



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
ÁREA DE GEOTECNIA**



**Professor: José Afonso G. Macêdo**

**Aluno: Gustavo Ulisses da Luz Barros**

**Matrícula: 29911181**

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO**

**RESTAURAÇÃO DA PB-004 COM APLICAÇÃO DE  
MICRO REVESTIMENTO**

**DEC**

**Campina Grande, 2005**



Biblioteca Setorial do CDSA. Junho de 2021.

Sumé - PB

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Usina de cana - de - açúcar _____	06
Figura 2	Escarificação da estrada antiga _____	11
Figura 3	Estrada sendo escarificada _____	12
Figura 4	Execução da base _____	13
Figura 5	Caminhão pipa molhando o trecho _____	14
Figura 6	Raizeiros retirando materiais danosos _____	14
Figura 7	Equipe de topografia fazendo o levantamento _____	15
Figura 8	Patrol cortando piquetes _____	16
Figura 9	Rolo de pneus _____	16
Figura 10	Ensaio de compactação _____	17
Figura 11	Materiais do laboratorista _____	18
Figura 12	Patrol reabrindo o trecho _____	18
Figura 13	Caminhão da manutenção _____	19
Figura 14	Espargidor _____	21
Figura 15	Vassoura mecânica _____	22
Figura 16	Tratamento superficial simples _____	25
Figura 17	Vassoura mecânica varrendo a base imprimada _____	26
Figura 18	Rolo de pneus compactando o tratamento superficial simples _____	26
Figura 19	Carregando a usina de micro com pó de pedra _____	32
Figura 20	Carregando a usina de micro revestimento com água _____	33
Figura 21	Estoque de água _____	33
Figura 22	Estoque de pó de pedra _____	34
Figura 23	Estoque de cimento _____	34
Figura 24	Estoque de emulsão asfáltica _____	35
Figura 25	Caminhão de apoio _____	35
Figura 26	Usina em operação _____	36
Figura 27	Silo da usina de micro revestimento _____	37
Figura 28	Micro revestimento aplicado em uma faixa de rolamento _____	37
Figura 29	Falha na execução do micro revestimento _____	38

## LISTA DE TABELA

<b>Tabela 1</b>	<b>Quantidades de cimentos asfálticos e diluentes na fabricação de asfaltos diluídos</b> _____	<b>20</b>
<b>Tabela 2</b>	<b>Especificação das faixas granulométricas</b> _____	<b>25</b>
<b>Tabela 3</b>	<b>Granulometria dos agregados utilizados</b> _____	<b>30</b>

# SUMÁRIO

<b>Lista de Figuras</b>	
<b>Lista de Tabelas</b>	
<b>Sumário</b>	
<b>Agradecimentos</b>	
<b>Apresentação</b>	
<b>1.0 Introdução</b>	05
<b>2.0 Objetivos</b>	07
<b>3.0 Revisão Teórica</b>	08
<b>4.0 Desenvolvimento</b>	10
4.1 Escarificação	11
4.2 Terraplanagem	13
4.3 Levantamento Topográfico	15
4.4 Ensaios na Base	17
4.5 Execução dos materiais Betuminosos	19
4.5.1 Imprimação	20
4.5.2 Tratamento Superficial Simples	24
4.5.3 Micro Revestimento	27
<b>5.0 Conclusão</b>	39
<b>6.0 Referências</b>	41
<b>7.0 Anexos</b>	42

*Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ter me dado todas as oportunidades cabíveis para se viver, a saúde, a vitalidade, o amor próprio, entre outros pontos determinantes e de fundamental importância à vida de qualquer ser humano. Segundo a minha família, aos meus pais (pela oportunidade de me ceder o estudo com muito amor), a minha esposa e meu filho (que a partir de agora são minhas razões de viver e de buscar sempre o melhor para nossas vidas), meus colegas (por muitas e muitas noites perdidas juntos em prol do estudo) e a todos os outros amigos e amigas (por terem me proporcionado o prazer de conhecê-los e de fazerem parte desta importante conquista em minha vida).*

## **Agradecimentos**

Muitas pessoas contribuíram de maneira direta e indireta para a realização deste trabalho, às quais agradeço de maneira especial.

A todos os meus amigos e professores, que nas horas de dúvidas souberam ser pacientes para discutir e esclarecê-las e por ajudarem na obtenção de novas idéias.

Ao meu orientador José Afonso G. Macêdo, símbolo de dedicação.

Aos meus pais que me tiveram paciência e souberam esperar pela conclusão do meu curso, sempre me ajudando nos momentos felizes e nos momentos tristes, mostrando segurança, força e determinação.

E em especial a minha esposa que sempre me ajudou, dando apoio e injetando determinação e afimco em todos os momentos como graduando do curso de Engenharia Civil.

E ao meu filho, que embora novinho demais para entender o que este trabalho significa, tem sido o meu estímulo para buscar meus objetivos e tornar as nossas vidas um pouco melhor.

## **Apresentação**

O Estágio Supervisionado foi realizado pela Light Engenharia e Comercio Ltda, na Restauração da Rodovia PB – 004, cujo trecho estudado apresenta uma extensão de 13,0 Km interligando os municípios de Santa Rita e Cruz do Espírito Santo, esta estrada atua como porta de ligação do Litoral para a região do Brejo Paraibano.

O presente relatório objetiva apresentar de maneira clara e sucinta experiências vivificadas no campo pratico da engenharia civil, mostrando as principais etapas para a restauração de uma estrada com aplicação de micro revestimento. Abrangendo as fases de escarificação da estrada antiga, levantamento topográfico, terraplanagem (execução da base) e os processos que envolvem aplicação de materiais betuminosos (imprimação, tratamento superficial simples e micro revestimento).

Todas as etapas de execução foram devidamente fiscalizadas pelos fiscais do DER – PB, Departamento de Estradas de Rodagem do Estado da Paraíba.

Sendo de extrema importância mencionar que toda a experiência descrita foi executada com base em elementos especificados no projeto previamente elaborado pelo órgão responsável, onde em sua execução foram seguidas todas as normas necessárias ao perfeito acabamento da obra.

Durante a realização do estagio supervisionado, fiquei hospedado numa casa alugada pela empresa na cidade de Cruz do Espírito Santo, na qual dividia as instalações com o encarregado, o topográfico, e mais duas pessoas que trabalhavam no escritório local, todos provenientes de outras localidades do estado da Paraíba e da Bahia.

Este estágio supervisionado foi muito importante porque foi desenvolvida em cima de uma nova tecnologia de restauração de estradas, chamada de micro revestimento asfáltico modificado por polímero, cuja aplicação é feita com Usinas de micro revestimento



montado em caminhões trucados.

Este relatório ira descrever as atividades realizadas no período de estagio supervisionado que foi de 06 a 24 de dezembro de 2004 e de 03 de janeiro a 12 de fevereiro de 2005, totalizando uma carga horária com mais de 360 horas, onde tive como orientadores na prática o engenheiro *João de Azevedo Freire* e o encarregado *José Pacifico A. Filho* na rodovia e o Professor Orientador *José Afonso G. Macêdo* na teoria em sala de aula.

## 1.0 Introdução

A Rodovia PB – 004, no trecho que liga as cidades de Santa Rita a Cruz do Espírito Santo é o primeiro trecho de uma estrada que tem um trânsito de característica muito intenso de transportes de pessoas e mercadorias, o seu tráfego é predominante de carros de lotação e ônibus de baixa qualidade, por serem veículos velhos e de péssima ou nenhuma manutenção.

Desta forma, um pedido geral fora desenvolvido por jornalistas, moradores, motoristas e políticos da região, sendo atendido posteriormente pelo governo do estado.

A escolha pela restauração através do micro revestimento, veio de forma inesperada pois pelos autos da licitação o serviço seria apenas para fazer um recapeamento e aplicar o micro revestimento como forma de impermeabilizar e dar durabilidade, maior vida útil, a estrada.

Só que através de visitas realizadas, pelo engenheiro da empresa ganhadora da licitação antes de iniciar as obras, a estrada constatou – se que a base estava sem estabilidade e deveria sofrer o processo de reestabilização de base, então fora feito um aditivo e apresentado junto ao órgão estadual responsável pela obra DER – PB, que também verificou essa necessidade.

A base da estrada estava sem estabilidade porque na região existem muitas usinas de cana – de – açúcar que durante 6 (seis) meses do ano ou mais, trabalham todo o dia sem intervalo trazendo carga das lavouras até as instalações da usina, cada caminhão carregam aproximadamente um volume com cerca de 50 toneladas e por andarem muitas vezes por sobre o acostamento, provocando o descolamento de placas e espalhamento de asfalto.

Com o início das obras primeiramente, fora enumerados trechos através de piquetes espaçados de 20 (vinte) em 20 (vinte) metros, em seguida a motoniveladora, que chamaremos de patrol pelo linguajar da obra, escarificava todo o trecho, depois era feito o

adicionamento de material granular proveniente de uma jazida localizada no rio Paraíba reestabilizando a base, depois de feita a base sofria uma impermeabilização através de ligantes betuminosos num processo chamado de imprimação, seguido de uma camada de agregado mineral, tratamento superficial simples, e por fim o micro revestimento modificado por polímero, agindo como uma camada seladora e impermeabilizadora da estrada.

O estágio supervisionado teve como principal objetivo fazer a junção de conhecimentos técnicos teóricos com conhecimentos técnicos práticos, agindo como um elo de ligação entre a sala de aula e a vida prática, mantendo um contato com vários níveis de escolaridade e de vida, desenvolvimento a mente para no futuro saber lidar com todos os tipos de problemas que possam vir a acontecer numa obra deste porte e desta importância.



**Figura 1: Usina de cana - de - açúcar.**

**Fonte: Pesquisa de campo**

## 2.0 Objetivos

O estágio compreende a disciplina – ESO do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande.

### **Este tem por finalidades principais:**

– Proporcionar a complementação da formação escolar ao mesmo tempo permita acessibilidade ao seu futuro campo de atuação profissional, num contato direto com questões práticas e teóricas, através de um determinado número de horas-Aquisição de novos conhecimentos gerais e termos utilizado no cotidiano;

– Desenvolver a capacidade de analisar e solucionar possíveis problemas que possam vir a ocorrer no decorrer das atividades;

– Desenvolvimento do relacionamento com as pessoas e órgãos públicos.

### **As atividades desenvolvidas foram:**

- Escarificação (Abertura da pista antiga);
- Terraplanagem (Reestabilização da base);
- Levantamento Topográfico;
- Realização de ensaios na base da estrada;
- Execução dos Materiais Betuminosos (Aplicação da imprimação, tratamento superficial simples e do micro revestimento);
- Realização de ensaios de materiais betuminosos (Imprimação e no micro revestimento);

### 3.0 Revisão teórica

Estrada é definida como sendo um caminho relativamente largo, destinado ao trânsito de pessoas, animais e veículos, apresentando uma grande importância na sociedade, pois, a mesma desempenha função de unir distância e pessoas de localidades distantes bem como o desenvolvimento da região e das pessoas que habitam a mesma.

Pode-se entender como pavimento a construção de uma estrutura sobre o leito da terra da estrada, que varia na espessura e no tipo dos materiais utilizados, com a finalidade de:

- Resistir e distribuir ao terreno os esforços verticais provenientes do tráfego.
- Resistir aos esforços horizontais, tornando-se relativamente durável.
- Melhorar as condições de rolamento, proporcionando segurança de tráfego em qualquer época do ano.

Como nesta restauração foi desenvolvido procedimento distinto, nas quais envolve trabalhos com solos e com materiais betuminosos, defini – se a seguir algumas das atividades desenvolvidas no trecho 01 da Rodovia PB-004, tais como:

Escarificação procedimento de retirada da camada de asfalto deteriorado existente para iniciar um tratamento da base que encontra – se na parte inferior ao asfalto.

Terraplanagem (reestabilização de base), homogeneização do material antigo com o material novo. Foi aproveitado resto de blocos de asfalto de pequena dimensão e com pouca dureza sendo misturado com o material arenoso proveniente do rio que margeava a estrada dando mais rigidez e maior estabilidade a nova base.

Imprimação consiste na aplicação de camada de material betuminoso sobre a superfície de base granular concluída, antes da execução de um revestimento betuminoso

qualquer, objetivando conferir coesão superficial, impermeabilizar e permitir condições de aderência entre esta e o revestimento a ser executado. (DNER – ES 306/97).

Tratamento superficial simples, camada de revestimento do pavimento constituída por uma aplicação, em duas vezes sucessivas, de ligante betuminoso coberta por camada de agregado mineral. (DNER – ES 308/97).

O micro revestimento é uma mistura de emulsão asfáltica modificada por polímeros, agregados minerais selecionados, filler mineral, água e aditivos se necessário.

## 4.0 Desenvolvimento

Nesta obra de restauração rodoviária, constatou – se procedimentos diferenciados de outras restaurações, pois a partir da escolha pelo uso do micro revestimento, deve – se desprezar alguns procedimentos que tornam – se desnecessário a sua aplicação.

A seqüência para a realização desta restauração, fora o seguinte: escarificação, terraplanagem (reestabilização de base), levantamento topográfico, imprimação, tratamento superficial simples e micro revestimento.

Todos os serviços foram devidamente fiscalizados por laboratoristas, topógrafos, técnicos e engenheiros do DER – PB, que realizaram diversos ensaios específicos, para a aprovação dos serviços.

#### 4.1 Escarificação

É a abertura da estrada antiga com a patrol que consiste na desagregação do material a ser extraído, neste caso, o asfalto deteriorado, utiliza - se às garras da patrol situadas na parte de trás, da máquina, que entra na pista rasgando toda a estrada antiga, descolando todo o asfalto velho.

A partir daí, os cooperadores, chamados de raizeiros, entram na pista, retirando os blocos de asfalto de grandes dimensões e que possam vir a atrapalhar a execução da nova base, deixando pedaços pequenos de asfalto que serão desmanchados e reutilizados junto com a nova base, tornando a base mais rígida e pronta para receber todo o procedimento de execução posterior a terraplanagem.



**Figura 2: Escarificação da estrada antiga.**

**Fonte: Pesquisa de campo**





**Figura 3: Estrada sendo escarificada.**

**Fonte: Pesquisa de campo**

## 4.2 Terraplanagem

Nesta etapa, a patrol passa a utilizar a sua principal função, espalhar o material trazido por Caminhões Basculantes provenientes de uma jazida que fora devidamente estudada e realizada ensaios e aprovada para servir como base para a estrada.

A patrol espalha o material, misturando os blocos de asfalto soltos na pista e o caminhão pipa vem molhando a base até atingir a umidade ótima, a patrol mistura as camadas umas sobre as outras homogeneizando o material, após o levantamento topográfico que realiza as medições e atestar que a cota esta zerada entra na pista os rolos compactadores, rolo liso e rolo de pneus, compactando toda a base, esperando que a equipe de fiscais do DER, realizem os ensaios e liberem o trecho, para a aplicação dos materiais betuminosos.



**Figura 4: Execução da base.**

**Fonte: Pesquisa de campo**



**Figura 5: Caminhão pipa molhando o trecho.**

**Fonte: Pesquisa de campo**

Nesta etapa tanto quanto na etapa de escarificação, os trabalhadores chamados de raizeiros, trabalham verificando a existência de pedras e/ou outros tipos de materiais que possam evitar a homogeneização da base e desta forma provocar algum “borrachudo”.



**Figura 6: Raizeiros retirando materiais danosos.**

**Fonte: Pesquisa de campo**

### 4.3 Levantamento Topográfico

A equipe de topografia tem como objetivo, nesta etapa, verificar através de projeto se a base atingiu a cota determinada, são colocados piquetes com espaçamentos de 20 em 20 metros, por toda a extensão do trecho a ser executado, daí a importância da topografia, pois dessa forma ela irá determinar as alturas (cotas) em que a base, a imprimação e até mesmo o microrevestimento irá atingir, se não for obedecida essa cota, a patrol vai cortar ou acrescentar material até que se atinja a meta pré – estabelecida.



**Figura 7: Equipe de topografia fazendo o levantamento.**

**Fonte: Pesquisa de campo**

Ao chegar a cota determinada, a patrol volta a pista para a execução chamada de cortar piquete, na qual a patrol passa a lamina cortando o material até atingir a cota determina pelas marcações dos piquetes, após a realização desta etapa, passa – se para a fase de compactação na qual os rolos de pneus e liso entram na pista até que de forma pré – determinada,

passando inúmeras vezes sobre a base, liberam o trecho para a entrada da equipe de fiscalização que realizará os ensaios, vigentes pela norma, para liberação ou não do trecho para a execução da próxima etapa.



**Figura 8: Patrol cortando piquetes.**

**Fonte: Pesquisa de campo**



**Figura 9: Rolo de pneus.**

**Fonte: Pesquisa de campo**

#### 4.4 Ensaio na base

A equipe do DER – PB, responsável pela realização dos ensaios na base, eram formadas por cinco componentes, um topógrafo, que realizava a conferência das cotas da base, um laboratorista chefe e dois auxiliares de laboratório, além do Engenheiro responsável pela fiscalização de todas as etapas da obra. Na qual realizavam ensaios em cada trecho, que normalmente tinha a extensão entre 400 a 500 metros.

Os ensaios de Compactação Proctor Normal “in situ”, eram realizados após cada execução dos trechos da base, se o ensaio constatasse que o terreno esta bem compactado, o trecho era liberado pela equipe do DER para que fosse iniciada a fase de imprimação.



**Figura 10: Ensaio de compactação.**

**Fonte: Pesquisa de campo**



**Figura 11: Materiais do laboratorista.**

**Fonte: Pesquisa de campo**

Se os resultados não fossem compatíveis com as especificações, os fiscais determinavam a reabertura do trecho para se fazer uma nova homogeneização e compactação, para haver uma nova bateria de ensaios e por fim liberar o trecho. Neste caso da figura abaixo, houve uma reabertura do trecho, porque o ensaio deu abaixo do esperado em quase todo o trecho.



**Figura 12: Patrol reabrindo o trecho.**

**Fonte: Pesquisa de campo**

#### 4.5 Execução dos materiais betuminosos

Nesta fase de execução eram realizadas aplicações de ligantes betuminosos, emulsões asfálticas e agregados minerais.

Cada serviço era executado após a liberação dos fiscais da obra, cada etapa tem o seu ensaio específico a ser realizado, dependendo da liberação ou não os serviços seguintes eram executados, se os resultados dos ensaios fossem desfavoráveis era determinado a abertura do trecho e a repetição do serviço.

Todos os serviços executados numa estrada necessitam de maquinário pesado, para que essas máquinas trabalhem é necessário combustível, neste caso óleo diesel, um caminhão específico fica com a tarefa de fazer as manutenções e reabastecimentos de todas as máquinas, é o caminhão que na linguagem das obras é chamado de “melosa”, conforme figura abaixo:



**Figura 13: Caminhão da manutenção.**

**Fonte: Pesquisa de campo**



#### 4.5.1 Imprimação

A imprimação como já foi dito, consiste na aplicação de uma camada de material asfáltico sobre a superfície de uma base concluída, antes da execução de um revestimento asfáltico qualquer, com a finalidade de aumentar a coesão da superfície da base pela penetração do material asfáltico, promovendo condições de aderência entre a base e o revestimento impermeabilizando a base.

São utilizados ligantes betuminosos asfaltos diluídos ou alcatrões, os mais adequados são os asfaltos diluídos de baixa viscosidade que tem por finalidade permitir a penetração do ligante nos vazios da base. São recomendados os asfalto diluídos do tipo CM-30 e CM-70, onde o tipo CM-30 para superfícies com textura fechada e o tipo CM-70 para superfícies com textura media. Não se recomenda o uso dos tipos CR (cura rápida) devido a sua cura ser rápida o que impede a completa penetração de asfalto na base, retendo excesso de asfalto na superfície.

A tabela 1 mostra a quantidade de cimento asfáltico e diluentes utilizados em volume na fabricação dos asfaltos diluídos, variando de acordo com as características dos comportamentos sendo em média as seguintes.

**Tabela 1: Quantidades de cimentos asfálticos e diluentes na fabricação de asfaltos diluídos.**

Tipo	Teor de Asfalto	% de Diluentes
CM-30	52	48
CM-70	63	37
CM-250	70	30

Os equipamentos Utilizados são:

- Vassoura mecânica ou comum para varredura da base. Pode-se usar também jato de ar comprimido.
- Caminhão tanque com barra espargidora e caneta distribuidora, bomba reguladora de pressão, termômetro etc (espargidor), para distribuição do ligante.
- Depósito de ligante.



**Figura 14: Espagidor.**

**Fonte: Pesquisa de campo**



**Figura 15: Vassoura mecânica.**

**Fonte: Pesquisa de campo**

A taxa de aplicação “T” é função do tipo de ligante e do estado da superfície a ser imprimada, mas varia aproximadamente de 0,8 a 1,60 l/m<sup>2</sup>, conforme o tipo e textura da base e do ligante escolhido.

O controle de quantidade de material aplicado é feita no próprio caminhão espargidor, com base nos seguintes aspectos:

- Pesagem do carro distribuidor, antes e depois da aplicação do material betuminoso.
- Por intermédio de uma bandeja de peso e área conhecida. Por simples passagem após a passagem do carro distribuidor, tem-se a quantidade de material usado.
- Pela utilização de uma régua graduada de madeira que possa dar pela diferença de altura do material betuminoso no tanque do carro distribuidor, antes e depois da aplicação, a quantidade de material consumido.

Devemos considerar os seguintes de aplicação para imprimação:

- A temperatura de aplicação do material asfáltico deve ser fixada para cada tipo de ligante, em função da relação temperatura-viscosidade;
- Quando a base estiver muito seca e poeirenta é aconselhável umedece-la ligeiramente antes da distribuição do ligante;
- A fim de evitar acúmulo de ligante nos pontos inicial e final do banho, deve-se colocar faixas de papel transversalmente na pista, de modo que o asfalto comece e cesse de sair da barra de distribuição sobre essas faixas;
- Não se deve imprimir em dias chuvosos ou em temperaturas ambiente inferior a 10 ° C.

Na execução da imprimação tem que seguir os seguintes procedimentos:

- Umedecimento da base através do uso do carro Pipa; (se necessário)
- Acabamento na base;

Na etapa de imprimação de uma rodovia engloba uma trabalho topográfico que é a remarcação das curvas e tangentes das estradas, como o propósito de imprimir a área de ocupada pela estrada , que no caso da AM-352 foi da ordem de 10,00 m, e evitar desperdício de matéria;

- Passagem do Rolo liso tipo tandem;
- Passagem da vassoura com o objetivo de retirar a poeira e impurezas existente na superfície da base;
- Aplicação de uma camada de CM-30.

#### 4.5.2 Tratamento Superficial Simples

Consiste na aplicação de uma camada de agregado mineral sobre uma camada de ligante betuminoso, que estará aplicada por sobre uma base devidamente preparada.

Como consta em especificações para a execução deste serviço, não é apropriada a execução do mesmo em dias de chuva. Com relação aos ligantes betuminosos utilizados, estes só devem ser aplicados se a temperatura ambiente for superior a 10° C e todo o carregamento que chegar à obra deverá ter certificado de análise e apresentar indicações relativas ao tipo, procedência, quantidade do conteúdo e distância de transporte entre a refinaria e o canteiro de serviço.

Os ligantes betuminosos mais empregados nesta aplicação são:

- Cimentos asfálticos, tipos CAP-7 ou CAP-150/200;
- Alcatrões, tipos AP-11 e AP-12CR 205;
- Emulsões asfálticas, tipos RR-1C e RR-2C;

Os agregados a serem utilizados nesta fase, podem ser pedra britada, escória, cascalho ou seixo rolado. Somente um tipo de agregado deve ser usado num determinado serviço. Os agregados devem ser de boa qualidade, duros, limpos, de tamanho o mais uniforme possível.

Recomenda – se que o diâmetro máximo seja aproximadamente duas vezes o diâmetro mínimo, evitando – se a forma alongada ou lamelar.

As normas brasileiras recomendam que o agregado apresente um desgaste Los Angeles menor que 40%, mas deve – se ter em mente que este ensaio é de validade bastante discutível.

As faixas granulométricas devem obedecer a seguinte faixa de especificações:

**Tabela 2: Especificação das faixas granulométricas.**

TRATAMENTO SUPERFICIAL SIMPLES			
Peneiras	Porcentagem passando em peso		
	A	B	C
1/2"	-	100	100
3/8"	100	85-100	85-100
Nº 4	85-100	10-30	0-10
Nº 10	10-40	0-10	0-1
Nº 20	0-5	-	-
Nº 200	0-2	0-2	-
Quantidades aproximadas de agregados	7 kg/m <sup>2</sup>	12 kg/m <sup>2</sup>	12 kg/m <sup>2</sup>
Quantidades aproximadas de material betuminoso	0,5 l/m <sup>2</sup>	0,8 l/m <sup>2</sup>	0,5 l/m <sup>2</sup>

Antes de começar a execução do tratamento, como já foi dito em outras fazes, deve – se fazer a limpeza ou varreção da pista de rolamento, com o emprego de vassouras mecânicas ou similares. Realizado a limpeza dar – se – á o banho de ligante com o espargidor, depois com o uso do caminhão basculante e do espalhador de agregado acoplado ao caminhão faz – se a cobertura com agregado, que nesta obra foi utilizada o cascalho, depois entra a fase de compactação, com rolos compactadores de pneus e tandem.



**Figura 16: Tratamento superficial simples.**

Fonte: Pesquisa de campo



**Figura 17: Vassoura mecânica varrendo a base imprimada.**

**Fonte: Pesquisa de campo**



**Figura 18: Rolo de pneus compactando o tratamento superficial simples.**

**Fonte: Pesquisa de campo**

### 4.5.3 Micro revestimento

A técnica do micro revestimento asfáltico a frio com emulsão modificada por polímero consiste na associação de agregado, material de enchimento (filler), emulsão asfáltica modificada por polímero, água, aditivos se necessários, com consistência fluida, uniformemente espalhada sobre uma superfície previamente preparada. Pode ser empregado como camada selante, impermeabilizante e rejuvenescedora ou como camada anti-derrapante de pavimentos.

Trata-se de uma técnica de pavimentação desenvolvida no início da década de 80 na Alemanha para ser empregada em serviços de rejuvenescimento nas Autobahns. Originalmente adicionavam-se polímeros às lamas asfálticas convencionais, com o objetivo de minimizar o desgaste e melhorar a durabilidade dos pavimentos, além de permitir a aplicação de lamas em espessuras maiores.

Em meados da década de 80 esta técnica começou a ser difundida nos Estados Unidos e no restante da Europa. Nesses países a aplicação do micro revestimento faz parte do programa rotineiro de manutenção de rodovias com volumes de tráfego superior a 5.000 veículos/dia. No Brasil iniciou-se a aplicação desta técnica na segunda metade da década de 90. Esta inovação acarretou para as empresas distribuidoras de asfalto, elevados custos de investimento em aquisição de caminhões usinas, equipamentos de laboratório e assimilação da tecnologia de fabricação de emulsões polimerizadas e da tecnologia de aplicação do serviço propriamente dito.

O resultado é um sistema asfáltico para capa de rolamento adequado a todos os tipos de clima e tráfego e não simplesmente uma técnica de impermeabilização superficial para rodovias secundárias. Além disso apresenta facilidade de aplicação e permite a rápida liberação ao tráfego. Suas vantagens sobre as lamas asfálticas comuns, podem ser apontadas da seguinte forma:



- · permite maior adesão ao pavimento existente;
- · liberação rápida ao tráfego;
- · maior resistência aos esforços tangenciais;
- · inibe a reflexão de trincas;
- · aplicação em maiores espessuras.

O micro revestimento, portanto, é uma técnica superior indicada para rodovias de alto tráfego e em locais que requeiram excelentes condições de macrotextura.

O micro revestimento consiste num acabamento delgado para superfícies, sendo uma mistura de agregados pétreos cem por cento triturados e com granulometria bem definida, emulsão asfáltica catiônica modificada por polímeros, finos minerais, água e aditivos para controle de ruptura em campo. Adequadamente dosado e aplicado como superfície de rolamento das vias urbanas e rodovias, tem mostrado ótimos resultados no aumento da vida útil dos pavimentos, na melhoria das características de aderência e de selagem das superfícies, no preenchimento dos sulcos das rodas dos veículos e pequenas irregularidades de acabamento das pistas em rodovias de alto e baixo volume de tráfego. O micro revestimento tem sido usado também como impermeabilizante na correção de imperfeições como exudação e oxidação. O uso do micro revestimento em pavimentos de concreto e estruturas de pontes e viadutos tem sido usualmente satisfatório.

Adequadamente projetado e construído, o micro revestimento tem apresentado resultados promissores na revitalização de vias e estradas, proporcionando um acréscimo de 7 a 9 anos em sua vida útil. Em consequência da capacidade do micro revestimento poder se ajustar bem à superfície existente, adaptando-se às ondulações existentes nas pistas e poder ser liberado ao tráfego em menos de uma hora após a aplicação, ele é bastante apropriado para rodovias de tráfego intenso e para áreas urbanas.

Execução de 2 (duas) camadas de micro revestimento asfáltico à frio com emulsão de

polímero a temperatura da dimensão máxima da 1ª camada e 111 (uma) camada com identificação

Execução de 2 (duas) camadas de micro revestimento asfáltico à frio com emulsão de polímeros e agregados de diâmetro máximo de ½ polegadas e 01 (uma) camada com idênticos materiais mas com agregado de diâmetro máximo de 3/8 de polegada. Após compressão com rolo pneumático esta estrutura atingirá espessura média de 5,0 (cinco) cm.

Os procedimentos para a execução do micro revestimento necessitam de mão – de – obra especializada bem como equipamentos específicos. Os materiais utilizados para a confecção do micro revestimento são:

- Agregado miúdo: nesta obra fora utilizado o pó de pedra, proveniente de uma jazida localizada em Campina Grande;
- Filer: usou – se o cimento Portland comum;
- Emulsão asfáltica modificada por polímero SBS: é uma emulsão modificada por polímero de ruptura controlada, catiônica;
- Aditivos: pode – se utilizar aceleradores ou retardadores para a ruptura da emulsão na execução do micro revestimento;
- Água: deve ser limpa e isenta de matéria orgânica, óleos e outras substâncias prejudiciais à ruptura da emulsão asfáltica.

O projeto do micro revestimento tem muito haver com a escolha do agregado adequado que é um dos fatores de sucesso na performance do micro revestimento. O agregado deverá ser britado e apresentar as seguintes características básicas, conforme a especificação DNER-ES-389/99 e ABNT:

- equivalente de areia de, no mínimo, 60%;
- resistência à abrasão Los Angeles de, no máximo, 40%;
- absorção de azul de metileno de fillers minerais de, no máximo 7,0 mg/g.

Dentro dessas condições, foi escolhido o material da pedreira Embu de Mogi das Cruzes, que nos forneceria a mistura de agregados peneirada e usinada previamente, além disto, apresentava uma excelente logística para atendimento à nossa obra. O desgaste por abrasão L.A. do agregado era de 28 %, equivalente de areia era de 79%, e a absorção de azul de metileno de 2,0 mg/g.

A composição do traço foi a seguinte:

- 70% de pó de pedra da pedreira Contec;
- 30% de pedrisco da pedreira Contec;
- filler cimento: 0,5 ppc;
- água: 8,0 ppc;
- emulsão asfáltica RL 1C com 3% de polímero SBS: 12,8 ppc.

A mistura de agregados apresentou a seguinte granulometria, totalmente inscrita à faixa III do DNER:

**Tabela 3: Granulometria dos agregados utilizados.**

Peneira	Mistura	Especif. Faixa III
3/8"	100	100
4	85,8	70-90
<b>8</b>	<b>59,5</b>	<b>45-70</b>
16	44,4	<b>28-50</b>
30	33,8	19-34
50	24,5	12-25
100	15,9	7-18
200	10	5-15

A dosagem acima, foi considerada adequada a nível laboratorial com base nos ensaios recomendados pela ISSA – International Slurry Surfacing Association, os quais também são recomendados pelo DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem:

- ISSA-TB 100 – "Wet Track Abrasion Test", perda máxima para 1 hora, 500 g/m<sup>2</sup>;
- ISSA-TB 109 – "Loaded Wheel Tester and Sand Adhesion", máximo 538 g/m<sup>2</sup>;
- ISSA-TB 114 – "Wet Stripping Test", mínimo 90%.

Por fim, na dosagem acima, ainda foram realizados pequenos ajustes de campo para melhorar a consistência e a liberação ao tráfego do micro revestimento.

No método executivo a aplicação do micro revestimento necessita - se de poucos equipamentos, normalmente são requeridos os seguintes:

- vassouras mecânicas e/ou manuais, jatos de água e/ou ar comprimido para limpar a pista onde será aplicado o micro revestimento;
- carregadeira de pneus para abastecimento de agregados no caminhão usina;
- caminhão pipa para abastecimento de água e para a limpeza da pista;
- tanque de estocagem da emulsão asfáltica e o transporte com carreta do material asfáltico até o canteiro;
- caminhão usina móvel especialmente projetado para a aplicação do micro revestimento;
- veículos de apoio;
- ferramentas manuais diversas.

A mão de obra necessária para aplicação se resume somente a 6 ou 7 pessoas.

Inicialmente a pista deve estar totalmente limpa e isenta de material solto e quaisquer impurezas, em alguns casos de trincamento mais severo, pode ser necessário um serviço de sela trinca prévio.

Passa-se então a aplicação do micro revestimento asfáltico a frio com emulsão polímero, que deve ser realizada à velocidade uniforme e adequada. A operação é extremamente simples. A maior preocupação consiste em observar a consistência da massa, abrindo ou fechando a alimentação de água do caminhão usina, de modo a obter uma

consistência uniforme e manter a caixa distribuidora uniformemente carregada de massa.

Após a aplicação deve se aguardar o rompimento e a cura do serviço para a liberação da pista, normalmente duas horas são um prazo suficientemente seguro para o tráfego ser liberado.

Importante mencionar a importância de um eficiente controle tecnológico dos serviços executados. Que será visto na parte que diz respeito aos ensaios realizados para a fiscalização destes serviços.



**Figura 19: carregando a usina de micro com pó de pedra.**

**Fonte: Pesquisa de campo**



**Figura 20: Carregando a usina de micro revestimento com água.**

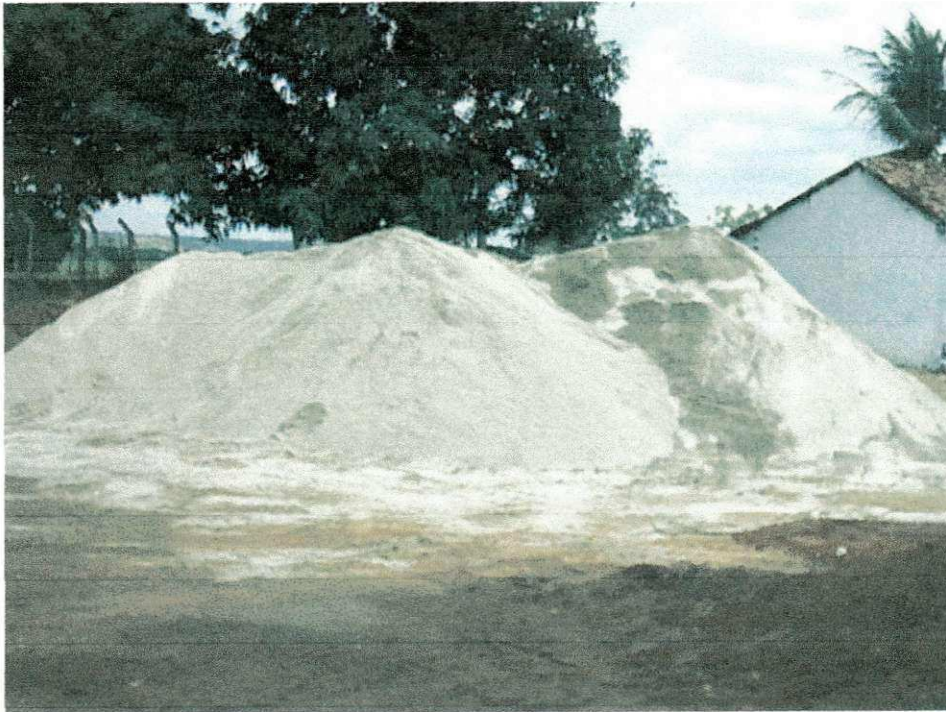
**Fonte: Pesquisa de campo**

Os materiais eram estocados num vilarejo às margens da pista, lá também se guardavam as máquinas pesadas e caminhões.



**Figura 21: Estoque de água.**

**Fonte: Pesquisa de campo**



**Figura 22: Estoque de pó de pedra.**

**Fonte: Pesquisa de campo**



**Figura 23: Estoque de cimento.**

**Fonte: Pesquisa de campo**





**Figura 24: Estoque de emulsão asfáltica.**

**Fonte: Pesquisa de campo**

Depois de carregar a usina, a mesma vai para o trecho onde será aplicado o micro revestimento com o apoio de um caminhão que carrega toda a mão – de – obra e a sinalização que serão colocados na pista de rolamento.



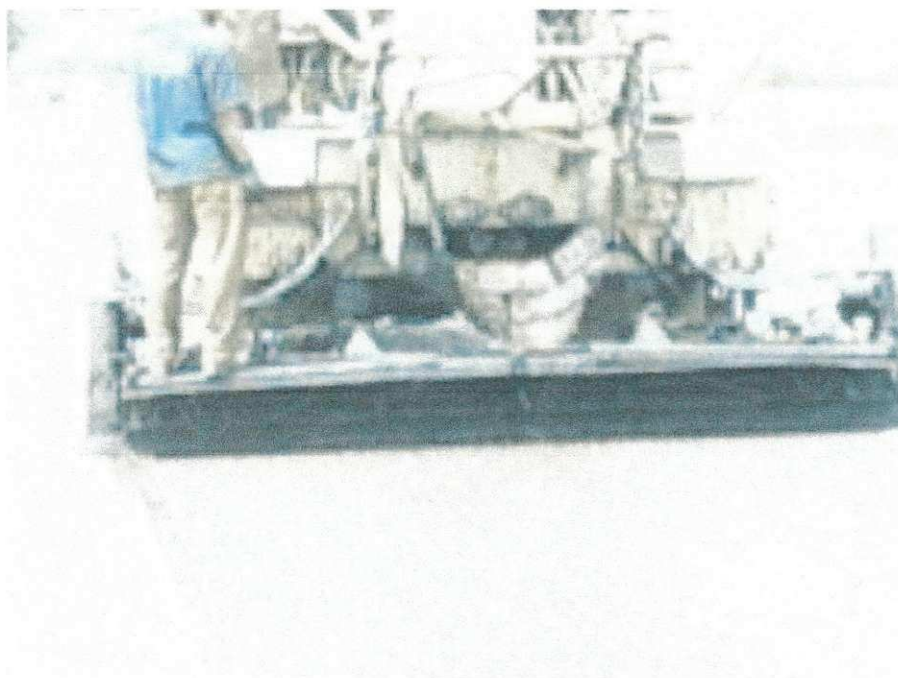
**Figura 25: Caminhão de apoio.**

**Fonte: Pesquisa de campo**

A execução do serviço pela usina de micro revestimento se dá com uma pista de rolamento interditada, uma usina é capaz de fazer a aplicação por até 800 (oitocentos) metros no máximo, pois se ultrapassar essa marca, significa que o material estará muito solto, ou seja, com segregação e não pondo em prática as suas características que são:

- Selar;
- Rejuvelhecer;
- Impermeabilizar;

Vê – se abaixo algumas fotos da usina de micro revestimento trabalhando.



**Figura 26: Usina em operação.**

**Fonte: Pesquisa de campo**



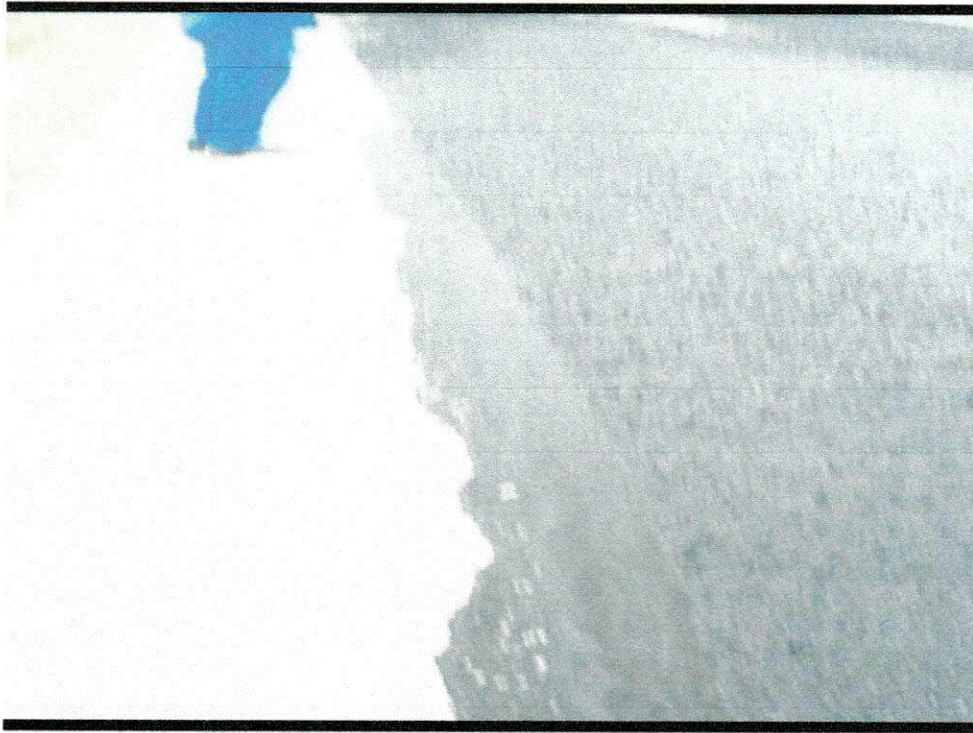
**Figura 27: Silo da usina de micro revestimento.**

**Fonte: Pesquisa de campo**



**Figura 28: Micro revestimento aplicado em uma faixa de rolamento.**

**Fonte: Pesquisa de campo**



**Figura 29: Falha na execução do micro revestimento.**

**Fonte: Pesquisa de campo**

## 5.0 Conclusão

A técnica de aplicação de micro revestimento asfáltico a frio vem preencher uma lacuna importante no desenvolvimento de novas técnicas rodoviárias. As limitações comumente impostas às aplicações de lamas asfálticas convencionais são totalmente descartadas com esta nova tecnologia.

A adição de polímeros especiais às emulsões asfálticas proporcionam modificações importantes nas propriedades reológicas dos ligantes. Estas melhorias oportunizam um aumento de durabilidade das misturas frente à abrasão e às solicitações tangenciais do tráfego, bem como frente às variações climáticas.

Outro fator fundamental a ponderar é a qualidade dos novos caminhões usinas móveis à disposição da comunidade rodoviária. As inovações tecnológicas agregadas a esses novos equipamentos facilitaram muito a adoção dessa técnica com sucesso.

O estágio foi desenvolvido de forma prática, porém sempre com o acompanhamento da teoria e também de especificações de serviço. As experiências adquiridas nos moldes práticos foram incontáveis. Aprendendo a tomar decisões e a aceitar decisões, obtendo desenvoltura de liderança na hora e na medida certa.

O profissional de engenharia civil quando está em uma obra passar a ser não só engenheiro, mas sim um administrador, um economista, um psicólogo, um médico, entre tantas outras responsabilidades perante os seus comandados. Sempre agindo de forma rígida, porém amigável, nós profissionais deste ramo amplo e difícil de ser conquistado, temos que estar preparados para o mercado de trabalho e seus empecilhos.

Como forma de conclusão de curso veio a mim a oportunidade de estagiar numa área muito satisfatória, pois eu sempre me vi trabalhando em uma estrada, das distintas áreas da engenharia civil, a que mais me dar prazer em desvendar é esta. Portanto não me veio

oportunidade melhor de estudar uma nova tecnologia chamada de micro revestimento asfáltico modificado por polímero SBS, na qual foi bem narrado por minha pessoa de forma bem pessoal e com poucas citações de autores.

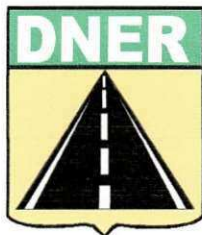
Conclui – se deste relatório que o micro revestimento, pode ser empregado de melhor forma como uma camada selante, impermeabilizando a rodovia. E não aplicando o mesmo sobre uma rodovia recém construída, que neste caso o CBUQ ainda atua como a melhor forma possível de se construir, hoje talvez nem tanto já que o concreto esta batendo as portas da pavimentação e mostrando ser, embora mais caro, mais durável e com uma maior vida útil.

## 6.0 Referências

- ✓ [www.dner.gov.br](http://www.dner.gov.br) Acesso em 07 / 04 / 2005.
- ✓ [www.dnit.gov.br](http://www.dnit.gov.br) Acesso em 07 / 04 / 2005.
- ✓ [www.paraiba.pb.gov.br](http://www.paraiba.pb.gov.br) Acesso em 07 / 04 / 2005.
- ✓ Notas de Aula, Professor José Afonso G. Macêdo

## **7.0 Anexos**





**MT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM  
DIRETORIA DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO - IPR  
DIVISÃO DE CAPACITAÇÃO TECNOLÓGICA**

Rodovia Presidente Dutra km 163 - Centro Rodoviário, Parada de Lucas  
Rio de Janeiro, RJ - CEP 21240-330

**Norma rodoviária  
Especificação de Serviço  
DNER-ES 389/99  
p. 01/11**

**Pavimentação - micro revestimento asfáltico a frio com emulsão modificada por polímero**

Reprodução permitida desde que citado o DNER como fonte

**RESUMO**

Este documento define a sistemática empregada na execução do micro revestimento asfáltico a frio com emulsão modificada por polímero para selamento, impermeabilização, rejuvenescimento e conservação dos pavimentos. Neste documento encontram-se definidos os requisitos concernentes a material, equipamento, execução e controle de qualidade, além dos critérios para aceitação, rejeição e medição dos serviços.

**ABSTRACT**

This document defines the methods and proceedings to be used in the manufacturing and use of micro cold wearing courses with polymer modified emulsion for sealing, waterproofing, regeneration and maintenance of pavements. It also presents the requirements concerning materials, equipment and control, besides the requirements for service's acceptance, rejection and measurement.

**SUMÁRIO**

- 0 Prefácio
- 1 Objetivo
- 2 Referências

- 3 Definição
- 4 Condições gerais
- 5 Condições específicas
- 6 Manejo ambiental
- 7 Inspeção
- 8 Critérios de medição
- 9 Recomendação

**0 PREFÁCIO**

Esta Norma estabelece a sistemática empregada na execução e no controle da qualidade do serviço em epígrafe.

**1 OBJETIVO**

Fixar a sistemática a ser usada na confecção e aplicação do micro revestimento asfáltico a frio utilizando emulsão modificada por polímero com o objetivo de selar, impermeabilizar ou rejuvenescer pavimentos asfálticos.

**Macrodescriptores MT** : pavimentação

**Microdescriptores DNER** : micro revestimento asfáltico a frio, emulsão asfáltica modificada por polímero

**Palavras-chave IRRD/ IPR** : revestimento (3612), mistura asfáltica (9047), material asfáltico (4989), emulsão asfáltica modificada por polímero

**Descritores SINORTEC** : asfalto polímero, pavimento

Aprovada pelo Conselho Administrativo em 09/03/99, Resolução nº 06/99, Sessão nº CA/03/99

Autor: DNER/DrDTe (IPR)

Processo nº 51100009011/98.08

Esta norma substitui a norma DNER-ES 320/97 "Pavimentação - micro revestimento betuminoso a frio"

Resolução do Conselho Administrativo nº 18/99, Sessão nº 08/99 de 21/12/99

## 2 REFERÊNCIAS

Para entendimento desta Norma deverão ser consultados os documentos seguintes:

- a) DNER-EM 396/99 - Cimento asfáltico modificado por polímero;
- b) DNER-ES 279/97 - Terraplanagem - caminhos de serviço;
- c) DNER-ME 002/98 - Emulsão asfáltica - carga da partícula;
- d) DNER-ME 005/94 - Emulsão asfáltica - determinação da peneiração;
- e) DNER-ME 006/94 - Emulsões asfálticas - determinação da sedimentação;
- f) DNER-ME 035/98 - Agregados - determinação da abrasão "**Los Angeles**";
- g) DNER-ME 054/94 - Equivalente de areia;
- h) DNER-ME 059/94 - Emulsões asfálticas - determinação da resistência à água (adesividade);
- i) DNER-ME 063/94 - Emulsões asfálticas catiônicas - determinação da desemulsibilidade;
- j) DNER-ME 079/94 - Agregado - adesividade a ligante betuminoso;
- l) DNER-ME 083/98 - Agregados - análise granulométrica;
- m) DNER-ME 089/94 - Agregados - avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio;
- n) DNER-PRO 277/97 - Metodologia para controle estatístico de obras e serviços;
- o) ABNT-MB 581/71 - Viscosidade **Saybolt-Furol** de emulsões asfálticas;
- p) ABNT-NBR 6568/84 - Determinação do resíduo de destilação de emulsão asfáltica;
- q) ASTM-D 2172 - Misturas betuminosas - extração de betume;
- r) ISSA-A 105/91 - Lama asfáltica (**Slurry Seal**);
- s) ISSA-TB N° 100/90 - **Wet Track Abrasion Test - WTAT**;
- t) ISSA-TB N° 109/90 - **Loaded Wheel Tester - LWT**;
- u) ISSA-TB N° 114/90 - **Wet Stripping Test - WST**;
- v) Pesquisa de asfaltos modificados por polímeros - Divisão de Pesquisas e Desenvolvimento, IPR/DNER - 1998.

## 3 DEFINIÇÃO

Para os efeitos desta Norma é adotada a definição seguinte:

Micro revestimento asfáltico a frio com emulsão modificada por polímero - consiste na associação de agregado, material de enchimento (filer), emulsão asfáltica modificada por polímero do tipo SBS, água, aditivos se necessários, com consistência fluida, uniformemente espalhada sobre uma superfície previamente preparada.

## 4 CONDIÇÕES GERAIS

4.1 O micro revestimento asfáltico a frio com emulsão modificada por polímero pode ser empregado como camada selante, impermeabilizante e rejuvenescedora ou como camada anti-derrapante de pavimentos.

4.2 Não é permitida a execução dos serviços, objeto desta Especificação, em dias de chuva.

4.3 Todo carregamento de emulsão asfáltica modificada por polímero que chegar à obra deve apresentar certificado de análise, além de trazer indicação clara da procedência, do tipo, da quantidade do seu conteúdo e da distância de transporte entre a refinaria ou fábrica e o canteiro de serviço.

## 5 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

### 5.1 Material

Os constituintes do micro revestimento asfáltico a frio são: o agregado miúdo, material de enchimento (filer), emulsão asfáltica modificada por polímero do tipo SBS, aditivos se necessários, e água, os quais devem satisfazer as especificações aprovadas pelo DNER. O micro revestimento asfáltico a frio com emulsão polimerizada deve satisfazer aos requisitos exigidos nesta Especificação.

#### 5.1.1 Emulsão asfáltica modificada por polímero

Emulsão asfáltica modificada por polímero de ruptura controlada, catiônica ou aniônica, dependendo do tipo de agregado.

#### 5.1.2 Aditivos

Podem ser empregados aditivos para acelerar ou retardar a ruptura da emulsão na execução do micro revestimento asfáltico a frio.

#### 5.1.3 Água

Deve ser limpa, isenta de matéria orgânica, óleos e outras substâncias prejudiciais à ruptura da emulsão asfáltica. Será empregada na quantidade necessária a promover consistência adequada.

#### 5.1.4 Agregados

5.1.4.1 É constituído de areia, pó-de-pedra ou mistura de ambos. Suas partículas individuais devem ser resistentes e apresentar moderada angulosidade, livre de torrões de argila, substâncias nocivas e apresentar as características seguintes:

- a) desgaste Los Angeles igual ou inferior a 40% (DNER-ME 035) no agregado antes da sua britagem. Entretanto, podem ser admitidos valores de desgaste maiores no caso de desempenho satisfatório em utilização anterior;
- b) durabilidade, perda inferior a 12% (DNER-ME 089);
- c) equivalente de areia igual ou superior a 60% (DNER-ME 054);
- d) adesividade.

### 5.1.5 Material de enchimento (filer)

Deve ser constituído por materiais finamente divididos, não plásticos, secos e isentos de grumos, tais como, cimento Portland, cal extinta, pós calcários, e outros que atendam a granulometria seguinte:

Peneira de malha quadrada		Percentagem passando, em peso
ABNT	Abertura, mm	
Nº 40	0,42	100
Nº 80	0,18	95-100
Nº 200	0,075	65-100

### 5.2 Composição da mistura

5.2.1 A dosagem adequada do micro revestimento asfáltico a frio é realizada com base nos ensaios recomendados pela **ISSA - International Slurry Surfacing Association**:

ISSA-TB 100 - "**Wet Track Abrasion Test**" - perda máxima para 1 hora - 500g/m<sup>2</sup>

ISSA-TB 109 - "**Loaded Wheel Tester e Sand Adhesion**" máximo - 538g/m<sup>2</sup>

ISSA-TB 114 - "**Wet Stripping Test**" mínimo - 90%

5.2.2 Um ajuste de dosagem dos componentes do micro revestimento asfáltico a frio pode ser feito nas condições de campo, antes do início do serviço.

5.2.3 A composição granulométrica da mistura de agregados deve satisfazer os requisitos do quadro seguinte, com as respectivas tolerâncias quando ensaiadas pelo Método DNER-ME 083.

Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em peso (faixas)			Tolerância na curva de projeto (%)
ABNT	Abertura, mm	II	III	IV	
1/2"	12,5	-	-	100	-
3/8"	9,5	100	100	85 - 100	± 5
nº 4	4,75	90 - 100	70 - 90	60 - 87	± 5
nº 8	2,36	65 - 90	45 - 70	40 - 60	± 5
nº 16	1,18	45 - 70	28 - 50	28 - 45	± 5
nº 30	0,60	30 - 50	19 - 34	19 - 34	± 5
nº 50	0,33	18 - 30	12 - 25	14 - 25	± 5
nº 100	0,15	10 - 21	7 - 18	8 - 17	± 3
nº 200	0,075	5 - 15	5 - 15	4 - 8	± 2
Asfalto residual	% em peso do agregado	5,5 - 9,5	5,5 - 9,5	5,0 - 9,0	± 0,3
Filler	% em peso do agregado	0 - 3	0 - 3	0 - 3	-
Polímero	% em peso do asfalto residual	3 mín.	3 mín.	3 mín.	-
Taxa de aplicação	kg/m <sup>2</sup>	5 - 11	8 - 16	15 - 30	-
Espessura (mm)	-	4 - 15	6 - 20	10 - 30	-

As tolerâncias constantes do quadro são permitidas desde que os limites da faixa não sejam ultrapassados.

### 5.3 Equipamento

#### 5.3.1 Equipamento de limpeza

Para limpeza da superfície utilizam-se vassouras mecânicas, jatos de ar comprimido, ou outros.

#### 5.3.2 Equipamento de mistura e de espalhamento

O micro revestimento asfáltico a frio com emulsão modificada por polímero deve ser executado com equipamento apropriado que apresente as características mínimas seguintes:

- siló para agregado miúdo;
- depósitos separados para água, emulsão asfáltica e aditivos;
- depósito para material de enchimento (filer), com alimentador automático;
- sistema de circulação e alimentação do ligante asfáltico, interligado por acoplagem direta ou não, com sistema de alimentação do agregado miúdo, de modo a assegurar perfeito controle de traço;

- e) sistema misturador capaz de processar uma mistura uniforme e de despejar a massa diretamente sobre a pista, em operação contínua, sem processo de segregação;
- f) chassi - todo o conjunto descrito nos itens anteriores é montado sobre um chassi móvel autopropulsado, ou atrelado a um cavalo mecânico, ou trator de pneus;
- g) caixa distribuidora - esta peça se apoia diretamente sobre o pavimento atrelada ao chassi. Deve ser montada sobre borracha, ter largura regulável para 3,50m (meia pista) e ser suficientemente pesada para garantir uniformidade de distribuição e bom acabamento.

Em casos especiais, a mistura pode ser executada na pista, manualmente. Neste processo a mistura é realizada em betoneiras, derramada diretamente sobre a pista e espalhada uniformemente por operários munidos de rodos e vassourões apropriados. O processo manual é entretanto, falho e moroso, podendo ser adotado, apenas em obras de pequeno vulto.

#### 5.4 Execução

##### 5.4.1 Aplicação do micro revestimento asfáltico a frio

A aplicação do micro revestimento asfáltico a frio com emulsão polímero deve ser realizada à velocidade uniforme, a mais reduzida possível. Em condições normais, a operação se processa com bastante simplicidade. A maior preocupação requerida consiste em observar a consistência da massa, abrindo ou fechando a alimentação d'água, de modo a obter uma consistência uniforme e manter a caixa distribuidora uniformemente carregada de massa.

##### 5.4.2 Correção de falhas

As possíveis falhas de execução, tais como, escassez ou excesso de massa, irregularidade na emenda de faixas, devem ser corrigidas, imediatamente, após a execução. A escassez é corrigida com adição de massa e os excessos com a retirada por meio de rodos de madeira ou de borracha. Após estas correções, a superfície áspera deixada é alisada com a passagem suave de qualquer tecido espesso, umedecido com a própria massa, ou com emulsão.

## 6 MANEJO AMBIENTAL

Para execução da camada betuminosa do micro revestimento asfáltico a frio são necessários trabalhos envolvendo a utilização de emulsão asfáltica modificada e agregados.

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

### 6.1 Agregados

No decorrer do processo de obtenção de agregados de pedreiras devem ser considerados os seguintes cuidados principais:

6.1.1 A brita e a areia somente são aceitas após apresentação da licença ambiental de operação da pedreira/areal cuja cópia da licença deve ser arquivada junto ao Livro de Ocorrências da obra.

6.1.2 Evitar a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação ambiental.

6.1.3 Planejar adequadamente a exploração da pedreira de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e possibilitar a recuperação ambiental após a retirada de todos os materiais e equipamentos.

6.1.4 Impedir queimadas como forma de desmatamento.

6.1.5 Seguir as recomendações constantes da Norma DNER-ES 279 para os Caminhos de Serviço.

6.1.6 Construir junto às instalações de britagem bacias de sedimentação para retenção do pó de pedra eventualmente produzido em excesso ou por lavagem da brita, evitando seu carreamento para cursos d'água.

6.1.7 Exigir a documentação atestando a regularidade das instalações pedreira/areal/usina, assim como sua operação, junto ao órgão ambiental competente, caso estes materiais sejam fornecidos por terceiros.

6.2 Emulsão asfáltica modificado por polímero

6.2.1 Instalar os depósitos em locais afastados de cursos d'água.

6.2.2 Vedar o refugo de materiais usados à beira da estrada ou em outros locais onde possam causar prejuízos ambientais.

6.2.3 Recuperar a área afetada pelas operações de construção/execução, mediante a remoção da usina e dos depósitos, e a limpeza de canteiro de obras.

As operações em usinas misturadoras a frio englobam:

- a) estocagem, dosagem, peneiramento e transporte dos agregados frios;
- b) transporte e estocagem do filer;
- c) transporte, estocagem e aquecimento de óleo combustível e emulsão asfáltica modificada.

#### Agentes e fontes poluidoras

Agente poluidor	Fontes poluidoras
I. Emissão de partículas	As fontes são: peneiramento, transferência e manuseio de agregados, balança, pilhas de estocagem e tráfego de veículos e vias de acesso.
II. Emissão de gases	Combustão do óleo: óxido de enxofre, óxido de nitrogênio, monóxido de carbono e hidrocarbonetos no tanque de emulsão. Aquecimento de emulsão asfáltica: hidrocarbonetos. Tanques de estocagem de óleo combustível e de cimento asfáltico: hidrocarbonetos.
III. Emissões fugitivas	As principais fontes são pilhas de estocagem ao ar livre, carregamento dos silos frios, vias de tráfego, área de peneiramento, pesagem e mistura. São quaisquer lançamentos ao ambiente, sem passar primeiro por alguma chaminé ou duto projetados para corrigir ou controlar o seu fluxo.

### 6.3 Quanto à instalação

6.3.1 Definir no projeto executivo áreas para as instalações industriais, de maneira a alcançar o mínimo de agressão ao meio ambiente.

6.3.2 Atribuir à executante responsabilidade pela obtenção da licença de instalação/operação.

### 6.4 Operação

6.4.1 Dotar os silos de estocagem de agregados de proteções laterais e cobertura, para evitar a dispersão das emissões fugitivas durante a operação de carregamento.

6.4.2 Pavimentar e manter limpas as vias de acesso internas, de tal modo que as emissões provenientes do tráfego de veículos não ultrapassem 20% de opacidade.

6.4.3 Dotar os silos de estocagem de filer de sistema próprio de filtragem a seco.

6.4.4 Manter em boas condições de operação todos os equipamentos de processo e de controle.

6.4.5 Substituir o óleo combustível por outra fonte de energia menos poluidora (gás ou eletricidade) e o estabelecimento de barreiras vegetais no local, sempre que possível.

## 7 INSPEÇÃO

### 7.1 Controle de qualidade do material

Todos os materiais devem ser examinados em laboratório, obedecendo à metodologia indicada pelo DNER, e aceitos de acordo com as especificações em vigor.

#### 7.1.1 Emulsão asfáltica modificada por polímero

O controle de qualidade da emulsão asfáltica consta do seguinte:

a) Para todo carregamento que chegar à obra:

01 ensaio de viscosidade **Saybolt-Furol**, (ABNT-MB 581);

01 ensaio de resíduo (ABNT NBR-6568);

01 ensaio de peneiramento, (DNER-ME 005);

01 ensaio de carga de partícula, (DNER-ME 002);

01 ensaio de recuperação elástica a 25°C, no resíduo da emulsão, (DNER-ME 382).

b) Para cada 100t:

01 ensaio de sedimentação, (DNER-ME 006);

01 ensaio de destilação, (ABNT NBR-6568);



c) Para cada 500 t:

01 ensaio de infra-vermelho no resíduo da emulsão para determinação do teor de polímero, sendo permitida uma tolerância de  $\pm 0,4\%$  do teor de projeto.

#### 7.1.2 Agregados

O controle de qualidade dos agregados por jornada de 8 horas de trabalho consta do seguinte:

02 ensaios de granulometria de cada agregado, (DNER-ME 083);

01 ensaio de adesividade, (DNER-ME 079 e DNER-ME 059);

01 ensaio de equivalente de areia, (DNER-ME 054).

#### 7.2 Controle da execução

O controle da execução é exercido através de coleta aleatória de amostras, ensaios e determinações.

##### 7.2.1 Verificação do equipamento

Cada equipamento empregado na aplicação do micro revestimento asfáltico a frio deve ser calibrado no início dos serviços através da execução de segmentos experimentais.

As verificações efetuadas são as seguintes:

- a) consistência da mistura espalhada;
- b) atendimento do projeto da mistura conforme os itens seguintes, 7.2.2 e 7.2.3;
- c) quantidade e velocidades de aplicação para proporcionar o acabamento desejado.

Se ao final destas três verificações em segmentos experimentais os resultados esperados não forem alcançados, deve ser revisto todo o processo de calibração do equipamento.

##### 7.2.2 Controle de quantidade do ligante asfáltico modificado por polímero

A quantidade de ligante asfáltico deve ser determinada através da retirada de amostras aleatórias em cada segmento de aplicação, além da extração de betume com o aparelho **Soxhlet** (ASTM-D-2172). A percentagem de ligante residual pode variar, no máximo,  $\pm 0,3\%$  da fixada no projeto.

##### 7.2.3 Controle da graduação da mistura de agregados

O controle da graduação da mistura de agregados é feito através da análise granulométrica da mistura de agregados provenientes do ensaio de extração do item anterior. As tolerâncias são dadas no traço fixado no projeto.

O número de determinações utilizadas nos ensaios de controle do micro revestimento asfáltico a frio deve ser definido, em função do risco assumido de se rejeitar um serviço de boa qualidade, conforme a Tabela seguinte:

Tabela de amostragem variável

n	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	19	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	1,04	1,01
$\alpha$	0,45	0,35	0,30	0,25	0,19	0,19	0,13	0,10	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01

n = nº de amostras

k = coeficiente multiplicador

 $\alpha$  = risco do executante

O número mínimo de determinações por jornada de 8 horas de trabalho é de cinco.

### 7.3 Verificação final da qualidade

#### 7.3.1 Acabamento da superfície

A superfície acabada é verificada visualmente devendo se apresentar desempenada e com o mesmo aspecto e textura obtidos nos segmentos experimentais.

#### 7.3.2 Alinhamentos

A verificação dos alinhamentos do eixo e bordos nas diversas seções correspondentes às estacas da locação é feita a trena. Os desvios verificados não devem exceder  $\pm 5$  cm.

### 7.4 Critérios de aceitação e rejeição

7.4.1 Todos os ensaios dos materiais indicados em 7.1 devem atender aos requisitos especificados em 5.1.

7.4.2 Para o controle da quantidade de ligante asfáltico e granulometria da mistura asfáltica em que são especificadas faixas de valores máximos e mínimos, devem ser verificadas as condições seguintes:

$\bar{X} - ks < \text{valor mínimo especificado}$  ou  $\bar{X} + ks > \text{valor máximo especificado} \Rightarrow$  rejeitar o serviço;

$\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo especificado}$  e  $\bar{X} + ks \leq \text{valor máximo especificado} \Rightarrow$  aceitar o serviço.

Sendo:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Onde:

$X_i$  - valores individuais.

$\bar{X}$  - média da amostra.

s - desvio padrão da amostra.

k - coeficiente tabelado em função do número de determinações.

n - número de determinações.

7.4.3 Os serviços rejeitados devem ser corrigidos, complementados ou refeitos.

7.4.4 Os resultados do controle estatístico são registrados em relatórios periódicos de acompanhamento e associados à medição dos serviços.

## 8 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO

Os serviços aceitos são medidos de acordo com os critérios seguintes:

8.1 O micro revestimento asfáltico a frio é medido na pista através da área executada, em metros quadrados, incluindo todas as operações e encargos para a execução destes serviços, inclusive o armazenamento e transporte da emulsão asfáltica, dos tanques de estocagem à pista, bem como, a produção e o transporte de agregados.

8.2 A quantidade de emulsão efetivamente aplicada é obtida através da média aritmética dos valores medidos na pista, em toneladas.

8.3 Deve ser medido o transporte da emulsão asfáltica efetivamente aplicada entre a refinaria ou fábrica e o canteiro de serviço.

## 9 RECOMENDAÇÃO

9.1 Os serviços rejeitados poderão ser corrigidos de acordo com as proposições das Instruções para Controle Tecnológico de Serviços de Pavimentação, resolução 1715/87 do Conselho Administrativo do DNER, com as devidas adaptações onde couber.

9.2 Recomenda-se  $\alpha = 0,10$  da Tabela de amostragem variável do item 7.2.3. A frequência das determinações de campo poderá ser realizada a cada  $700\text{m}^2$  de pista.



## NORMA DNIT 035/2004 - ES

### Pavimentos flexíveis – Micro revestimento asfáltico a frio com emulsão modificada por polímero – Especificação de serviço

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES  
DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-  
ESTRUTURA DE TRANSPORTES  
DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E  
PESQUISA  
INSTITUTO DE PESQUISAS  
RODOVIÁRIAS  
Rodovia Presidente Dutra, km 163  
Centro Rodoviário – Vigário Geral  
Rio de Janeiro – RJ – CEP 21240-330  
Tel/fax: (0xx21) 3371-5886

Autor: Diretoria de Planejamento e Pesquisa / IPR  
Processo: 50.607.014.423/2004-98  
Origem: Revisão da norma DNER-ES 389/99  
Aprovação pela Diretoria Executiva do DNIT na reunião de: \_\_\_/\_\_\_/2004

*Direitos autorais exclusivos do DNIT, sendo permitida reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte (DNIT), mantido o texto original e não acrescentado nenhum tipo de propaganda comercial.*

**Palavras-chave:**  
Micro revestimento asfáltico a frio, emulsão modificada por polímero, especificação de serviço

**Nº total de páginas**  
09

#### Resumo

Este documento define a sistemática a ser empregada na execução de camada do micro revestimento asfáltico a frio com emulsão modificada por polímero para selamento, impermeabilização, rejuvenescimento e conservação dos pavimentos. Neste documento encontram-se definidos os requisitos concernentes a material, equipamento, execução e controle de qualidade, além dos critérios para aceitação, rejeição e medição dos serviços.

#### Abstract

This document defines the methods and proceedings to be used in the manufacturing and use of micro cold wearing courses with polymer modified emulsion for sealing, waterproofing, regeneration and maintenance of pavements. It also presents the requirements concerning materials, equipment and control, besides the requirements for service's acceptance, rejection and measurement.

#### Sumário

Prefácio.....	1
1 Objetivo.....	1
2 Referências.....	2

3 Definição.....	2
4 Condições gerais.....	2
5 Condições específicas.....	3
6 Manejo ambiental.....	4
7 Inspeção.....	6
8 Critérios de medição.....	8
Índice Geral.....	9

#### Prefácio

A presente Norma foi preparada pela Diretoria de Planejamento e Pesquisa, para servir como documento base na sistemática a ser empregada na execução de micro revestimento asfáltico a frio com emulsão modificada por polímero. Está formatada de acordo com a norma DNIT 001/2002-PRO e cancela e substitui a norma DNER-ES 318/97.

#### 1 Objetivo

Fixar a sistemática a ser usada na confecção e aplicação do micro revestimento asfáltico a frio utilizando emulsão modificada por polímero com o objetivo de selar, impermeabilizar ou rejuvenescer pavimentos asfálticos.

## 2 Referências

Os documentos relacionados neste item 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, se houver.

- a) -DNER-EM 396/99 - Cimento asfáltico modificado por polímero;
- b) DNER-ME 002/98 - Emulsão asfáltica - carga da partícula;
- c) DNER-ME 005/94 - Emulsão asfáltica - determinação da peneiração;
- d) DNER-ME 006/94 - Emulsões asfálticas - determinação da sedimentação;
- e) DNER-ME 035/98 - Agregados - determinação da abrasão "Los Angeles";
- f) DNER-ME 054/94 - Equivalente de areia;
- g) DNER-ME 059/94 - Emulsões asfálticas - determinação da resistência à água (adesividade)
- h) DNER-ME 063/94 - Emulsões asfálticas catiônicas - determinação da desemulsibilidade;
- i) DNER-ME 083/98 - Agregados - análise granulométrica;
- j) DNER-ME 089/94 - Agregados - avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio ;
- k) ABNT-MB 581/71 - Viscosidade Saybolt-Furol de emulsões asfálticas;
- l) ABNT-NBR 6568/84 - Determinação do resíduo de destilação de emulsão asfáltica;
- m) ASTM-D 2172 - Misturas betuminosas - extração de butume;
- n) ISSA-A 105/91 - Lama asfáltica (Slurry Seal);
- o) ISSA-TB Nº 100/90 - Wet Track Abrasion Loss - WTAS;

- p) ISSA-TB Nº 109/90 - Loaded Wheel Tester - LWT;
- q) ISSA-TB Nº 114/90 - Wet Stripping Test - WST;
- r) DNER-PRO 277/97 - Metodologia para controle estatístico de obras e serviços;
- s) DNIT 011/2003-PRO - Gestão de Qualidade em Obras Rodoviárias.

## 3 Definição

Para os efeitos desta Norma é adotada a definição seguinte:

- Micro revestimento asfáltico a frio com emulsão modificada por polímero - consiste na associação de agregado, material de enchimento (filler), emulsão asfáltica modificada por polímero do tipo SBS, água, aditivos se necessários, com consistência fluida, uniformemente espalhada sobre uma superfície previamente preparada.

## 4 Condições Gerais

O micro revestimento asfáltico a frio com emulsão modificada por polímero pode ser empregado como camada selante, impermeabilizante, regularizadora e rejuvenescedora ou como camada antiderrapante de pavimentos.

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

Todo o carregamento de emulsão asfáltica modificada com polímero que chegar à obra deve apresentar certificado de resultados de análise dos ensaios de caracterização exigidos pela especificação, correspondente à data de fabricação ou ao dia de carregamento e transporte para o canteiro de serviço, se o período entre os dois eventos ultrapassar de 10 dias. Deve trazer também indicação clara da sua procedência, do tipo e quantidade do seu conteúdo e distância de transporte entre a fábrica e o canteiro de obra.

Nota: Vide item 7.1.1 - Emulsão asfáltica modificada com polímero.

## 5 Condições Específicas

### 5.1 Material

Os constituintes do micro revestimento asfáltico a frio são: agregado miúdo, material enchimento (filler), emulsão asfáltica modificada por polímero do tipo SBS, aditivos se necessários e água, os quais devem satisfazer as especificações aprovadas pelo DNER. O micro revestimento asfáltico a frio com emulsão polimerizada deve satisfazer aos requisitos exigidos nesta Especificação, a qual seguiu de uma maneira geral as indicações da ISSA - A 143 - Recommended Performance Guidelines for Micro-Surfacing.

#### 5.1.1 Emulsão asfáltica modificada por polímero

Emulsão asfáltica modificada por polímero de ruptura controlada, catiônica.

#### 5.1.2 Aditivos

Podem ser empregados aditivos para acelerar ou retardar a ruptura da emulsão na execução do micro revestimento asfáltico a frio.

#### 5.1.3 Água

Deve ser limpa, isenta de matéria orgânica, óleos e outras substâncias prejudiciais à ruptura da emulsão asfáltica. Será empregada na qualidade necessária a promover consistência adequada.

#### 5.1.4 Agregados

É constituído de agregados, pó-de-pedra ou mistura de ambos. Suas partículas individuais devem ser resistentes, livres de torrões de argila, substâncias nocivas e apresentar as características seguintes:

- a) desgaste Los Angeles igual ou inferior a 40% (DNER- ME 035) no agregado antes da sua britagem. Entretanto, podem ser admitidos valores de desgaste maiores no caso de desempenho satisfatório em utilização anterior:

- b) durabilidade, perda inferior a 12% (DNER-ME 089);
- c) equivalente de areia igual ou superior a 60% (DNER-ME 054);

#### 5.1.5 Material de enchimento (filler)

Quando necessário deve ser constituído por materiais finamente divididos, não plásticos, secos e isentos de grumos, tais como pó de pedra, cimento Portland, Cal extinta, pós-calcários, de acordo com a Norma DNER EM-367:

### 5.2 Composição da mistura

A composição granulométrica da mistura de agregados deve satisfazer os requisitos do quadro deste item, com as respectivas tolerâncias quando ensaiadas pelo Método DNER-ME 083.

Outras informações gerais sobre o asfalto residual da mistura taxas de aplicação / espessuras e utilização, estão também apresentadas no quadro.

A dosagem adequada do micro revestimento asfáltico a frio é realizada com base nos ensaios recomendados pela ISSA - International Slurry Surfacing Association:

Um ajuste de dosagem dos componentes do micro revestimento asfáltico a frio pode ser feito nas condições de campo, antes do início do serviço.

MÉTODOS E CONDIÇÕES DE DOSAGEM (ISSA - 143)	
Método	Resultado
ISSA - TB 100 Wet Track Abrasion Loss	máximo 1 hora ou 538 gr/m <sup>2</sup>
ISSA - TB 109 Loaded Wheel Test - Sand Adhesion	máximo 538 gr/m <sup>2</sup>
ISSA - TB 614 Wet Stripping Test	mínimo 90% coberto

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DA MISTURA DE AGREGADOS (PSSA - 142)					
Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em peso			Tolerância de curva de projeto (%)
Peneiras		Faixa I	Faixa II	Faixa III	
Nome	Abertura, mm				
1/2"	12,5	-	-	100	-
2 1/2"	63,5	100	100	85 - 100	± 5
nº 4	4,75	90 - 100	70 - 90	60 - 87	± 5
nº 8	2,36	85 - 90	45 - 70	40 - 60	± 5
nº 16	1,18	45 - 70	28 - 50	28 - 45	± 5
nº 30	0,60	30 - 50	19 - 34	19 - 34	± 5
nº 50	0,30	11 - 21	12 - 25	14 - 25	± 5
nº 100	0,15	10 - 21	7 - 18	8 - 17	± 5
nº 200	0,075	5 - 15	5 - 15	4 - 8	± 3
Asfalto residual	% em peso do agregado	7,5 - 13,5	6,5 - 12,0	5,5 - 7,5	± 2
Fiber	% em peso do agregado	0 - 3	0 - 3	0 - 3	± 0,3
Polímero	% em peso do asfalto residual	3 min	3 min	3 min	-
Taxa de aplicação	Kg/m <sup>2</sup>	5 - 19	8 - 16	15 - 30	-
Espessura (mm)	-	4 - 15	6 - 20	12 - 37	-
Utilização	-	Áreas Urbanas aeroportos	Rodovias de Tráfego pesado Trilhos de Roda	Regularização de Rodovias e Rodovias de Tráfego pesado	-

NOTA: As tolerâncias constantes do quadro são permitidas desde que os limites da faixa não sejam ultrapassados

### 5.3 Equipamento

#### 5.3.1 Equipamento de limpeza

Para limpeza da superfície utilizam-se vassouras mecânicas, jatos de ar comprimido, ou outros.

#### 5.3.2 Equipamento de mistura e de espalhamento

O micro revestimento asfáltico a frio com emulsão modificada por polímero deve ser executado com equipamento apropriado que apresente as características mínimas seguintes:

- silo para agregado miúdo;
- depósito separados para água, emulsão asfáltica e aditivos;
- depósito para material de enchimento (filler), com alimentador automático;
- sistema de circulação e alimentação do ligante asfáltico, interligado por acoplagem direta ou não, com sistema de alimentação do agregado miúdo, de modo a assegurar perfeito controle de traço;
- sistema misturador capaz de processar uma mistura uniforme e de despejar a massa diretamente sobre a pista, em

operação contínua, sem processo de segregação:

- chassi - todo o conjunto descrito nos itens anteriores é montado sobre um chassi móvel autopropulsado, ou atrelado a um cavalo mecânico, ou trator de pneus;
- caixa distribuidora - esta peça se apoia diretamente sobre o pavimento atrelada ao chassi. Deve ser montada sobre borracha, ter largura regulável para 3,50m (meia pista) e ser suficientemente pesada para garantir uniformidade de distribuição e bom acabamento.

### 5.4 Execução

Aplicação do micro revestimento asfáltico a frio com emulsão polímero deve ser realizada à velocidade uniforme, a mais reduzida possível. Em condições normais, a operação se processa com bastante simplicidade. A maior preocupação requerida consiste em observar a consistência da massa, abrindo ou fechando a alimentação d'água, de modo a obter uma consistência uniforme e manter a caixa distribuidora uniformemente carregada de massa.

### 5.5 Correção de falhas

As possíveis falhas de execução, tais como, escassez ou excesso de massa, irregularidade na emenda de faixas, devem ser corrigidas, imediatamente, após a execução. A escassez é corrigida com adição de massa e os excessos com a retirada por meio de rodos de madeira ou de borracha. Após estas correções, a superfície áspera deixada é alisada com a passagem suave de qualquer tecido espesso, umedecido com a própria massa, ou com emulsão.

## 6 Manejo Ambiental

Para execução da camada betuminosa do micro revestimento asfáltico a frio são necessários trabalhos envolvendo a utilização de emulsão asfáltica modificada e agregados.

Os cuidados observados para fins de preservação do meio ambiente envolvem a produção, a estocagem e a aplicação de agregados, assim como a operação da usina.

NOTA: Devem ser observadas as prescrições estabelecidas nos Programas Ambientais que integram o Projeto Básico Ambiental – PBA.

### 6.1 Agregados

No decorrer do processo de obtenção de agregados de pedreiras devem ser considerados os seguintes cuidados principais.

A brita e a areia somente são aceitas após apresentação da licença ambiental da pedreira/areal cuja cópia da licença deve ser arquivada junto ao Livro de Ocorrências da obra.

Evitar a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação ambiental.

Planejar adequadamente a exploração da pedreira de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e possibilitar a recuperação ambiental após a retirada de todos os materiais e equipamentos.

Impedir queimadas como forma de desmatamento.

Seguir as recomendações constantes na Norma DNER-ES 279/97 para Caminhos de Serviço.

Construir, junto às instalações de britagem bacias de sedimentação para retenção do pó de pedra eventualmente produzido em excesso ou por lavagem da brita, evitando seu carregamento para cursos d'água.

Exigir a documentação atestando a regularidade das instalações pedreiras/areal/usina, assim como sua operação, junto ao órgão ambiental competente, caso estes materiais sejam fornecidos por terceiros.

### 6.2 Emulsão asfáltica modificado por polímero

Instalar os depósitos em locais afastados de cursos d'água.

Vedar o refugo de materiais usados à beira da estrada e em outros locais onde possam causar prejuízos ambientais.

Recuperar a área afetada pelas operações de construção/execução, mediante a remoção da usina e dos depósitos e à limpeza do canteiro de obras.

As operações em usinas misturadoras a frio englobam:

- a) estocagem, dosagem, peneiramento e transporte dos agregados frios;

b) transporte e estocagem do filler;

c) transporte, estocagem e aquecimento de óleo combustível e emulsão asfáltica modificada.

#### AGENTES E FONTES POLUIDORAS

AGENTE POLUIDOR	FONTES POLUIDORAS
I. Emissão de partículas	As fontes são: peneiramento, transferência e manuseio de agregados, balança, pilhas de estocagem e tráfego de veículos e vias de acesso.
II. Emissão de gases	Combustão do óleo; óxido de enxofre, óxido de nitrogênio, monóxido de carbono e hidrocarbonetos. Aquecimento de emulsão asfáltica; hidrocarbonetos. Tanques de estocagem de óleo combustível e de cimento Asfáltico; hidrocarbonetos.
III. Emissões Fugitivas	As principais fontes são pilhas de estocagem ao ar livre, carregamento dos silos frios, vias de tráfego, área de peneiramento, pesagem e mistura.

NOTA: Emissões Fugitivas - São quaisquer lançamentos ao ambiente, sem passar primeiro por alguma chaminé ou duto projetados para corrigir ou controlar seu fluxo.

Em função destes agentes devem ser obedecidos os itens 6.3 e 6.4.

### 6.3 Quanto à Instalação

Definir no projeto executivo, áreas para as instalações industriais, de maneira a alcançar o mínimo de agressão ao meio ambiente.

Atribuir à executante responsabilidade pela obtenção da licença de instalação/operação.

### 6.4 Operação

Dotar os silos de estocagem de agregados de proteções laterais e cobertura, para evitar a dispersão das emissões fugitivas durante a operação de carregamento.

Pavimentar e manter limpas as vias de acesso internas, de tal modo que as emissões provenientes do tráfego de veículos não ultrapassem 20% de capacidade.

Dotar os silos de estocagem de filler de sistema próprio de filtragem a seco.

Manter em boas condições de operação todos os equipamentos de processo e de controle.

Substituir o óleo combustível por outra fonte de energia menos poluidora (gás ou eletricidade) e os estabelecimento de barreiras vegetais no local, sempre que possível



## 7 Inspeção

### 7.1 Controle dos Insumos

Todos os materiais devem ser examinados em laboratório, obedecendo à metodologia indicada pelo DNIT, e aceitos de acordo com as especificações em vigor.

#### 7.1.1 Emulsão asfáltica modificada por polímero

O controle de qualidade da emulsão asfáltica consta do seguinte:

Para todo carregamento que chegar à obra:

- 01 ensaio de viscosidade Saybolt-Furol, (ABNT NBR-581);
- 01 ensaio de resíduo (ABNT NBR-6568);
- 01 ensaio de peneiramento (DNER-ME 005);
- 01 ensaio de carga de partícula (DNER-ME 002);
- 01 ensaio de recuperação elástica a 25°C, no resíduo da emulsão. (DNER-ME 382) (Vide Nota);
- 01 ensaio de infravermelho no resíduo da emulsão para determinação do teor de polímero sendo permitida uma tolerância de  $\pm 0,3\%$  da fixada no projeto (Vide Nota).

Nota: Os ensaios assinalados são geralmente realizados na origem carregamento. Caso haja dúvidas quanto ao certificado dos mesmos o controle da obra deve providenciar a sua execução.

#### 7.1.2 Agregados

O controle de qualidade dos agregados consta do seguinte:

- a) ensaios de granulometria do agregado (DNER-ME 083);
- b) ensaios de adesividade, DNER-ME 079 e DNER-ME 059);
- c) ensaio de equivalente de areia. (DNER-ME 054).

### 7.2 Verificação da produção (Espalhamento / Execução)

A verificação da produção (execução) é exercido através de coleta aleatória de amostras, ensaios e determinações.

#### 7.2.1 Verificação do equipamento

Cada equipamento empregado na aplicação do micro revestimento asfáltico a frio deve ser calibrado no início dos serviços através da execução de segmentos experimentais.

As verificações efetuadas são as seguintes:

- a) Consistência da mistura espalhada;
- b) Atendimento do projeto da mistura conforme os itens seguintes, 7.2.2 e 7.2.3;
- c) Quantidade, espessuras e velocidades de aplicação para proporcionar o acabamento desejado. São calculadas através das taxas de aplicação obtidas por pesagem de bandejas ou outro dispositivo de área conhecida.

Se ao final destas três verificações em segmentos experimentais os resultados esperados não forem alcançados, deve ser revisto todo o processo de calibração do equipamento.

#### 7.2.2 Verificação da quantidade do ligante asfáltico modificado por polímero

A quantidade de ligante asfáltico deve ser determinada através da retirada de amostras aleatórias em cada segmento de aplicação, além da extração de betume com o aparelho Soxhlet (ASTM-D-2172). A percentagem de ligante residual pode variar, no máximo  $\pm 0,3\%$  da fixada no projeto.

#### 7.2.3 Verificação da graduação da mistura de agregados

A verificação da graduação da mistura de agregados é feito através da análise granulométrica da mistura de agregados provenientes do ensaio de extração do item anterior. As tolerâncias são dadas no traço fixado no projeto.

7.3 Verificação do Produto

7.3.1 Acabamento da superfície

A superfície acabada é verificada visualmente devendo se apresentar desempenada e com o mesmo aspecto e textura obtidos nos segmentos experimentais.

7.3.2 Alinhamentos

A verificação dos alinhamentos do eixo e bordos nas diversas seções correspondentes às estacas da locação é feita utilizando a trena. Os desvios verificados não devem exceder ± 5 cm.

7.4 Plano de amostragem - Controle tecnológico

O número e a frequência de verificação e de determinações correspondentes aos diversos ensaios para o controle tecnológico dos insumos, da produção e do produto deve ser estabelecido pelo Executante segundo um Plano de Amostragem Aleatória definido de acordo com a seguinte tabela de controle estatístico de resultados (DNER-PRO-277):

TABELA DE AMOSTRAGEM VARIÁVEL

n	5	6	7	8	9	10	11	12
K	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,19	1,16
α	0,45	0,35	0,30	0,25	0,19	0,15	0,13	0,10

TABELA DE AMOSTRAGEM VARIÁVEL (continuação)

n	13	14	15	16	17	19	21
K	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,04	1,01
α	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01

n = n de amostras,  
k = coeficiente multiplicador,  
α = risco do Executante

7.5 Condições de Conformidade e Não Conformidade

Todos os ensaios de controle e verificações para os Insumos a Produção e o Produto realizadas de acordo com o Plano de Amostragem, devem cumprir as Condições Gerais e Condições Específicas do Capítulo 4 e Capítulo 5 desta Norma, e atenderem as condições de Conformidade e Não Conformidade de acordo com os seguintes critérios (DNER-PRO-277):

a) Nos ensaios ou verificações em que é especificada uma faixa de valores mínimos e máximos deve ser verificado o seguinte para atender as condições de Conformidade e Não Conformidade:

$$\bar{X} - ks < \text{valor mínimo especificado, ou}$$

$$\bar{X} + ks > \text{valor máximo de projeto -}$$

Não Conformidade:

$$\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo especificado ou}$$

$$\bar{X} + ks > \text{valor máximo de projeto}$$

Conformidade;

Sendo:

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Onde:

$x_i$  - valores individuais

$\bar{x}$  - média da amostra

s - desvio padrão da amostra.

k - coeficiente tabelado em função do número de determinações.

n - número de determinações.

b) Nos ensaios e verificações em que é especificado um valor mínimo a ser atingido deve-se verificar o seguinte para atender as condições de Conformidade e Não Conformidade:

$$\text{Se } \bar{X} - ks < \text{valor mínimo especificado}$$

Não Conformidade:

$$\text{Se } \bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo especificado}$$

Conformidade.

Os resultados do controle estatístico são registrados em relatórios periódicos de acompanhamento de acordo com a norma DNIT 011/2004-PRO a qual estabelece que sejam tomadas providências para tratamento das "Não-Conformidades" da Produção e do Produto.

Os serviços só devem ser aceitos se atenderem às prescrições desta Norma.

Todo detalhe incorreto ou mal executado deve ser corrigido.

Qualquer serviço só deve ser aceito se as correções executadas colocarem-no em conformidade com o disposto nesta Norma; caso contrário será rejeitado.

## 8 Critérios de Medição

Os serviços conformes serão medidos de acordo com os critérios estabelecidos no Edital de Licitação dos serviços ou, na falta destes critérios, de acordo com as seguintes disposições gerais:

- a) O micro revestimento asfáltico a frio é medido na pista através da área executada, em metros quadrados, incluindo todas as operações e encargos para a execução

destes serviços, inclusive o armazenamento e transporte de agregados.

- b) A quantidade de emulsão efetivamente aplicada é obtida através da média aritmética dos valores medidos na pista, em toneladas.
- c) Deve ser medido o transporte da emulsão asfáltica efetivamente aplicada entre a refinaria ou fábrica e o canteiro de serviço.
- d) Nenhuma medição deve ser processada se a ela não estiver anexado um relatório de controle da qualidade contendo os resultados dos ensaios e determinações devidamente interpretados, caracterizando a qualidade do serviço executado.

\_\_\_\_\_/Índice Geral

PROJETO DE NORMA

**Índice Geral**

Abstract	.....	1	Equipamento	5.3.....	4
Acabamento da superfície	7.3.1.....	7	Execução	5.4.....	4
Aditivos	5.12.....	3	Índice Geral	.....	9
Agregados	5.1.4.....	3	Inspeção	7.....	6
Agregados	6.1.....	5	Manejo Ambiental	6.....	4
Agregados	7.12.....	6	Material de enchimento (filler)	5.1.5.....	3
Água	5.1.3.....	3	Material	5.1.....	3
Alinhamentos	7.3.2.....	7	Objetivo	1.....	1
Composição da mistura	5.2.....	3	Operação	6.4.....	5
Condições de Conformidade e Não Conformidade	7.5.....	7	Plano de amostragem Controle tecnológico	7.4.....	7
Condições Específicas	5.....	3	Prefácio	.....	1
Condições Gerais	4.....	2	Quanto à Instalação	6.3.....	5
Controle dos Insumos	7.1.....	6	Referências	2.....	2
Correção de falhas	5.5.....	4	Resumo	.....	1
Crterios de Medição	8.....	8	Sumário	.....	1
Definição	3.....	2	Verificação da graduação da mistura de agregados	7.23.....	6
Emulsão asfáltica modificada por polímero	5.1.1.....	3	Verificação da produção (Espalhamento / Execução)	7.2.....	6
Emulsão asfáltica modificada por polímero	7.1.1.....	6	Verificação da quantidade do ligante asfáltico modificado por polímero	7.2.2.....	6
Emulsão asfáltica modificado por polímero	6.2.....	5	Verificação do equipamento	7.2.1.....	6
Equipamento de limpeza	5.3.1.....	4	Verificação do Produto	7.3.....	7
Equipamento de mistura e de espalhamento	5.3.2.....	4			