0	%	-	-	-	-	-	-	-	100	100	100	±7
1"	25,0	%	-	-	-	-	100	100	100	100	100	100	±7
3/4"	19,0	%	-	-	100	100	100	100	90	100	75	90	±7
5/8"	16,0	%	-	-	-	-	90	100	-	-	-	-	±7
1/2"	12,5	%	100	100	90	100	77	90	58	90	60	77	±7
3/8"	9,5	%	90	100	58	90	63	80	44	75	50	67	±7
Nº 4	4,8	%	55	90	38	55	38	48	30	47	28	40	±5
Nº 10	2,0	%	28	43	26	36	25	35	21	33	17	28	±5
Nº 40	0,42	%	11	24	11	21	10	20	9	18	6	16	±5
Nº 80	0,18	%	5	16	5	15	5	14	5	12	3	11	±3
Nº 200	0,075	%	2	10	2	10	2	9	2	8	1	7	±2

TABELA 4-a MISTURAS ESPECIAIS

TIPO DE CAMADA		REPERFILAGEM / PREECHIMENTO DE ACOSTAMENTO									
FAIXA ESPECIFICADA		FAIXA 5 - SPV 38		FAIXA 6 - REPERFILAGEM 9,5		FAIXA 7 - ACT FX I		FAIXA 8 - ACT FX II			
ESPESSURA DA CAMADA (cm)		MÍNIMA 10	MÁXIMA 20	MÍNIMA 2	MÁXIMA 4	MÍNIMA 2	MÁXIMA 5	MÍNIMA 3	MÁXIMA 6		
PARÂMETROS PARA A MISTURA											
PARÂMETRO	Unidade	MÍNIMO	MÁXIMO	MÍNIMO	MÁXIMO	MÍNIMO	MÁXIMO	MÍNIMO	MÁXIMO		
Vazios no Agregado Mineral	%	11	13	15	17	15	17	14	16		
Porcentagem de Vazios	%	4	6	3	5	5	7	5	7		
Estabilidade Marshall	kgf	500	-	700	-	700	-	700	-		
Fluência Marshall	mm	2,0	4,5	2,0	4,5	2,0	4,5	2,0	4,5		
Vazios Cheios de Asfalto	%	60	70	80	90	60	70	60	70		
Relação Filler / Ligante	-	0,6	1,6	1,0	2,0	0,6	1,6	0,6	1,6		
Danos por Umidade Induzida	%	70	-	80	-	80	-	80	-		
Resistência à tração	kgf/cm <sup>2</sup>	8	-	6	-	10	-	10	-		
Variação no Teor de Ligante	%	-0,2%	0,2%	-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	MÍNIMA	MÁXIMA	FAIXA DE TRABALHO
2"	50,0	%	100	100	-	-	-	-	-	-	± 7
1 1/2"	38,0	%	90	100	-	-	-	-	-	-	± 7
1"	25,0	%	72	90	-	-	-	-	-	-	± 7
3/4"	19,0	%	56	78	-	-	-	-	100	100	± 7
5/8"	16,0	%	-	-	-	-	-	-	-	-	± 7
1/2"	12,5	%	38	58	100	100	100	100	90	100	± 7
3/8"	9,5	%	30	47	100	100	90	100	58	90	± 7
Nº 4	4,8	%	20	36	80	100	55	90	38	55	± 5
Nº 10	2,0	%	14	26	50	90	28	43	26	36	± 5
Nº 40	0,42	%	5	13	20	50	11	24	11	21	± 5
Nº 80	0,18	%	2	9	7	28	5	16	5	15	± 3
Nº 200	0,075	%	0	6	5	15	2	10	2	10	± 2

---

## 6. EQUIPAMENTO

Todo equipamento, antes do início da execução da obra, deve ser examinado e aprovado por pessoal qualificado, indicado pela ARTERIS, devendo possuir todos os recursos para atender esta Especificação.

Qualquer equipamento que não seja aprovado deve ser ajustado ou substituído por outro que atenda as condições exigidas. A ARTERIS pode aceitar, provisoriamente, equipamentos que não atendam alguns dos requisitos desta Especificação. A aceitação de equipamento com deficiências será por prazo definido e aprovado pelo Gestor do Contrato.

### 6.1. DEPÓSITO PARA LIGANTE ASFÁLTICO

Os depósitos para o ligante asfáltico devem possuir dispositivos capazes de aquecer o ligante nas temperaturas fixadas nesta Especificação. O aquecimento dos tanques deve ser feito com óleo térmico.

Os depósitos para o ligante asfáltico devem ter agitadores para assegurar a homogeneidade da temperatura nos tanques.

A capacidade dos depósitos deve ser suficiente para, no mínimo, 3 dias de operação.

Demais exigências estão explícitas na especificação “*ARTERIS EM 200 - Fornecimento de ligantes asfálticos para serviços de pavimentação*”.

### 6.2. DEPÓSITO PARA AGREGADOS

O local onde serão depositados os agregados a serem utilizados na confecção da mistura deve estar limpo, coberto, com as pilhas identificadas e bem separadas para evitar mistura ou contaminação dos mesmos. Se for constatada qualquer contaminação em qualquer pilha, esta deve ser imediatamente removida da área de estoque.

Caso haja contaminação das pilhas, os trabalhos na usina devem ser paralisados até que o problema seja sanado.

Caso algum dos agregados se apresente com umidade acima da condição saturada superfície seca (SSS), este deverá ser previamente seco utilizando-se o secador da usina de asfalto, antes de ser depositado no silo frio de agregados da usina de asfalto para a confecção do CAUQ.

### 6.3. USINA PARA MISTURAS ASFÁLTICAS

A usina de asfalto deve ser capaz de preparar uma massa uniforme, sem segregação e na temperatura determinada pelas especificações. Deve estar equipada com os seguintes equipamentos:

#### 6.3.1 Silos de entrada de materiais (FRIO)

Os silos frios devem ser divididos em compartimentos identificados, dispostos de modo a separar e estocar adequadamente as frações apropriadas do agregado. Cada compartimento deve possuir dispositivo adequado de dosagem e descarga, que permita uma dosagem das quantidades de materiais de acordo com o projeto de mistura (traço) aprovado pela ARTERIS.

Deve também ter um silo adequado para a adição de Cal hidratada CH-I ou Cimento Portland, que permita sua incorporação à mistura sem perdas. Este silo deve estar conjugado com o sistema de dosagem automática da usina.

Recomenda-se que o sistema de dosagem dos silos frios deve ser fechado com a velocidade da correia.

A Cal Hidratada CH-I ou Cimento Portland devem ser adicionados aos agregados na correia transportadora, entre o pó de pedra e o pedrisco, junto aos silos frios.

#### 6.3.2 Secador

O secador da usina deve estar equipado com dispositivos para secar e aquecer a mistura de agregados até a temperatura recomendada. A chama do maçarico não pode em hipótese nenhuma entrar em contato com o ligante.

Deve possuir um dispositivo de medição de temperatura, com informações dentro da cabine de comando, de maneira a permitir ao operador da usina monitorar a temperatura da mistura.

Caso esta condição não seja atendida, a usina deve ser paralisada até que a empresa promova os ajustes necessários.

#### 6.3.3 Sistema de recuperação de finos

A usina deve ter um sistema de recuperação de finos adequado que permita a devolução dos mesmos à mistura. Ele pode ser devolvido à mistura antes da classificação e neste caso por intermédio de um silo auxiliar com dispositivo que mantenha alimentação contínua ou depois, sendo neste caso pesado separadamente.

#### 6.3.4 Recirculação de ligante

A usina de asfalto deve ter, opcionalmente, um sistema de recirculação de ligante, passando através de toda a tubulação, até próximo ao ponto de injeção do ligante no misturador e através do medidor de vazão com retorno para o tanque de ligante.

#### 6.3.5 Medidor de vazão para usinas contínuas

A usina contínua deve possuir, opcionalmente, um sistema de malha fechada, conjugado com o sistema de pesagem do agregado, a fim de garantir a dosagem precisa do ligante, durante toda a operação. A distância máxima entre o medidor de vazão e o local de injeção do ligante, não pode ser superior a 3 metros.

#### 6.3.6 Silo de massa quente

A usina de asfalto deve ter, opcionalmente, um silo de massa quente com revestimento térmico para armazenar a mistura, e evitar paralizações da usina durante o processo de produção, assim como a manutenção da temperatura recomendada da mistura até sua descarga nos caminhões basculantes.

Recomenda-se que a capacidade de armazenamento do silo de massa quente deve ser aquela suficiente para armazenar a produção nominal da usina durante 1 hora de trabalho. Para usinas contínuas a capacidade do pré-silo deve ser de no mínimo 2.500 kg.

O silo de massa quente deve estar provido de um dispositivo próximo a comporta de descarga, para evitar a segregação da mistura durante sua descarga nos caminhões basculantes.

A comporta de descarga deve ser acionada por dispositivo de comando que permita controlar o tempo de abertura da mesma, a fim de evitar que a descarga da mistura ocorra intermitentemente e cause a segregação da mistura nos caminhões basculantes.

### 6.4. CAMINHÕES PARA TRANSPORTE DA MISTURA

Os caminhões tipo basculante para o transporte do concreto asfáltico, devem ter caçambas metálicas robustas, limpas e lisas.

Sugere-se que as caçambas possuam um furo ( $\varnothing$  6,3mm), de forma a facilitar e agilizar a verificação da temperatura da massa pelos inspetores da concessionária.

Para evitar que a mistura asfáltica fique aderida na caçamba, pode ser utilizado como lubrificante uma nata de água e Cal hidratada (3x1), de modo a evitar a aderência da mistura ao fundo ou parede do mesmo.

Não é permitida a utilização de produtos susceptíveis a dissolver o ligante asfáltico (óleo diesel, gasolina, óleo vegetal ou qualquer outro solvente, etc.).

#### 6.5. EQUIPAMENTO PARA ESPALHAMENTO

O equipamento para espalhamento e acabamento deve ser constituído de vibroacabadora automotriz, capaz de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, nas cotas e abaulamentos requeridos. Deve ser equipada com rosca sem-fim em toda a largura da mesa incluindo os prolongamentos, para espalhar a mistura sem segregação, possuir dispositivo rápido e eficiente de direção, além de marcha para frente e para trás. Deve ser equipada com sistema de pré-compactação composto por mesa vibratória com vibradores excêntricos, preferencialmente com tamper que permita uma pré-compactação na mistura espalhada e com dispositivo de aquecimento da mesa para evitar que a mistura agarre na mesma e prejudique o acabamento. Deve estar equipada com sistema de controle de nível (espessura) eletrônico nos dois lados da mesa.

A vibroacabadora deverá ter potência suficiente para realizar as atividades de espalhamento da mistura asfáltica (inclusive o deslocamento do caminhão basculante) sem que haja transmissão de esforços que deformem a camada da mistura asfáltica aplicada.

Não será permitida a utilização de vibroacabadoras de pneus.

A mesa não deve deixar marcas longitudinais na massa espalhada, devendo estar bem ajustadas as emendas das extensões.

No início da jornada, a mesa deve estar aquecida, no mínimo, na temperatura definida pela Especificação para temperatura de descarga.

Caso no espalhamento, se constatare pontos segregados, tanto finos como grossos, ondulações transversais e/ou riscos longitudinais, resultados da má operação da vibroacabadora, o serviço deve ser paralisado até a sua correção.

#### 6.6. EQUIPAMENTO PARA COMPRESSÃO

O equipamento para a compressão pode ser constituído de rolos pneumático e tandem liso vibratório. Os rolos pneumáticos, automotrizes, devem ser dotados de dispositivos que permitam a calibragem da pressão dos pneus de 2,5 kgf/cm<sup>2</sup> a 8,4 kgf/cm<sup>2</sup> (35 a 120 psi), e dispositivo para monitorar e manter constante a pressão de ar de todos os pneus (rodoar ou similar). Os pneus devem estar em perfeito estado, ter a mesma altura, e estar alinhados, para não deixarem marcas indesejáveis na pista.

Todos os rolos pneumáticos devem possuir sistema de aspersão de no mínimo um bico de espargimento (chuveirinho) por roda para aplicação do antiaderente, e estar lastrados para atender às Especificações de peso recomendadas pelo fabricante, porém devem pesar, no mínimo, 3 toneladas por roda.

Os rolos tandem vibratórios devem possuir sistema de aspersão em cada cilindro para a aplicação do antiaderente e, devem vibrar, no mínimo, a 2.400 VPM. A adição do antiaderente tem que ser suficiente para manter o cilindro úmido, porém sem escorrimentos.

Os rolos pneumáticos e tandem liso vibratório, devem estar equipados com raspadores adequadamente instalados para realizar a limpeza individual dos pneus e cilindros.

---

## 7. EXECUÇÃO

### 7.1. SUPERFÍCIE A PAVIMENTAR

A superfície a ser pavimentada deve obedecer aos seguintes requisitos:

- Deve estar seca e limpa, sem presença de pó ou materiais soltos.
- Imediatamente antes de pavimentar deve ser feita uma pintura de ligação com emulsão RR-1C, conforme as taxas descritas na tabela 5:

**Tabela 5 – Taxas para pintura de ligação**

Nova camada sobre camadas recém executadas	0,15 a 0,25 l/m <sup>2</sup> (resíduo)
Nova camada sobre camadas antigas, já oxidadas	0,25 a 0,40 l/m <sup>2</sup> (resíduo)

- Caso o caminhão espargidor não tenha condições de espargir esta taxa, a emulsão pode ser recortada com no máximo 50% de água.
- Devem ser coletadas amostras da emulsão no caminhão espargidor e feita uma determinação expedita do resíduo antes da aplicação. A taxa deve ser ajustada em função da porcentagem de resíduo encontrada.
- A pintura de ligação deve ser feita obrigatoriamente com a barra espargidora, para segmentos com extensão superior a 20 metros. A caneta só deve ser usada para pintura dos bordos e correção de pontos falhos ou de difícil acesso.
- Deverá ser realizada uma inspeção visual para constatação da uniformidade da aplicação e a necessidade de possível remoção dos excessos de emulsão acumuladas em pontos baixos e trechos com declividades.

- O espalhamento da mistura asfáltica só será permitido após o rompimento completo da emulsão.

## 7.2. CONFECÇÃO DA MISTURA

A mistura asfáltica deve ser confeccionada em uma usina de asfalto conforme Especificada no Item 6 e obedecer aos seguintes critérios:

- Os agregados, principalmente finos, devem ser homogeneizados com a carregadeira antes de serem colocados nos silos frios,
- As aberturas dos silos frios devem ser ajustadas de acordo com a granulometria do projeto e dos agregados para evitar variações na granulometria da massa fora da faixa de trabalho, no caso de usinas contínuas e sobras nos silos quentes no caso de usinas gravimétricas,
- Estar de acordo com o projeto de mistura aprovado, tanto quanto na granulometria quanto no teor de ligante,
- Obedecer aos parâmetros definidos para a temperatura da mistura,
- A cal hidratada CH I ou cimento Portland deve estar conforme o item 6.3.1.
- Não apresentar deficiências de mistura, apresentando agregados não misturados (Massa carijó),
- Não apresentar variações bruscas de temperatura de mistura, demonstrando falta de controle de alimentação ou secador desregulado.
- O elevador de caneca deverá ter capacidade de transportar o material sem promover segregação da mistura asfáltica.
- A carga dos caminhões deve ser feita de maneira a evitar segregação da mistura dentro da caçamba (1º à frente, 2º a traseira e depois o meio).
- O fechamento da comporta de descarga do silo da usina ou do silo do elevador de massa quente (elevador de canecas), deve ocorrer antes deste esvaziar, evitando a descarga de material diretamente sobre o caminhão. A comporta deve ter um sistema de homogeneização na descarga do silo para evitar a separação do material graúdo do material fino no momento da descarga.
- Não será permitida, em hipótese alguma, a descarga da mistura diretamente do elevador de massa quente para dentro da caçamba dos caminhões basculantes (comporta de descarga aberta).



### 7.3. TRANSPORTE DO CONCRETO ASFÁLTICO

O concreto asfáltico deve ser transportado em caminhões basculantes e atender aos requisitos Especificados no Item 6. Além disto, devem ser observados os seguintes critérios:

- O Caminhão carregado deve estar coberto com lona térmica, com tamanho suficiente para proteger a mistura, sobrepassando a caçamba nas laterais e na traseira. Deve estar bem fixada na dianteira para não permitir a entrada de ar entre a cobertura e a mistura asfáltica.
- A temperatura mínima para descarga de misturas asfálticas usinadas com ligante convencional é de 135°C, para ligantes modificados com polímeros de no mínimo 150°C.
- A troca de caminhões deve ser rápida, de maneira a evitar paralisação da Acabadora.

### 7.4. DISTRIBUIÇÃO DA MISTURA

A distribuição da mistura deve ser feita em vibroacabadoras automotrizes e atender à Especificação do Item 6.

Além disto, deve apresentar os seguintes requisitos:

- A temperatura ambiente deve estar acima de 10° C.
- A superfície a ser pavimentada deve estar seca, não será permitido a aplicação em dias chuvosos.
- A mesa deve estar aquecida, no mínimo, na temperatura da massa a ser aplicada.
- Na partida da acabadora, devem ser colocadas 4 réguas sob a mesa com a espessura do empolamento previsto, onde a mesa deve ser apoiada.
- A mistura deve apresentar uma textura uniforme, sem pontos segregados, não será permitido salgamento para correção dessas irregularidades. Qualquer falha constatada na superfície deve ser sanada antes do início da compactação, devendo essas serem consideradas como exceção. Caso a correção seja frequente, a vibroacabadora deve ser ajustada ou substituída por outra.
- A mesa da vibroacabadora deve ter uma superfície lisa, sem riscos que deixem marcas de arraste de material. Caso se constate este arraste, os serviços devem ser paralisados e o defeito sanado imediatamente.
- A mesa da vibroacabadora deve estar equipada com as extensões necessárias para o espalhamento da mistura asfáltica sem o auxílio manual. Deverão ser colocadas extensões na rosca sem-fim da vibroacabadora para acompanhar a largura da mesa.

- Na descarga, o caminhão deve ser empurrado pela vibroacabadora, não se permitindo choques ou travamento dos pneus durante a operação.
- Não será permitido que seja basculado o silo da vibroacabadora durante a troca de caminhões, visando a redução da probabilidade de ocorrência de segregações.
- A espessura da camada compactada será de acordo com o projeto de mistura aprovado, observado o disposto no item 5.5, tabela 4. A espessura da camada compactada deve ser maior que 2,5 vezes e menor que 5 vezes o diâmetro nominal máximo do agregado.
- Não será permitida a distribuição da mistura em camada com espessura compactada inferior a indicada na tabela 4a.
- Caso se constate que a espessura da camada compactada seja inferior à indicada na tabela 4a, a mistura deverá ser removida da pista utilizando-se de uma máquina fresadora até a obtenção da espessura indicada na tabela 4a, e nova mistura deverá ser colocada com a espessura recomendada.
- A velocidade da acabadora deve ser definida em função da capacidade de produção da usina, de maneira que a acabadora esteja continuamente em movimento, sem paralisações para esperar caminhões. A velocidade da acabadora deve estar sempre entre 2,5 e 10,0 m/minuto. A velocidade de trabalho deve ser determinada em função da espessura e largura a espalhar e produção da usina acrescida de 20%, para evitar paralisações prolongadas, acima de 10 minutos.
- A acabadora deve trabalhar com sistema eletrônico de nível, com esqui de comprimento mínimo de 6,00 m.
- Se a acabadora parar mais de 15 minutos, deve ser removida da pista, e dar um novo início na chegada do caminhão.

#### 7.5. COMPRESSÃO DA MISTURA

Esquemas alternativos de rolagem poderão ser adotados, desde que previamente aprovados pela ARTERIS.

Prioritariamente deve ser adotado o descrito abaixo:

- A compressão da mistura deve ser iniciada imediatamente após o espalhamento (menos de 1 minuto) e o equipamento deve atender à Especificação do Item 6.
- A metodologia de rolagem deve ser definida através de uma pista experimental, adotando-se o processo que apresentar melhor custo x benefício.

- Em cada frente de pavimentação com extensão igual ou superior a 200 m, deverão ser utilizados no mínimo 2 rolos compactadores de pneus de no mínimo 3 toneladas por pneu e um rolo compactador tandem liso de no mínimo 12 toneladas.
- A pressão de enchimento dos pneus deve ser igual a 110 psi durante todo o procedimento de rolagem.
- A compressão deve ser iniciada pelos bordos, longitudinalmente, continuando em direção ao eixo da pista.
- Nas curvas, de acordo com a superelevação, a compressão deve começar sempre do ponto mais baixo para o mais alto.
- Cada passada do rolo deve ser recoberta pelo menos 30 cm, pela passada seguinte.
- Durante a rolagem não serão permitidas mudanças de direção ou inversões bruscas de marcha, nem estacionamento do equipamento sobre o revestimento recém rolado, ainda quente.
- As rodas do rolo de pneus podem ser ligeiramente umedecidas com solução de detergente neutro (20%) e água (80%) para misturas com ligante convencional e solução de detergente neutro (30%) e água (70%) para misturas com ligante modificado, a fim de evitar a aderência. A utilização de outra solução deve ser aprovada previamente pela fiscalização da Arteris.
- Se for utilizada água no rolo tandem, ela deve estar pulverizada, não se permitindo o escorrimento da mesma por gravidade pelo tambor e empoçamento na superfície da camada.
- A mistura compactada na pista, em camadas de concreto asfáltico usinado a quente, deve apresentar volume de vazios (ARTERIS T-269) máximo de 7% e mínimo de 3% em relação à Massa Específica Máxima da Mistura (ARTERIS T-209). No caso da obtenção de um volume de vazios entre 7% e 10%, será aplicado um desconto de 30% na medição e a CONTRATADA deverá realizar a aplicação de microrrevestimento asfáltico na superfície da camada, visando sua impermeabilização, bem como a aplicação de todos os elementos de sinalização horizontal (pintura retrorrefletiva e tachas). Caso o microrrevestimento não seja aplicado em até 30 dias corridos após a constatação da deficiência na compactação da camada, será descontado, além dos 30% referente ao valor da medição, o valor equivalente à aplicação do microrrevestimento e dos elementos de sinalização horizontal. Se esta condição não for aceita o segmento deverá ser refeito sem ônus para a ARTERIS.

- Os critérios de avaliação e aceitação da compactação estão discriminados no item 9.4.a
- A abertura ao trânsito de veículos só é permitida após o completo resfriamento da camada espalhada, ou seja, quando a temperatura da mistura asfáltica atingir a temperatura ambiente.

---

## **8. MANEJO AMBIENTAL**

O manejo ambiental deve seguir na íntegra o disposto no item 6 da especificação DNIT 031-ES – Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico - Especificação de serviço.

---

## **9. CONTROLE DE QUALIDADE DO MATERIAL**

O controle de qualidade da obra é de total responsabilidade da Construtora Contratada para execução dos serviços.

Todos os materiais a serem empregados na obra devem ser testados em laboratório obedecendo à metodologia indicada no item 2.

A quantidade de ensaios, no início dos serviços, deve ser determinada pelo REPRESENTANTE DA ARTERIS e será reduzida à frequência mínima depois de constatada a homogeneidade na execução dos serviços.

Esta quantidade mínima também deve ser aumentada sempre que se constate variações abruptas nos resultados dos ensaios ou visualmente na aparência da mistura, indicando uma falta de controle na execução dos serviços.

Os materiais devem satisfazer às Especificações em vigor e frequência mínima indicada a seguir.

Todos os ensaios de contraprova, devem ser realizados no CDT com a presença do representante da contratada, o procedimento de ensaio está descrito no termo de referência.

### **9.1. LIGANTE ASFÁLTICO**

O controle de qualidade do ligante asfáltico constará do seguinte:

A contratada deve realizar os ensaios abaixo em todos os carregamentos de ligante asfáltico recebidos na obra. Ficando também sobre responsabilidade da contratada, a coleta de uma amostra de ¼ de galão (aproximadamente 900 ml), para envio a concessionária, devidamente identificada com o laudo o fabricante.

- a) 1 Ensaio de Viscosidade Saybolt-Furol (ABNT-NBR 14950) a 135°C para todo carregamento que chegar à obra.

- b) 1 Ensaio Recuperação Elástica de Materiais Asfálticos Modificados por Polímero, conforme ABNT 15086 (ensaio ductilômetro), para todo carregamento de Asfalto Modificado que chegar à obra.
- c) 1 Ensaio de Espuma para todo carregamento que chegar à obra,
- d) 1 Ensaio de Ponto de Amolecimento (ABNT – NBR 6560) para todo carregamento que chegar à obra.
- e) 1 Ensaio de Penetração (ABNT- NBR 6576) para todo carregamento que chegar à obra.
- f) Executar os ensaios a cada 20 carregamentos para fazer a Relação Viscosidade x Temperatura para estabelecimento das temperaturas de mistura e compactação com os resultados obtidos no item 9.1.a. Para o Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP), a faixa de temperatura para mistura é definida como a faixa de temperatura onde o ligante não envelhecido tem uma Viscosidade Saybolt Furol de  $85\pm 10$  segundos ( $170\pm 20$  cP). A faixa de temperatura para compactação é definida como a faixa de temperatura onde o ligante não envelhecido tem uma Viscosidade Saybolt Furol de  $140\pm 15$  segundos ( $280\pm 30$  cP). Para o Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Polímero SBS (CAP-SBS) e Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Borracha moída de Pneus (CAP-BORR) as temperaturas de mistura e compactação devem ser indicadas pelo fornecedor do produto.

Se, nos ensaios acima realizados, de aceitação do carregamento, houver algum valor que não atenda às especificações da obra, o material está recusado e não pode ser descarregado.

Demais exigências estão explícitas na especificação “ARTERIS EM 200 - Fornecimento de ligantes asfálticos para serviços de pavimentação”.

Deve ser guardado um testemunho de cada carreta para dirimir quaisquer dúvidas a respeito da qualidade do produto.

## 9.2. AGREGADOS

Os ensaios de controle de qualidade dos agregados devem ser os seguintes:

- a) Na aprovação do traço ou quando se perceber alteração da matriz do agregado na pedreira deverão ser feitos todos os ensaios previstos no item 5.3,
- b) 1 Ensaio de Granulometria de cada agregado (ARTERIS T-27) (coletado dos silos frios) por dia de trabalho.
- c) 2 Ensaios de Granulometria da mistura seca (ARTERIS T-27) (coletada do silo quente) por dia de trabalho.

d) Diariamente deve ser feito o ajuste da granulometria à curva do projeto aprovado.

### 9.3. MISTURAS ASFÁLTICAS

a) 2 Ensaio (mínimo) de teor de asfalto pelo método combustão (ARTERIS T-308 – Método B) a cada jornada de 8 horas.

Nota: Para garantia de resultados precisos, deverá ser determinado o fator de correção para as misturas asfálticas a cada 4 meses, de acordo com o procedimento ARTERIS T-308.

b) 3 granulometrias (ARTERIS T-30) com agregados resultantes do ensaio de teor de asfalto a cada jornada de 8 horas.

c) 1 Ensaio de Massa específica aparente de misturas asfálticas compactadas, usando amostras saturadas – superfície seca (ARTERIS T-166).

d) 1 Ensaio de danos por Umidade Induzida (ARTERIS T-283) por semana – Se a amostra ensaiada não for aprovada, os corpos de prova extraídos na pista no período, conforme 9.4.a, deverão ser testados por este método de ensaio.

e) 2 Ensaio de Massa Específica Máxima da Mistura (ARTERIS T-209) a cada jornada de 8 horas.

### 9.4. PISTA

a) Deverá ser realizada, de maneira aleatória, a coleta de amostras de mistura asfáltica de acordo com quantitativo disposto na tabela abaixo:

**Tabela 6 – Quantitativo de amostras para coleta**

<b>Solução</b>	<b>Espessura</b>	<b>Frequência</b>
Fresagem	Até 5 centímetros	1 amostra a cada 3 caminhões
	Acima de 5 centímetros	1 amostra a cada 4 caminhões
Reciclagem	Independente	1 amostra a cada 4 caminhões
Reconstrução	Independente	1 amostra a cada 4 caminhões

As amostras da mistura asfáltica deverão ser coletadas de acordo com o procedimento ARTERIS ET-005. Deverá ser elaborado pela CONTRATANTE um mapa de aplicação das misturas asfálticas, de modo a identificar o local de aplicação de cada caminhão, permitindo assim a avaliação dos serviços por lote (a cada 3 ou 4 caminhões, de acordo com a tabela 6). No caso de

resultados não conformes, o pano referente ao lote avaliado será reprovado e deverá ser refeito para evitar desconto na medição.

A seguir tem-se um exemplo de uma produção diária de 600 metros de fresagem funcional, com espessura de fresagem acima de 5 centímetros. De acordo com o mapeamento realizado, nota-se que foram coletadas amostras no segundo, no quinto e no décimo primeiro caminhões. No caso da identificação de uma não conformidade apenas na amostra coletada no quinto caminhão, o segundo lote seria reprovado, e os lotes 1 e 3 seriam aprovados pela qualidade.

	Fresagem de 5cm				Fresagem de 5cm				Fresagem de 5cm			
	0			200m				400m				600m
Caminhão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lote	1				2				3			
Amostra	1				2				3			
Condição	Aprovado				Reprovado				Aprovado			

Ressalta-se que neste caso não haverá direito à contraprova, em função da maior quantidade de amostras a serem ensaiadas.

b) Devem ser realizados ensaios de Densidade (ARTERIS T-166 ou T-275) de corpos de prova extraídos via sonda rotativa ou através da utilização de densímetro elétrico, de acordo com o procedimento descrito na especificação ARTERIS T-100. No caso das extrações de corpos de prova, elas deverão ser, obrigatoriamente, acompanhadas pelo fiscal indicado pela ARTERIS. Estes corpos de prova deverão ser enviados, pelo fiscal, imediatamente ao Laboratório de Controle indicado pela Concessionária. Os corpos de prova devem ser transportados em caixas contendo pó de serragem.

Nota: Todas as amostras coletadas deverão ser entregues no laboratório em até 48 horas, e o laboratório se responsabilizará por entregar os resultados em no máximo 7 dias. Caso o tempo entre a execução da obra e a entrega das amostras no laboratório seja superior a 48 horas, o prazo para o laboratório entregar os resultados das análises será de 7 dias somados a quantidade de dias em atraso.

c) Os furos de onde forem extraídos os corpos de prova utilizando a sonda rotativa, devem ser bem lavados e secos, e a seguir toda a área do furo deverá ser pintada com emulsão asfáltica tipo RR-1C para promover a ligação do concreto asfáltico existente com o concreto asfáltico que será utilizado para fechar o buraco.

d) Os buracos deverão ser tapados, após a ruptura da emulsão, aplicando-se camadas sucessivas de aproximadamente 5 cm de espessura do mesmo concreto asfáltico colocado no local de extração com temperatura maior ou igual a 150 graus Celsius, compactadas com 150 golpes do soquete cilíndrico para asfalto Marshall.

e) A construtora pode a seu critério, extrair corpos de prova em duplicata para seu controle. A frequência dos Ensaios de Densidade será sempre aumentada no início dos serviços ou quando houver falhas e/ou variação nos ensaios anteriores, a critério do REPRESENTANTE DA ARTERIS. Este ensaio será feito com o objetivo de se determinar o Volume de Vazios da Mistura Compactada (ARTERIS T-269), conforme descrito no item 7.5. A comparação será feita com os resultados de Massa Específica Máxima (ARTERIS T-209) do dia da aplicação da massa (item 9.3.f).

O lote de corpos de prova extraídos da camada de revestimento asfáltico deve ser definido em função de um dos seguintes parâmetros: Produção diária por usina utilizada e segmento executado para cada tipo de mistura asfáltica aplicada.

O cálculo dos valores máximo e mínimo de vazios e espessura será conforme descrito abaixo:

Tipo de Análise (Determinística até 3 corpos de prova):

O segmento será aceito se todos os corpos de prova se apresentarem dentro dos limites de volume de vazios ( $3\% \leq X_i \leq 7\%$ ). Se houver qualquer corpo de prova com volume de vazios entre 7% e 10%, será aplicado um desconto de 30% no valor da medição, e a CONTRATADA deverá realizar a aplicação de microrrevestimento asfáltico na superfície da camada, visando sua impermeabilização, bem como a aplicação de todos os elementos de sinalização horizontal (pintura retrorrefletiva e tachas). Caso o microrrevestimento não seja aplicado em até 30 dias corridos após a constatação da deficiência na compactação da camada, será descontado, além dos 30% referente ao valor da medição, o valor equivalente à aplicação do microrrevestimento e dos elementos de sinalização horizontal. Se esta condição não for aceita o segmento deverá ser refeito sem ônus para a ARTERIS.



Tipo de Análise (Estatística acima de 5 corpos de prova):

O segmento será aceito se “X min”  $\geq 3\%$  e “X max”  $\leq 7\%$ . Se “X max” for um valor entre 7% e 10%, será aplicado um desconto de 30% na medição e a CONTRATADA deverá realizar a aplicação de microrrevestimento asfáltico na superfície da camada, visando sua impermeabilização, bem como a aplicação de todos os elementos de sinalização horizontal (pintura retrorrefletiva e tachas). Caso o microrrevestimento não seja aplicado em até 30 dias corridos após a constatação da deficiência na compactação da camada, será descontado, além dos 30% referente ao valor da medição, o valor equivalente à aplicação do microrrevestimento e dos elementos de sinalização horizontal. Se esta condição não for aceita o segmento deverá ser refeito sem ônus para a ARTERIS.

f) O controle de espessura será feito pela medição dos corpos de prova extraídos na pista (ou pelo nivelamento do eixo e dos bordos, antes e depois do espalhamento e compressão da mistura). Admitir-se-á variação de -10% da espessura de projeto para pontos isolados, e até -5% de redução de espessura na média geral. A espessura de comparação deve ser a de projeto (95% do valor) com a mínima (média menos desvio padrão) encontrada nos corpos retirados da pista.

O cálculo do valor mínimo de espessura será conforme descrito abaixo:

$$X \text{ min} = \bar{X} - Kd, \quad \bar{X} = \frac{\sum Xi}{n}, \quad d = \sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{n-1}} \quad \text{e K é dado em função do número}$$

“N” de amostras, pela Tabela 7:

Critério de aceitação

O segmento será aceito se:  $X \text{ min} \geq 0,95P$

Onde:

P = Espessura de projeto

Se esta condição não for aceita o segmento deverá ser refeito sem ônus para a ARTERIS.

Tabela 7 - Amostragem Variável

Número N de amostras																		
N	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	>21
K	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,19	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,05	1,04	1,02	1,01	1,00

k = coeficiente multiplicador

- g) O controle de deflexões deve ser executado pela contratada e acompanhado pelo representante da ARTERIS. A sua frequência, se não definida no projeto, deve ser de 20 m de faixa, no máximo. Para a medida de deflexão deve ser seguido o método ARTERIS ME 024/94;
- h) O controle de acabamento da superfície do revestimento deve ser feito com auxílio de duas réguas, uma de 4,00m e outra de 0,90m colocadas em ângulo reto e paralelamente ao eixo da pista, respectivamente. A variação da superfície, entre dois pontos quaisquer de contato, não deve exceder a 0,5 cm, quando verificada com qualquer das réguas. Este ensaio deve ser realizado imediatamente após a compactação e antes da abertura da pista ao tráfego. Todas as áreas que não atenderem a estes parâmetros devem ser corrigidas pela Empresa Contratada.
- i) A verificação das condições de segurança da macrotextura do revestimento deve ser feita através do ensaio de mancha de areia (ASTM-E965). O ensaio não deve ser realizado imediatamente após a conclusão dos serviços, devendo ser realizado no mínimo 1 dia após a liberação da pista ao tráfego. Devem ser realizadas leituras a cada 25 metros de faixa, sempre alternando entre as trilhas de roda interna e externa (esquerda e direita), e considera-se a média de todas as determinações realizadas. A espessura de areia no ensaio de mancha de areia deve estar entre 0,6 a 1,2 mm de altura;
- j) Para a verificação da capacidade de atrito do revestimento, devem ser feitos ensaios de resistência à derrapagem. O valor do GN (Grip Number) deverá ser igual ou superior a 0,42, atribuídos para segmentos de 100 metros de faixa de rolamento, e o valor de VRD (Pêndulo Britânico) deverá ser de no mínimo 47 e no máximo 75. Os segmentos que apresentarem valores abaixo do limite fixado nesta especificação devem ser corrigidos imediatamente.
- k) Avaliação de superfície, expressa pela irregularidade longitudinal, medida por meio de perfilômetro a laser, obtendo-se o parâmetro QI - (contagens/km), ao longo do trecho recuperado, que deve atender aos seguintes requisitos no cálculo estatístico:

Condição construtiva (Fresagem e Recomposição, Recuperação de Base Sub-Base ou Subleito):

○ As medidas de IRI devem ser inferiores ou iguais a 1,9 m/km. Caso o trecho executado apresente IRI entre 1,9 m/km e 2,1 m/km, será realizado um desconto de 30% na medição, ou retenção total dos valores até o refazimento dos serviços. Caso o trecho medido não atenda estes limites, a Empresa Construtora deve corrigir os pontos irregulares e, então, uma nova medição deve ser executada, a custo da mesma, por uma empresa idônea, indicada pelo contratante.

Condição construtiva (Construção e reforço do pavimento):

○ As medidas de IRI devem ser inferiores ou iguais a 1,6m/km. Caso o trecho medido não atenda estes limites, a Empresa Construtora deve corrigir os pontos irregulares e, então, uma nova medição deve ser executada, a custo da mesma, por uma empresa idônea, indicada pelo contratante.

A medição da área executada só será feita depois de verificado o atendimento aos parâmetros acima especificados.

**A Tabela 8 e 9 apresentam o resumo de frequência de ensaios a ser realizado para o controle de qualidade em pista e o resumo geral do controle de qualidade respectivamente.**

Tabela 8 – Resumo de frequência de ensaios a ser realizado para o controle de qualidade de pista

Frequência ( Segmento)	Amostragem		Parâmetros de Análise				Tipo de Análise	Critérios de Aceitação
	Número de CP's para Ensaios	Número de CP's para Contra Prova*	IRI - Perfilômetro		Volume de Vazios (%)	Teor de Ligante (%)		
Construção			Fresagem e Recomposição, Recuperação de Base, Sub-base, e/ou Subleito	-			-	De acordo com o Item 9.4-e
≤ 20 metros	1	1	-		-			
20 < X ≤ 50 metros	2	2	-	-				
50 < X ≤ 100 metros	3	3	≤ 1,6 m/km	≤ 1,9 m/km (de acordo com o Item 9.4-k)				
≥ 100 metros	Mínimo 5 CP's	Mínimo 5 CP's						
	Mais 1 CP a cada 100 metros adicionais	Mais 1 CP a cada 100 metros adicionais					Estadística	

*Nota: se for utilizado o densímetro para liberação dos serviços, deverá ser consultado o método de ensaio ARTERIS ME-100, onde se encontra determinada a quantidade da amostragem e os procedimentos.*

Tabela 9 – Resumo de frequência de ensaios a ser realizado para controle de qualidade geral

ENSAIO		FREQUÊNCIA ESPECIFICAÇÃO	ACEITAÇÃO	OBSERVAÇÕES/MÉTODO DE ENSAIO
	<b>DOSAGEM DA MISTURA ASFÁLTICA</b>	30 dias antes início trabalhos ou material mudar	Conforme Especificação ARTERIS ES- 027	ARTERIS ET-001
<b>AGREGADOS</b>	<b>DURABILIDADE, SULFATO DE SÓDIO</b>	Na dosagem ou material mudar	Agr. Graúdo < 12% Agr. Miúdo < 15%	ARTERIS T-104
	<b>ABRASÃO LOS ANGELES</b>	Na dosagem ou material mudar	≤ 45%	ABNT NM 51:2000
	<b>ÍNDICE DE FORMA</b>	Na dosagem ou material mudar	Máximo 20% na Relação 1: 3	ARTERIS D- 4791
	<b>EQUIVALENTE DE AREIA DA MISTURA SÊCA</b>	1 ensaio por semana	≥ 60%	ABNT NBR-12052
	<b>GRANULOMETRIA AGREGADOS (BRITAGEM)</b>	1 ensaio por dia	Dentro dos limites estabelecidos	ARTERIS T-27
	<b>MASSA ESPECÍF. E ABSORÇÃO DE AGREG. FINOS</b>	Na dosagem ou material mudar	Projeto	ARTERIS T-84
	<b>MASSA ESPECÍF. E ABSORÇÃO DE AGREG. GRAUDOS</b>	Na dosagem ou material mudar	Projeto	ARTERIS T-85
	<b>AZUL DE METILENO</b>	Na dosagem ou material mudar	< 8 mg/g	ARTERIS TP-330

<b>ASFALTO</b>	<b>VISCOSIDADE 135°C</b>	Em toda carreta (CAP 30-45)	≥ 374	ABNT NBR-15184	
	<b>VISCOSIDADE 150°C</b>	Em toda carreta (CAP 30-45)	≥ 203	ABNT NBR-15184	
	<b>VISCOSIDADE 177°C</b>	Em toda carreta (CAP 30-45)	≥ 76	ABNT NBR-15184	
	<b>PONTO DE FULGOR</b>	Em toda carreta	≥ 235° C	ABNT NBR-11341	
	<b>Para o Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Polímero SBS (CAP-SBS) e Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Borracha moída de Pneus (CAP-BORR) as temperaturas de mistura e compactação, devem ser indicadas pelo fornecedor do produto.</b>				
	<b>RECUPERAÇÃO ELÁSTICA</b>	Em toda carreta (CAP MODIFICADO POR POLÍMERO)	> 85% CAP 60/85 > 90% CAP 65/90		ABNT NBR-15086
		Em toda carreta (CAP MODIFICADO POR BORRACHA)	≥50 % (AB8) ≥55% (AB22)		ABNT NBR-15086
	<b>PENETRAÇÃO</b>	Em toda carreta (CAP 30-45)	30 a 45		ABNT NBR-6576
		Em toda carreta (CAP 50-70)	50 a 70		
		Em toda carreta (CAP MODIFICADO POR POLÍMERO)	40 a 70		
		Em toda carreta (CAP MODIFICADO POR BORRACHA)	30 a 70		
	<b>PONTO DE AMOLECIMENTO °C</b>	Em toda carreta (CAP 30-45)	≥ 52		ABNT NBR-6560
		Em toda carreta (CAP 50-70)	≥ 46		
Em toda carreta (CAP MODIFICADO POR POLÍMERO)		≥ 60			
Em toda carreta (CAP MODIFICADO POR BORRACHA)		≥ 55			
<b>ÍNDICE DE SUSCETIBILIDADE TÉRMICA</b>	Em toda carreta	-1,5 a + 0,7		-	
<b>ESPUMA A 175°C</b>	Em toda carreta	Não espumar		-	

<b>USINA</b>	<b>GRANULOMETRIA SILOS QUENTES</b>	1 ensaio por dia	Projeto	ARTERIS T-27
	<b>UMIDADE PONDERADA DOS AGREGADOS</b>	1 ensaio por dia	≤ 2% Recomendação	"método expedito da frigideira"
	<b>TEMPERATURA AGREGADOS SILOS QUENTES</b>	Regularmente	< 187°C	verificar termômetro dos silos
	<b>TEMPERATURA CAP</b>	Regularmente	Temperatura correspondente a Viscos. 85 ± 10 s	verificar termômetro dos tanques
	<b>TEMPERATURA DA MASSA NA USINA</b>	Em todo caminhão	Temperatura correspondente a Viscos. 85 ± 10 s	-
	<b>PORCENTAGEM DE CAP</b>	3 ensaios por dia	Teor ótimo de Projeto ± 0,2 %	ARTERIS T-164
	<b>GRANULOMETRIA DA MASSA</b>	3 ensaios por dia	Faixa de trabalho do Projeto	ARTERIS T-30
	<b>DENSIDADE MAXIMA DA MISTURA- RICE</b>	2 ensaios por dia	Projeto	ARTERIS T-209
	<b>RESISTÊNCIA A TRAÇÃO</b>	1 ensaio por cada 4 horas de trabalho	≥ 10 kgf/cm <sup>2</sup>	DNIT ME-138
	<b>ADESIVIDADE LIGANTE / AGREGADOS</b>	1 ensaio por semana	RRT > 80% (DUI)	ARTERIS T-283
	<b>MOLDAGEM DE CORPOS DE PROVA (Marshall)</b>	1 ensaio (3 CPs) por cada 4 hs de trabalho	75 golpes soquete Marshall / face	ARTERIS T-166
	<b>DENSIDADE APARENTE DA MISTURA COMPACTADA</b>	1 ensaio por cada 4 hs de trabalho	Projeto	ARTERIS T-166
	<b>TEOR DE VAZIOS (LABORATÓRIO)</b>	1 ensaio por cada 4 hs de trabalho	Ver tabela 4	ARTERIS T—269
	<b>VAZIOS CHEIOS DE ASFALTO</b>	1 ensaio por cada 4 hs de trabalho	Ver tabela 4	ARTERIS ET-35
	<b>VAZIOS DO AGREGADO MINERAL</b>	1 ensaio por cada 4 hs de trabalho	Ver tabela 4	ARTERIS ET-35

<b>PISTA</b>	<b>TEMPERATURA DA MASSA</b>	Em todo caminhão	mínimo 145 graus centígrados	Medir
	<b>EXTRAÇÃO DE CORPOS DE PROVA</b>	De acordo com a Tabela 8	-	Extrair com máquina Rotativa
	<b>COMPACTAÇÃO</b>	De acordo com a Tabela 8	$\geq 93\%$ da massa específica máxima da mistura (Rice)	ARTERIS T-209
	<b>VAZIOS DE PISTA</b>	De acordo com a Tabela 8	Ver item 9.4	ARTERIS T-269
	<b>MEDIDA DE IRREGULARIDADE</b>	Determinístico / Estatístico conforme Tabela 6	Ver item 9.4	Perfilômetro a Laser
	<b>MEDIDA DE ATRITO</b>	A cada 100m	$GN \geq 0,42$	Grip Tester
			$47 \leq VRD \leq 75$	Pêndulo Britânico
	<b>DEFLEXÕES - VIGA BENKELMAN</b>	Projeto define ou mínimo cada 20 m de faixa	Projeto	DNIT-ME 24
<b>MACROTEXTURA</b>	A cada 25 metros de faixa, sempre alternando entre trilhas de roda externa e interna (direita e esquerda)	O valor médio de todas as leituras realizadas deverá ser maior do que 0,6mm e menor do que 1,2mm	ASTM E965-15 NBR 16504	
<b>TOPOGRAFIA</b>	<b>ESPESSURA</b>	de acordo com a extração de CP's na pista	$\pm 5\%$ da espessura de Projeto em segmentos de 1000 m por faixa. Em pontos isolados $\pm 10\%$	Fazer média de 4 medidas diametralmente opostas