



IE – 07/2010
CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO
RECICLADO A QUENTE EM USINA

1. OBJETIVO

O objetivo deste documento é estabelecer os procedimentos a serem empregados no processo da reciclagem a quente em usina de materiais asfálticos provenientes de fresagem de pavimentos degradados, e sua reutilização objetivando reconstituir as características mecânicas originais ou melhorá-las, atendendo os alinhamentos, greide e seção transversal do projeto, em obras de pavimentação sob a jurisdição da Prefeitura do Município de São Paulo.

2. DESCRIÇÃO

Os serviços consistem na produção, fornecimento, carga, descarga e usinagem de materiais, mão de obra e equipamentos necessários à execução e ao controle de tecnológico de camadas de concreto asfáltico reciclado a quente na usina.

2.1 Definições

Concreto asfáltico reciclado a quente em usina é a mistura realizada em usina com características específicas utilizando-se como agregado o material do revestimento asfáltico removido através da fresagem do pavimento existente, cimento asfáltico e agregados adicionais e, se necessário, material de enchimento (filer) e agente de reciclagem, misturado, espalhado e comprimido à quente.

O concreto asfáltico reciclado em usina pode ser empregado como revestimento ou base do pavimento. De acordo com a posição relativa e a função na estrutura, a camada de CAUQ reciclada a quente em usina deverá atender características especiais em sua formulação, recebendo as seguintes designações:

- Camada de rolamento: camada destinada a receber diretamente a ação do tráfego. A mistura empregada deverá apresentar estabilidade e flexibilidade compatíveis com o funcionamento elástico da estrutura e condições de rugosidade superficiais que proporcionem segurança ao tráfego, mesmo sob condições climáticas e geométricas adversas.
- Camada intermediária de ligação ou "binder": camada posicionada logo abaixo da camada de rolamento. Geralmente apresenta uma maior percentagem de vazios e menor consumo de ligante, em relação à camada de rolamento.
- Base do pavimento: camada posicionada sobre o subleito, sub-base ou camada de reforço do subleito, com a função de resistir aos esforços mecânicos produzidos pelas cargas repetidas do tráfego e os distribuir às camadas subjacentes, sobre a qual se contrói o revestimento.



IE – 07/2010

CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO RECICLADO A QUENTE EM USINA

A camada constituída por Concreto Asfáltico Reciclado a Quente em Usina deverá ser empregada em vias que apresentam $N_{\text{CARACTERÍSTICO}} = 10^5$ a 2×10^7 repetições de carga do eixo padrão de 80 kN no período de projeto (Tráfego Leve a Pesado). A composição da mistura reciclada deverá atender as proporções de utilização do material fresado de acordo com a Tabela 1:

Trafego	Porcentagem máxima de material fresado
Leve	70
Médio	50
Meio Pesado	30
Pesado	10

3. MATERIAIS

3.1 LIGANTE ASFÁLTICO

O ligante asfáltico adicional pode ser cimento asfáltico puro ou misturado com agente rejuvenescedor de reciclagem, satisfazendo às especificações do projeto da mistura.

O ligante asfáltico final da mistura deverá possuir características físicas e químicas iguais ou próximas ao de um ligante do tipo CAP-50/70 ou CAP-30/45, atendendo às exigências contidas na norma da Agência Nacional do Petróleo, Gás e Biocombustíveis em vigor (ANEXO A); a seleção do tipo de ligante dependerá do projeto estrutural, das deflexões admissíveis e do volume de tráfego.

3.2 ADITIVOS

3.2.1 Melhorador de Adesividade

A necessidade do emprego de melhorador de adesividade deverá ser avaliada através de ensaio de adesividade PMSP/SIURB ME-24/92, NBR 12583 e NBR 12584. Os aditivos poderão ser os produtos químicos líquidos melhoradores de adesividade ou cal hidratada tipo CH-1.

3.2.2 Agente Rejuvenescedor de Reciclagem

Podem ser empregados hidrocarbonetos puros ou misturados com cimento asfáltico de petróleo capazes de regenerar o ligante da antiga mistura asfáltica a reciclar, restaurando suas características físicas e químicas iguais ou próximas ao do ligante original, ou de outro tipo de ligante definido no projeto da mistura, satisfazendo às especificações para cimento



IE – 07/2010

CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO RECICLADO A QUENTE EM USINA

asfáltico de petróleo do ANEXO A. A quantidade adicionada à mistura asfáltica a reciclar deve ser definida no projeto da mistura.

3.3 AGREGADOS

3.3.1 Agregado graúdo adicional

O agregado graúdo adicional, assim considerado o material retido na peneira de 4,8 mm (n^o 4), será constituído por produtos de britagem provenientes de rochas sãs (granitos, gnaisses, basalto, etc), apresentando partículas limpas e duráveis, livres de torrões de argila e outras substâncias nocivas, atendendo aos seguintes requisitos:

- a) Para o agregado retido na peneira de 2,0 mm (n^o10), a porcentagem de desgaste no ensaio de abrasão "Los Angeles" (PMSP/SIURB ME-23/92) não deverá ser superior a 40%;
- b) Deve apresentar boa adesividade com material asfáltico PMSP ME-24/92 . Caso isto não ocorra, deve ser empregado um melhorador de adesividade;
- c) Quando submetidos à avaliação da durabilidade em solução de sulfato de sódio (DNER ME 89/94), os agregados devem apresentar perdas inferiores a 12%;
- d) Deve apresentar índice de forma superior a 0,5 e porcentagem de partículas lamelares inferior a 10%, conforme NBR 6954.

3.3.2 Agregado miúdo adicional

O agregado miúdo adicional, assim considerado o material que passa na peneira de 4,8 mm (n^o4), será constituído por areia, pó-de-pedra ou mistura de ambos, apresentando partículas individuais resistentes, livres de torrões de argila e outras substâncias nocivas. Deverão ser atendidos, ainda, os seguintes requisitos:

- a) O equivalente de areia (PMSP/SIURB ME-12/92) de cada fração componente do agregado miúdo (pó-de-pedra e/ou areia) deverá ser igual ou superior a 55%;
- b) É vetado o emprego de areia proveniente de cavas e/ou barrancas de rio sem o devido beneficiamento. Sua utilização só será possível após análises e liberações pela Fiscalização no caso de pavimentação de vias de tráfego leve e médio. No caso de vias de tráfego meio pesado somente serão aceitas frações de agregado miúdo decorrentes de britagem de rocha.



IE – 07/2010
CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO
RECICLADO A QUENTE EM USINA

3.3.3 Mistura asfáltica a reciclar

A mistura asfáltica a reciclar é obtida na remoção por fresagem da camada asfáltica do pavimento. O material fresado será constituído em sua totalidade de material resultante do processo de fresagem de camadas de pavimentos asfálticos.

O material fresado para fins de execução de camada de concreto asfáltico reciclado a quente em usina deverá ser isento de materiais indesejáveis (plásticos, papéis/papelões, borrachas, vidros, gesso etc.) ou nocivos ao meio ambiente ou à saúde do trabalhador (produtos químicos, amianto, etc...).

O material fresado deverá ser estocado em área coberta e drenada, de forma a evitar excesso de umidade. Quando o material fresado for submetido a armazenamento, deverá ser garantida condição de proteção contra chuva ou qualquer tipo de aumento de umidade.

3.3.4 Material de enchimento (filer)

O material de enchimento deverá ser constituído pela parte fina do pó-de-pedra, cimento Portland, cal hidratada ou pó calcário. Quando da aplicação, o filer deverá estar seco e isento de grumos. A granulometria a ser atendida deverá obedecer os limites indicados no quadro 3.1.

Quadro 3.1

Limites para granulometria do filer

PENEIRA	%EM PESO QUE PASSA
0,420mm (n ^o 40)	100
0,175 mm (n ^o 80)	95-100
0,075 mm (n ^o 200)	65-100

3.4 COMPOSIÇÃO DA MISTURA

A faixa granulométrica a ser utilizada deverá ser selecionada em função da utilização prevista para o concreto asfáltico reciclado a quente em usina. A composição da mistura deverá satisfazer os requisitos do Quadro 3.2. Deverão ser obedecidos, ainda, os seguintes requisitos:

- a) A faixa granulométrica a ser usada deve ser aquela que corresponde ao projeto estrutural e cujo diâmetro máximo seja igual ou inferior a 2/3 da espessura acabada (compactada) da camada;



IE – 07/2010

**CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO
RECICLADO A QUENTE EM USINA**

- b) A fração retida entre duas peneiras consecutivas, com exceção das duas de maior malha de cada faixa, não deverá ser inferior a 4% do total;
- c) As granulometrias das frações passantes na peneira 2,0mm deverão ser obtidas por "via lavada";
- d) As condições obtidas no ensaio Marshall (PMSP/SIURB ME-42/92), para a estabilidade, fluência, porcentagem de vazios e relação betume-vazios e resistência a tração por compressão diametral deverão atender aos limites apresentados no Quadro 3.3.
- e) Nos casos da utilização de misturas asfálticas para camada de rolamento (Faixas II, III, e IV), os vazios do agregado mineral (% VAM) deverão atender aos valores do quadro 3.4, definidos em função do diâmetro máximo do agregado empregado.
- f) O percentual de material fresado na mistura reciclada deverá atender ao disposto na Tabela 1.
- g) O teor de asfalto a ser utilizado deve ser determinado no laboratório, tendo como referência a faixa de 4% a 7%;
- h) Para definição do projeto de mistura e porcentagem dos agregados adicionais é necessário que seja feita uma dosagem criteriosa da granulometria dos materiais fresados e do teor de betume. É fundamental que a coleta de amostras seja executada de forma a cobrir as possíveis variações dos materiais fresados disponíveis.
- i) A dosagem da mistura reciclada - a ser fornecida pelo contratado - deve indicar as seguintes características:
- Composição granulométrica de projeto e faixa de trabalho;
 - Cimento asfáltico de petróleo a ser utilizado;
 - Aditivos ou agentes de rejuvenescimento, quando for o caso;
 - Teor do cimento asfáltico de petróleo a ser adicionado;
 - Temperatura de aquecimento do cimento asfáltico de petróleo novo a ser adicionado;
 - Massa específica aparente seca máxima da mistura reciclada;
 - Resistência média à tração indireta, para as condições seca e saturada;
 - Relação de resistências.(ver quadro 3.3)



IE – 07/2010
CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO
RECICLADO A QUENTE EM USINA

O teor de ligante a ser utilizado deve corresponder àquele que atenda simultaneamente aos requisitos do quadro 3.3.

Quadro 3.2
Requisitos para composição da mistura

PENEIRAS		% EM PESO QUE PASSA			
		I	II	III	IV
50	2''	100			
38	1 1/2''	95-100	100		
25	1''	75-100	95-100		
19	3/4''	60-90	80-100	100	100
12,5	1/2''	-	-	80-100	88-100
9,52	3/8''	35-65	45-80	70-90	78-94
4,8	4	25-50	28-60	44-72	60-80
2,38	8	-	-	-	44-60
2,0	10	20-40	20-45	22-50	-
0,42	40	10-30	10-32	8-26	20-35
0,175	80	5-20	8-20	4-16	12-24
0,075	200	1-8	3-8	2-10	6-12
UTILIZAÇÃO		LIGAÇÃO/BASE	ROLAMENTO/ LIGAÇÃO	ROLAMENTO	
TIPO DE TRÁFEGO (IP-02)		PESADO E MEIO PESADO		MÉDIO E MEIO PESADO	MÉDIO/LEVE
ESPESSURA MÁXIMA COMPACTADA (cm)		6,0	6,0	6,0	5,0



IE – 07/2010
CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO
RECICLADO A QUENTE EM USINA

Quadro 3.3
Requisitos para o projeto da mistura

ITEM	TRÁFEGO IP-01/2004		
	LEVE	MÉDIO A MEIO PESADO	PESADO
ENSAIO PMSP ME-42/92 (MARSHALL)			
Nº DE GOLPES/FACE	50	75	75
ESTABILIDADE MÍNIMA KN	5	8	8
Fluência (mm) 0,01”	2,0 a 4,0 8 a 18	2,0 a 4,0 8 a 16	2,0 a 4,0 8 a 16
% DE VAZIOS TOTAIS			
LIGAÇÃO/BASE	4 a 7	4 a 7	4 a 7
ROLAMENTO	3 a 5	3 a 5	-
RELAÇÃO BETUME/VAZIOS (%)			
LIGAÇÃO/BASE	65 a 75	65 a 75	65 a 75
ROLAMENTO	70 a 80	70 a 80	-
RT (MPa) RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL mínima (NBR 15087)			
LIGAÇÃO/BASE	0,65	0,65	0,65
ROLAMENTO	0,80	0,80	-
RRT (MPa) RESISTÊNCIA À TRAÇÃO RETIDA mínima (RT APÓS CONDICIONAMENTO/RT SEM CONDICIONAMENTO) (NBR 15617)			
LIGAÇÃO/BASE	0,7		
ROLAMENTO			

ABNT NBR 15617 Misturas asfálticas — Determinação do dano por umidade induzida
 Prescreve o método para determinação do dano por umidade induzida de corpos-de-prova de misturas asfálticas moldados em laboratório, resultante de saturação e de condicionamento acelerado em presença de água.



IE – 07/2010
CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO
RECICLADO A QUENTE EM USINA

Quadro 3.4
Limites Recomendados para % de Vazios do agregado mineral (VAM)

DIÂMETRO MÁXIMO	%VAM MÍNIMO - 4% VAZIOS
38 mm	11
25 mm	12
19 mm	13
16 mm	14
12,5 mm	14

4. EQUIPAMENTOS

Os equipamentos necessários à execução dos serviços deverão ser adequados a esta Instrução de Execução.

Todo equipamento deverá ser inspecionado pela Fiscalização, devendo dela receber aprovação, sem o que não será dada a autorização para o início dos serviços. Caso necessário, a Fiscalização poderá exigir a vistoria do equipamento por engenheiro mecânico ou técnico qualificado.

Para qualquer que seja o tipo de usina utilizada, deverá ser evitado o contato direto do material fresado com a chama do maçarico do tambor aquecedor através de dispositivo separador, sob pena de danos irreversíveis ao material.

Devem ser utilizados, no mínimo, os seguintes equipamentos:

4.1 DEPÓSITO PARA CIMENTO ASFÁLTICO

Os depósitos para o cimento asfáltico deverão ser capazes de aquecer o ligante, conforme as exigências técnicas estabelecidas, atendendo aos seguintes requisitos:

- a) O aquecimento deverá ser efetuado por meio de serpentinas a vapor, óleo, eletricidade ou outros meios, de modo a não haver contato direto de chamas com o depósito, devendo também evitar qualquer superaquecimento localizado; os dispositivos devem ser capazes de aquecer o cimento asfáltico nas temperaturas fixadas nesta instrução;
- b) O sistema de circulação do cimento asfáltico deverá garantir a circulação livre e contínua, do depósito ao misturador, durante todo o período de operação;
- c) Todas as tubulações e acessórios deverão ser dotados de isolamento térmico, a fim de evitar perdas de calor;



IE – 07/2010

CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO RECICLADO A QUENTE EM USINA

- d) A capacidade dos depósitos de cimento asfáltico deverá ser suficiente para o atendimento de, no mínimo, três dias de serviço, ou a critério da fiscalização.

4.2 DEPÓSITOS E SILOS PARA AGREGADOS E MATERIAL FRESADO

Os agregados e material fresado devem ser estocados convenientemente, em locais drenados, cobertos, dispostos de maneira que não haja mistura de agregados, preservando sua homogeneidade e granulometria, e não permitindo contaminações de agentes externos.

- a) Os silos deverão ser divididos em compartimentos, dispostos de modo a separar e estocar, adequadamente, as frações dos agregados e material fresado;
- b) Deverá haver um silo específico com a função de dosar o material fresado;
- c) Cada compartimento deverá possuir dispositivos adequados de descarga, passíveis de regulagem;
- d) O sistema de alimentação deverá ser sincronizado, de forma a assegurar a adequada proporção dos agregados frios e a constância de alimentação;
- e) O material de enchimento (filer) será armazenado em silo apropriado, conjugado com dispositivos que permitam a sua dosagem;
- f) Em conjunto, a capacidade de armazenamento dos silos deverá ser, no mínimo, três vezes a capacidade do misturador.

4.3 USINAS PARA MISTURAS ASFÁLTICAS RECICLADAS

- a) A usina utilizada deverá apresentar condições de produzir misturas asfálticas uniformes, devendo ser totalmente revisada e aferida em todos os seus aspectos antes do início da produção;
- b) A usina empregada deverá ser equipada com unidade classificadora de agregados após o secador, a qual distribuirá o material para os silos quentes;
- c) As balanças utilizadas nas usinas gravimétricas devem apresentar precisão de 0,5%, quando aferidas através do emprego de massa-padrão. São necessários, no mínimo, 10 (dez) massas padrão, cada qual com 25 kg \pm 15g;
- d) O sistema de coleta do pó deverá ser comprovadamente eficiente, a fim de minimizar os impactos ambientais. O material fino coletado deverá ser devolvido, no todo, em parte, ou não retornado ao misturador, dependendo da dosagem da mistura;



IE – 07/2010
CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO
RECICLADO A QUENTE EM USINA

- e) O misturador deverá ser do tipo "pugmill", com duplo eixo conjugado, provido de palhetas reversíveis e removíveis, devendo possuir dispositivo de descarga de fundo ajustável e controlador do ciclo completo da mistura;
- f) A usina deverá ser equipada com os seguintes sistemas de controle de temperatura:
 - i. Um termômetro de mercúrio, ou com escala em "dial", ou pirômetro elétrico ou outros instrumentos termométricos adequados, colocados na descarga do secador e em cada silo quente, para registrar a temperatura dos agregados;
 - ii. Um termômetro com proteção metálica e graduação de 90° a 180°C, instalado na linha de alimentação do asfalto, em local adequado, próximo à descarga no misturador;
 - iii. No caso de sistema de filtragem por filtros de manga, deverá ser instalado um termômetro para proteção das mangas com desligamento automático do maçarico, no caso de excesso de temperatura.
- g) A usina deve estar capacitada de dispositivo de alimentação do material fresado de modo a evitar o contato direto do material fresado com a chama do maçarico do tambor aquecedor através de dispositivo separador, sob pena de danos irreversíveis ao material.
- h) A usina deve possuir cabine de comando e quadros de força; estes dispositivos devem estar instalados em recinto fechado, com cabos de força e comandos ligados em tomadas externas especiais para esta aplicação. A operação de pesagem de agregados e do ligante asfáltico deve ser semiautomática com leitura instantânea e acumulada. Devem existir potenciômetros para compensação das massas específicas dos diferentes tipos de ligantes asfálticos e para seleção de velocidade dos alimentadores dos agregados frios.
- i) Especial atenção deverá ser conferida à segurança dos operadores da usina, particularmente no que tange à eficácia dos corrimãos das plataformas e escadas, à proteção de peças móveis e à de circulação dos equipamentos de alimentação de silos e transporte da mistura, devendo ser seguida a legislação de segurança do trabalho pertinente.



IE – 07/2010
CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO
RECICLADO A QUENTE EM USINA

4.4 CAMINHÕES PARA TRANSPORTE DA MISTURA

O transporte da mistura betuminosa deverá ser efetuado através de caminhões basculantes com caçambas metálicas limpas e lubrificadas com óleo mineral ou similar evitando a aderência da massa à caçamba; este processo deverá ser feito sempre que necessário, sendo também providas de lona para proteção da mistura.

4.5 EQUIPAMENTOS PARA DISTRIBUIÇÃO

- a) A distribuição da mistura asfáltica será realizada através de vibroacabadora automotriz, capaz de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, cotas e abaulamento requeridos;
- b) A acabadora deverá ser preferencialmente equipada com esteiras metálicas para sua locomoção;
- c) A acabadora deverá possuir, ainda:
 - I. sistema composto por parafuso de rosca-sem-fim, capaz de distribuir adequadamente a mistura, em toda a largura da faixa de trabalho;
 - II. sistema rápido e eficiente de direção, além de marchas para a frente e para trás;
 - III. alisadores, vibradores e dispositivos para seu aquecimento à temperatura especificada, de modo que não haja irregularidade na distribuição da massa;
 - IV. dispositivo eletrônico de nivelamento;
 - V. sistema de vibração que permita pré-compactação na mistura espalhada.

4.6 EQUIPAMENTOS PARA COMPRESSÃO

- a) A compressão da mistura betuminosa será efetuada pela ação combinada de rolo de pneumáticos e rolo liso tandem, ambos autopropelidos;
- b) O rolo pneumático deverá ser dotado de dispositivos que permitam a mudança automática da pressão interna dos pneus, na faixa de 250 kPa à 850 kPa (2,5 e 8,5 kgf/cm²). É obrigatória a utilização de pneus uniformes, de modo a se evitar marcas indesejáveis na mistura comprimida;
- c) O rolo compressor de rodas metálicas lisas, tipo tandem, deverá ter peso compatível com a espessura da camada;
- d) O emprego de rolos lisos vibratórios poderá ser admitido, desde que a frequência e a amplitude vibratória possam ser ajustadas às necessidades do serviço, e que sua



IE – 07/2010

CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO RECICLADO A QUENTE EM USINA

utilização tenha sido comprovada em serviços similares, não incorrendo em fissuração, ondulação da camada ou em prejuízo para as edificações lindeiras;

- e) Em qualquer caso, os equipamentos utilizados deverão ser eficientes no que se refere à obtenção do grau de compactação de projeto preconizado para a camada, no período em que a mistura se apresentar em condições de temperatura que lhe assegurem adequada trabalhabilidade.

4.7 FERRAMENTAS E EQUIPAMENTOS ACESSÓRIOS

Serão utilizados, complementarmente, os seguintes equipamentos e ferramentas:

- a) Soquetes mecânicos ou placas vibratórias, para a compressão de áreas inacessíveis aos equipamentos convencionais;
- b) Pás, enxadas, garfos, rodos, vassourões, carrinhos de mão e ancinhos, para operações complementares.

5. EXECUÇÃO

5.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

As seguintes recomendações de ordem geral são aplicáveis à execução da camada de revestimento com o CAUQ reciclado a quente em usina:

- a) No caso do uso de camada de rolamento esbelta (igual ou inferior a 5 cm) em pavimento cuja base é granular (Brita Graduada, Macadame Hidráulico, etc.), deverá ser executado um tratamento superficial simples de acordo com a ESP-08/92 sobre a base previamente impermeabilizada de acordo com a ESP-09/92. Este tratamento visa melhorar as condições da interface da base com a camada de rolamento;
- b) Não será permitida a execução dos serviços durante dias de chuva;
- c) O CA reciclado a quente somente deverá ser fabricado, transportado e aplicado quando a temperatura for superior a 10⁰C;
- d) A camada de rolamento deve ser confinada lateralmente pela borda superior biselada (chanfrada) da sarjeta, com a finalidade de evitar trincamento próximo à borda.



IE – 07/2010
CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO
RECICLADO A QUENTE EM USINA

5.2 PREPARO DA SUPERFÍCIE

- a) A superfície que irá receber a camada de concreto asfáltico reciclado a quente em usina deverá se apresentar limpa, isenta de pó ou outras substâncias prejudiciais;
- b) Eventuais defeitos existentes deverão ser adequadamente reparados, previamente à aplicação da mistura reciclada;
- c) A imprimação ligante e/ou impermeabilizante, dependendo do tipo de camada subjacente, deverá apresentar película homogênea e promover adequadas condições de aderência, quando da execução do concreto asfáltico reciclado a quente. Sendo decorridos mais de sete dias entre a execução da imprimação e do revestimento, ou no caso de trânsito sobre a superfície previamente imprimada, ou, ainda ter sido a imprimação recoberta com areia, pó-de-pedra, etc., deve ser executada nova pintura;
- d) Caso a camada de mistura reciclada não seja executada imediatamente após a execução da camada de apoio subjacente e de modo especial quando a mesma esteve exposta a chuvas, devem ser realizadas na camada de apoio as determinações pertinentes para liberação, a critério da fiscalização;

5.3 PRODUÇÃO DO CONCRETO ASFÁLTICO RECICLADO

- a) O concreto asfáltico reciclado a quente deverá ser produzido em usina apropriada, que atenda aos requisitos apresentados no item 4.3 desta especificação. A usina deverá ser calibrada racionalmente, de forma a assegurar a obtenção das características desejadas para a mistura;
- b) A temperatura de aquecimento do cimento asfáltico empregado deverá ser, necessariamente, determinada em função da relação temperatura x viscosidade do ligante. A temperatura mais conveniente é aquela na qual o cimento asfáltico apresenta viscosidade Saybolt-Furol na faixa de 75 a 95 segundos;
- c) Não é permitido o aquecimento do cimento asfáltico acima de 177°C;
- d) A temperatura de aquecimento dos agregados deverá ser de 5 a 10°C superior à temperatura definida para o aquecimento do ligante, sem ultrapassar 177°C;
- e) A produção de concreto asfáltico reciclado e a frota de veículos de transporte deverão assegurar a operação contínua da vibroacabadora.



IE – 07/2010
CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO
RECICLADO A QUENTE EM USINA

5.4 TRANSPORTE DO CONCRETO ASFÁLTICO RECICLADO A QUENTE

- a) O concreto asfáltico será transportado da usina ao local de aplicação, em caminhões basculantes com caçambas metálicas previamente limpas, conforme especificado no item 4.4;
- b) A aderência da mistura às chapas da caçamba será evitada mediante a lubrificação com óleo mineral ou similar. Em qualquer caso, o excesso de solução deverá ser retirado, antes do carregamento da mistura, basculando-se a caçamba;
- c) As caçambas dos veículos serão cobertas com lonas impermeáveis durante o transporte, de forma a proteger a massa asfáltica quanto à ação de chuvas, eventual contaminação por poeira, perda de temperatura e queda de partículas durante o transporte.

5.5 DISTRIBUIÇÃO DA MISTURA

- a) A distribuição do concreto asfáltico reciclado deve ser feita por equipamentos adequados, conforme especificado no item 4.5.
- b) A distribuição do concreto asfáltico somente será permitida quando a temperatura ambiente se encontrar acima de 10°C, e com tempo não chuvoso;
- c) A temperatura da mistura, no momento da distribuição não deverá ser inferior a 120°C em qualquer hipótese;
- d) Para o caso de emprego de concreto asfáltico reciclado a quente como camada de rolamento ou de ligação, a mistura deverá ser distribuída por uma ou mais vibroacabadoras, atendendo aos requisitos anteriormente especificados;
- e) Deverá ser assegurado, previamente ao início dos trabalhos, o conveniente aquecimento da mesa alisadora da acabadora à temperatura compatível com a da massa a ser distribuída. Observar que o sistema de aquecimento destina-se exclusivamente ao aquecimento da mesa alisadora, e nunca de massa asfáltica que eventualmente tenha esfriado em demasia;
- f) Caso ocorram irregularidades na superfície da camada acabada, estas deverão ser corrigidas de imediato, pela adição manual de massa asfáltica, sendo o espalhamento desta efetuado por meio de ancinhos e/ou rodos metálicos. Esta alternativa deverá ser minimizada, uma vez que o excesso de reparo manual é prejudicial à qualidade do serviço.



IE – 07/2010
CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO
RECICLADO A QUENTE EM USINA

5.6 COMPRESSÃO

- a) A compressão da mistura asfáltica terá início imediatamente após a distribuição da mesma;
- b) A fixação da temperatura de rolagem está condicionada à natureza da massa e às características do equipamento utilizado. Como norma geral, deve-se iniciar a compressão à temperatura mais elevada que a mistura asfáltica possa suportar, temperatura essa fixada experimentalmente, em cada caso;
- c) A prática mais freqüente de compactação de misturas asfálticas contempla o emprego combinado de rolo de pneumáticos de pressão regulável e rolo metálico tandem de rodas lisas, de acordo com as seguintes premissas:
 - Inicia-se a rolagem com o rolo pneumático atuando com baixa pressão;
 - À medida que a mistura for sendo compactada, e com o conseqüente crescimento de sua resistência, seguem-se coberturas (passadas), com incremento gradual da pressão do pneu;
 - A compactação final será efetuada com o rolo metálico tandem de rodas lisas, quando então a superfície da mistura deverá estar bem desempenada;
 - O número de coberturas (passadas) de cada equipamento será definido experimentalmente, de forma a se atingir as condições de densidade prevista, enquanto a mistura se apresentar com trabalhabilidade adequada.
- d) As coberturas dos equipamentos de compressão utilizados deverão seguir as seguintes orientações gerais:
 - A compressão será executada em faixas longitudinais, sendo sempre iniciada pelo ponto mais baixo da seção transversal, e progredindo no sentido do ponto mais alto;
 - Em cada passada, o equipamento deverá recobrir, ao menos, a metade da largura rolada na passada anterior;
- e) A compressão através do emprego de rolo vibratório de rodas lisas, quando admitida pela Fiscalização, deverá ser verificada experimentalmente, na obra, de forma a permitir a definição dos parâmetros mais apropriados à sua aplicação (número de coberturas, frequência e amplitude da vibração). As regras clássicas de compressão de misturas asfálticas permanecem inalteradas;



IE – 07/2010

CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO RECICLADO A QUENTE EM USINA

- f) As espessuras máximas de cada camada individual, após compressão, deverão ser definidas na obra pela Fiscalização, em função das características de trabalhabilidade da mistura e da eficiência do processo de compressão, porém nunca deverão ser superiores a 6,0 cm conforme Quadro 3.2.
- g) Durante a rolagem não são permitidas mudanças de direção e inversões bruscas da marcha, nem estacionamento do equipamento sobre o revestimento recém rolado. As rodas do rolo devem ser umedecidas adequadamente, de modo a evitar a aderência da mistura.

5.7 JUNTAS

O processo de execução das juntas transversais e longitudinais deverá assegurar adequadas condições de acabamento.

5.8 ABERTURA AO TRÁFEGO

As camadas de concreto asfáltico reciclado a quente em usina (revestimento ou base) devem ser mantidos sem tráfego, até o seu completo resfriamento.

6. MANEJO AMBIENTAL

Os cuidados a serem observados para fins de preservação do meio ambiente envolvem a produção e aplicação de agregados, o estoque e operação da usina.

Devem ser observadas as determinações estabelecidas no decreto 48.184/2007 quanto aos procedimentos de controle ambiental para aquisição de agregados.

As usinas de reciclagem para produção da mistura asfáltica deverão estar licenciadas pelo órgão ambiental competente.

7. CONTROLES

7.1 CONTROLE TECNOLÓGICO DOS MATERIAS

Este controle abrange os ensaios e determinações para verificar se as condições dos materiais, exigidas no projeto, estão sendo atendidas.

7.1.1 Cimento Asfáltico

- a) Para todo carregamento que chegar à usina, serão realizados os seguintes ensaios:
- Um ensaio de viscosidade Saybolt-Furol (PMSP ME-31/92)
 - Um ensaio de ponto de fulgor (PMSP ME-26/92)
 - Aquecimento do ligante a 175 °C, para observar se há formação de espuma.



IE – 07/2010

CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO RECICLADO A QUENTE EM USINA

- b) Para os três primeiros carregamentos, e posteriormente a cada dez carregamentos, serão executados ensaios de viscosidade Saybolt-Furol, a várias temperaturas (no mínimo três valores), que permitam o traçado da curva “viscosidade temperatura” (sugerem-se três valores: 120 °C, 145 °C e 177 °C);
- c) Para cada conjunto de cinco carregamentos ou ainda a cada lote de serviço quando o volume necessário não atingir este valor, será coletada uma amostra do cimento asfáltico utilizado, para execução de ensaios completos, previstos no ANEXO A. Todo o carregamento entregue deverá ser acompanhado de Certificados do Fabricante indicando:
- viscosidade a 60 °C, Poise;
 - viscosidade a 135 °C e a 177 °C, SSF;
 - penetração (100g, 5g, 25⁰C), 1/10mm;
 - ponto de fulgor, °C;
 - solubilidade em tricloroetileno, %;
 - índice de suscetibilidade térmica;
 - efeito do calor e do ar (variação em massa e durabilidade).

Para todo carregamento de cimento asfáltico que chegar a obra deve-se retirar uma amostra que será identificada e armazenada pelo contratado e rastreável quanto à origem e local de aplicação para eventuais ensaios posteriores.

7.1.2 Agregados, Filer e Material Fresado

- a) Periodicamente, a critério da fiscalização, será feita inspeção na usina e aos estoques de agregados e filer, visando garantir que os agregados e material fresado estejam limpos, isentos de pó e outras contaminações prejudiciais, bem como as condições de armazenamento e estocagem, devendo estar protegidos da chuva, do vento e garantindo a separação por granulometria ;
- b) Quando se constatar alteração mineralógica (visual) no agregado estocado, e no mínimo uma vez por mês, deverão ser executados:
- Três ensaios de abrasão "Los Angeles" (PMSP ME-23/92);
 - Três ensaios de durabilidade (DNER ME 89-94);
 - Três ensaios de adesividade (PMSP ME-24/92);



IE – 07/2010

CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO RECICLADO A QUENTE EM USINA

- Três ensaios de índice de forma e lamelaridade (DNER-ME 086/94 e NBR 6954).
- c) Diariamente, na usina, deverão ser realizados dois ensaios de granulometria (PMSP ME-20/92) de cada agregado empregado, e dois ensaios de equivalente de areia (DNER ME 54-97), para o agregado miúdo;
- d) O controle do filer envolverá a realização de ensaio de granulometria, a cada três dias de trabalho;
- e) Serão realizados, ainda, para amostras de agregados coletadas nos silos quentes, dois ensaios de granulometria por "via lavada" (PMSP ME-20/92) por dia de trabalho.
- f) Para o material fresado, pó-de-pedra e areia, deverá ser realizado ensaio de umidade, com estabelecimento do limite máximo de 4% em relação ao peso da amostra.

7.1.3 Melhorador de Adesividade

A eficácia do melhorador de adesividade, quando utilizado, deverá ser verificada pela execução de três ensaios de adesividade (PMSP ME-24/92), no início da obra e sempre que forem constatadas mudanças no agregado (NBR 12583 e NBR 12584).

7.2 CONTROLE DA EXECUÇÃO

7.2.1 Controle de Temperatura

- a) O controle de temperatura, durante a produção de massa, compreenderá as leituras de temperaturas, envolvendo:
 - Agregado nos silos quentes;
 - Cimento asfáltico, antes da entrada do misturador;
 - Massa asfáltica, nos caminhões carregados na usina.
- b) O controle de temperatura, na pista, envolverá a leitura de temperatura:
 - Em cada caminhão que chega à pista;
 - Na massa asfáltica distribuída, no momento do espalhamento e no início da compressão.

7.2.2 Controle da Quantidade de Ligante e da Graduação da Mistura de Agregados

Para cada 150 m de pista executada, e ao menos uma vez por dia de trabalho, será coletada, imediatamente após a passagem da acabadora, uma amostra da mistura



IE – 07/2010

CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO RECICLADO A QUENTE EM USINA

distribuída. Cada amostra será submetida à extração de betume (DNER – ME 53/94) ou, preferencialmente através do ensaio de extração por refluxo - "Soxhlet" de 1000 ml).

A determinação do teor de cimento asfáltico incorporado à mistura, obtido através da diferença entre o teor obtido no ensaio de extração da mistura reciclada e o teor existente no material fresado utilizado, sendo este teor obtido na fase de dosagem (DNER-ME 053/94 ou extração por refluxo Soxhlet de 1.000 ml) conforme item 3.4.

7.2.3 Controle das Características de Estabilidade e Fluência da Mistura

- a) Para cada 400 t de massa, e ao menos uma vez por dia de trabalho, será coletada, imediatamente após a passagem da acabadora, uma amostra da mistura distribuída, com a qual serão moldados três corpos de prova Marshall, com a energia de compactação especificada;
- b) Cada corpo de prova será submetido a rompimento na prensa Marshall, determinando a estabilidade e a fluência;
- c) Moldagem de seis corpos de prova Marshall, com 50/75 golpes por face em função do tipo de tráfego e tipo de camada para determinação da resistência à tração indireta por compressão diametral para condições seca e saturada, a 25°C, determinada conforme DNER-ME 138/94, após período de 72 horas em estufa a 60 °C, uma determinação por jornada de 8 horas de trabalho.

7.2.4 Controle da Compressão da Mistura

- a) A cada 100 t de massa compactada, será obtida uma amostra indeformada extraída com sonda rotativa ($\varnothing=101,6$ mm), em local correspondente, aproximadamente, à trilha de roda externa. Um destes pontos deverá, necessariamente, coincidir com o ponto de coleta de amostras para extração de betume e moldagem de corpos de prova Marshall, descrito em 7.2.2 e 7.2.3, bem como para análise visual da integridade e homogeneidade da camada, uma extração a cada 500 m de pista;
- b) De cada amostra extraída com sonda rotativa, será determinada a respectiva massa específica aparente (PMSP/ME-45/92) e a estabilidade e fluência Marshall (PMSP/ME-42/92);
- c) Comparando os valores obtidos para as massas específicas aparentes dos corpos de prova extraídos com rotativa e a massa específica aparente da dosagem serão determinados os correspondentes graus de compactação;
- d) Deverá ser assegurada a imediata recomposição dos furos abertos pela extração de corpos de prova, com a mesma energia de compactação;



IE – 07/2010

CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO RECICLADO A QUENTE EM USINA

- e) Determinação da massa específica aparente seca “*in situ*” imediatamente após a compactação da camada conforme PMSP/SP ME-12/92 e o respectivo do grau de compactação, a cada 1000 m² de pista, a partir dos resultados da dosagem - item 3.4 - sendo no mínimo três determinações;

7.2.5 Controle Geométrico e de Acabamento

7.2.5.1 Controle de Espessura

A espessura da camada de concreto asfáltico será avaliada por meio dos corpos de prova extraídos com sonda rotativa, ou pelo nivelamento da seção transversal, antes e depois do espalhamento da mistura. Neste caso serão nivelados cinco pontos para as camadas de rolamento ou “binder” (eixo, bordos e dois pontos intermediários).

7.2.5.2 Controle de Acabamento da Superfície

As condições de acabamento da superfície serão apreciadas pela Fiscalização, em bases visuais. Em particular, serão avaliadas as condições de desempenho da camada, a quantidade das juntas executadas e a inexistência de marcas decorrentes de má qualidade da distribuição e/ou de compressão inadequada.

Durante a execução deverá ser feito diariamente um controle de acabamento da superfície do revestimento, com o auxílio de duas réguas, uma de 3,0 m e outra de 0,90 m, 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.

7.3 CONTROLE DE RECEBIMENTO

7.3.1 Recebimento com Base no Controle Tecnológico dos Materiais

7.3.1.1 Cimento Asfáltico

O cimento asfáltico recebido no canteiro será aceito, desde que atendidos os seguintes requisitos:

- a) Os valores de viscosidade e ponto de fulgor estejam de acordo com os valores especificados pela PMSP;
- b) O material não produza espuma, quando aquecido a 175 °C;
- c) Para cada conjunto de vinte carregamentos, os resultados dos ensaios de controle de qualidade do CAP previstos nesta especificação sejam julgados satisfatórios.



IE – 07/2010
CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO
RECICLADO A QUENTE EM USINA

7.3.1.2 Agregados Adicionais e Filer

O agregado graúdo, o agregado miúdo e o filer utilizados serão aceitos, desde que atendidas as seguintes condições:

- a) O agregado graúdo atenda aos requisitos do item 3.3.1. desta instrução no que se refere à abrasão "Los Angeles", durabilidade e lamelaridade;
- b) O agregado miúdo atenda aos requisitos do item 3.3.2. desta instrução no que se refere aos ensaios de equivalente de areia e durabilidade;
- c) O filer apresentar-se seco, sem grumos, e enquadrado na granulometria especificada;
- d) As variações ocorridas nas granulometrias, com amostras coletadas nos silos, estejam contidas dentro dos limites estabelecidos.

7.3.1.3 Aditivos

- a) A quantidade, a forma de incorporação dos aditivos ao cimento asfáltico e o tempo de circulação do asfalto deverão estar de acordo com os critérios estabelecidos por esta Instrução e pelo fabricante;
- b) melhorador de adesividade, quando utilizado, deverá produzir adesividade satisfatória no ensaio (PMSP/ME-24/92).

7.3.1.4 Material fresado, pó de pedra e areia

A umidade esteja abaixo do valor especificado nesta Instrução.

7.3.2 Recebimento com Base no Controle de Execução

7.3.2.1 Temperaturas

- a) A produção da mistura betuminosa será aceita, com vistas ao controle de temperaturas, se:
 - As temperaturas medidas no tanque-reservatório do cimento asfáltico, efetuadas ao longo do dia de produção, encontrarem-se situadas na faixa desejável, definida em função da curva "viscosidade x temperatura" do ligante empregado. Constantes variações ou desvios significativos em relação à faixa de temperatura desejável indicam a necessidade de suspensão temporária do processo de produção, providenciando os necessários ajustes;
 - Temperaturas do cimento asfáltico superiores a 177°C ou dos agregados superiores a 177°C, implicam na rejeição da massa produzida;



IE – 07/2010

CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO RECICLADO A QUENTE EM USINA

- Temperaturas de cimento asfáltico inferiores a 120^oC, ou dos agregados inferiores a 125^oC, igualmente implicam na condenação da massa produzida;
- b) A massa asfáltica chegada à pista será aceita, sob o ponto de vista de temperatura, se:
- A temperatura medida no caminhão não for menor do que o limite inferior da faixa de temperatura prevista para a compactação da mistura, e nunca inferior a 120^oC;
 - A temperatura da massa, no decorrer da rolagem, propicie adequadas condições de compressão tendo em vista o equipamento utilizado e o grau de compactação objetivado.

7.3.2.2 Quantidade de Ligante e Graduação da Mistura de Agregados

- a) A quantidade de cimento asfáltico obtida pelo ensaio de extração por refluxo "soxhlet", em amostras individuais, não deverá variar, em relação ao teor de projeto, de mais do que 0,3%, para mais ou para menos. A média aritmética obtida, para conjuntos de 9 (nove) valores individuais, não deverá, no entanto, ser inferior ao teor de projeto;
- b) Durante a produção, a granulometria da mistura poderá sofrer variações em relação à curva de projeto, respeitadas as tolerâncias indicadas no quadro 7.1 e os limites da faixa granulométrica adotada.

Quadro 7.1
Granulometria da Mistura – tolerâncias admitidas

Peneira de Malhas Quadradas	% Passando em Peso
9,5 a 38mm (3/8" a 1 1/2")	+/- 7
0,42 a 4,8 mm n ^o 40 a n ^o 4	+/-5
0,175 mm n ^o 80	+/-3
0,075mm n ^o 200	+/-2

7.3.2.3 Características de Estabilidade e Fluência da Mistura

- a) Os valores de estabilidade e fluência Marshall, deverão atender ao prescrito no Quadro 3.3;
- b) A eventual ocorrência de valores que não atendam ao especificado, poderá resultar na não aceitação do serviço. As falhas ocorrentes deverão ser corrigidas mediante ajustes racionais na formulação do traço e/ou no processo executivo.



IE – 07/2010
CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO
RECICLADO A QUENTE EM USINA

7.3.2.4 Compressão

a) No que se refere ao Grau de Compactação haverá aceitação se:

- Não for obtido nenhum valor inferior a 97%;
- For satisfeita a relação seguinte:

$$\bar{X} - K.S \geq 95\%$$

Onde:

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

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

X – Grau de Compactação

N – nº de determinações efetuadas

K - coeficiente indicado na tabela valor coeficiente “K” para controle estatístico grau de compactação(quadro 7.2)

X_i - valores individuais da amostra.

S – Desvio Padrão

7.3.3 Recebimento com Base no Controle Geométrico

Os serviços executados serão aceitos, quanto ao controle geométrico, desde que atendidas as seguintes condições:

- a) Quanto à espessura da camada acabada:
- A espessura média determinada estatisticamente deverá se situar no intervalo de $\pm 10\%$, em relação à espessura prevista em projeto;
 - A determinação estatística da espessura média da camada é efetuada pela expressão seguinte:

$$e = \bar{X} - \frac{k - S}{N}$$

Onde:

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



IE – 07/2010

CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO RECICLADO A QUENTE EM USINA

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

e – Espessura média

N – nº de determinações efetuadas;

K - coeficiente indicado na tabela valor do coeficiente “K” para controle estatístico da espessura da camada (quadro abaixo);

S - desvio padrão;

Não serão tolerados valores individuais de espessura fora do intervalo de $\pm 10\%$, em relação à espessura prevista em projeto;

- b) Eventuais regiões em que se constate deficiência de espessura serão objeto de amostragem complementar, através de novas extrações de corpos de prova com sonda rotativa. As áreas deficientes, devidamente delimitadas, deverão ser reforçadas, às expensas da executante.

7.3.4 Aceitação do Acabamento

O serviço será aceito, sob o ponto de vista de acabamento, desde que atendidas as seguintes condições:

- a) As juntas executadas apresentem-se homogêneas, em relação ao conjunto da mistura, isentas de desníveis e saliências;
- b) A superfície apresente-se desempenada, não ocorrendo:
- marcas indesejáveis do equipamento de compressão
 - ondulações decorrentes de variações na carga da vibroacabadora.

8. CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTOS

8.1. Medição

A camada de concreto asfáltico reciclado a quente em usina, executado e recebido na forma descrita, será medida e paga por volume de mistura aplicada e compactada, expressa em metro cúbico (m³), para qualquer uma das camadas, ou seja, camada de rolamento ou base.

8.2. Pagamento

O pagamento será feito, após a aceitação e a medição dos serviços executados, com base no preço unitário contratual, o qual representará a compensação integral para todas as operações, materiais, perdas, mão-de-obra, equipamentos, encargos e eventuais necessários à completa execução dos serviços.



IE – 07/2010
CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO
RECICLADO A QUENTE EM USINA

Quadro 7.2

Valor do coeficiente “K” para controle estatístico do grau de compactação

N	K	N	K	N	K
3	1,05	10	0,77	30	0,66
4	0,95	12	0,75	40	0,64
5	0,89	14	0,73	50	0,63
6	0,85	16	0,71	100	0,60
7	0,82	18	0,70	---	0,52
8	0,80	20	0,69	---	---
9	0,78	25	0,67	---	---

VALOR DO COEFICIENTE “K” PARA CONTROLE ESTATÍSTICO DA ESPESSURA DA CAMADA

N	K	N	K	N	K
3	1,88	10	1,38	30	1,31
4	1,63	12	1,36	40	1,30
5	1,53	14	1,35	50	1,29
6	1,47	16	1,34	100	1,28
7	1,44	18	1,33		1,28
8	1,41	20	1,33	---	---
9	1,40	25	1,32	---	---



IE – 07/2010

**CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO
RECICLADO A QUENTE EM USINA**

ANEXO A

Características	Unidade	Limites		Métodos	
		CAP 30-45	CAP 50-70	ABNT	ASTM
Penetração (100g, 5s, 25°C)	0,1mm	30 a 45	50 a 70	NBR 6576	D 5
Ponto de Amolecimento, mín.	°C	52	46	NBR 6560	D 36
Viscosidade Saybolt – Furol					
a 135°C, mín.	s	192	141	NBR 14950	E 102
a 150°C, mín.		90	50		
a 177°C		40 a 150	30 a 150		
Viscosidade Brookfield					
a 135°C, mín. SP 21, 20rpm, mín.	cP	374	274	NBR 15184	D 4402
a 150°C, mín.		203	112		
a 177°C, SP 21		76 a 285	57 a 285		
Índice de Suscetibilidade Térmica		(-1,5) a (+0,7)	(-1,5) a (+0,7)	-	-
Ponto de fulgor, mín.	°C	235	235	NBR 11341	D 92
Solubilidade em tricloetileno, mín.	% massa	99,5	99,5	NBR 14855	D 2042
Dutilidade a 25°C, mín.	cm	60	60	NBR 6293	D 113
Efeito do calor e do ar a 163°C por 85 minutos					
Varição em massa, máx.	% massa	0,5	0,5	-	D 2872
Dutilidade a 25°C, mín.	cm	10	20	NBR 6293	D 113
Aumento do ponto de amolecimento, máx.	°C	8	8	NBR 6560	D 36
Penetração retida, mín. (*)	%	60	55	NBR 6576	D 5

(*) relação entre a penetração após o efeito do calor e do ar em estufa RTFOT e a penetração original, antes do ensaio do efeito do calor e do ar.