



**UTILIZAÇÃO DO GEOTÊXTIL **BIDIM**  
NA RESTAURAÇÃO DO PAVIMENTO DA PISTA  
DE POUSO 15° 30°  
NO AEROPORTO INTERNACIONAL DO  
RIO DE JANEIRO**

**Autor:**

Departamento Técnico - Atividade **Bidim**

**Colaboração:**

Eng. Gerson Dias da Cunha  
Arqt. Esther Suarez Dantas

**FEVEREIRO 1994**

Revisado JANEIRO 2011- Departamento Técnico Mexichem **Bidim** Ltda.



## ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO .....  | 3  |
| 2 DADOS DA OBRA .....   | 3  |
| 3 CONSIDERAÇÕES SOBRE A REFLEXÃO DE TRINCAS .....                       | 5  |
| 4 SOLUÇÃO COM GEOTÊXTIL <b>BIDIM</b> .....                              | 9  |
| 5 REQUISITOS PARA O PERFEITO DESEMPENHO DO GEOTÊXTIL <b>BIDIM</b> ..... | 10 |
| 6 ETAPAS DE EXECUÇÃO DA OBRA .....                                      | 10 |
| 7 RESULTADOS OBTIDOS.....   | 25 |
| 8 AGRADECIMENTOS .....  | 25 |
| 9 BIBLIOGRAFIA.....   | 26 |
| 10 DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA .....                                       | 27 |



## 1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho apresenta detalhes sobre a implantação do Geotêxtil não-tecido **Bidim** na restauração do pavimento da pista de pouso 15º 33º do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro.

A solução adotada, inusitada na América Latina em complexos aeroportuários comerciais de grande porte, foi exaustiva e cuidadosamente analisada e viabilizada para o reparo dos 750 m da cabeceira 15º da referida pista de pouso.

Basicamente trata-se da aplicação de Geotêxtil **Bidim** funcionando como elemento anti-propagação de trincas oriundas do pavimento rígido remanescente, impregnada e recoberta por dupla camada de concreto asfáltico (Binder + capa) com espessuras de 0,05 m.

## 2 DADOS DA OBRA

### Informações gerais

A implantação do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro, está contida num sítio de aproximadamente 13,5 km², pertencentes ao Ministério da Aeronáutica (Figura 1).

O aeroporto iniciou a sua operação a partir de instalações existentes do antigo Aeroporto Internacional do Galeão, quando a demanda atingia cerca de 4.600.000 passageiros anuais. Do antigo aeroporto, foi mantida somente a Pista original 15/33 com 3.200 m de extensão, a ser utilizada preferencialmente para pouso de aeronaves (Figura 2).

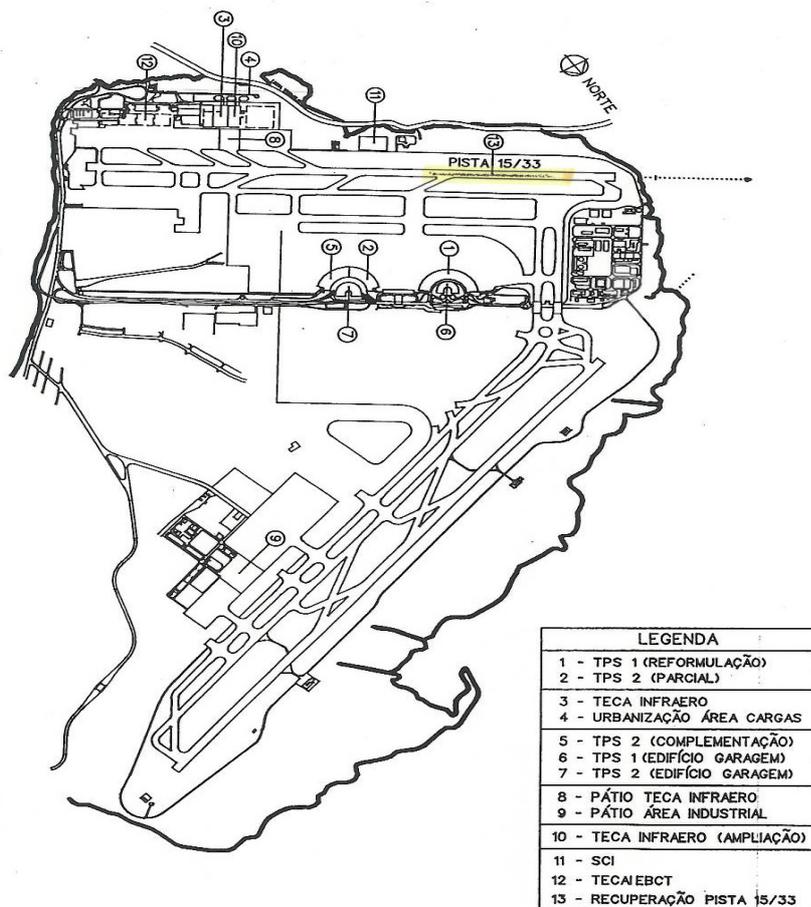


Figura 1: Planta do Aeródromo

| ANO  | AERONAVES* |               |        | PASSAGEIROS** |               |        | CARGA AÉREA *** |               |         |
|------|------------|---------------|--------|---------------|---------------|--------|-----------------|---------------|---------|
|      | DOMESTICO  | INTERNACIONAL | TOTAL  | DOMESTICO     | INTERNACIONAL | TOTAL  | DOMESTICO       | INTERNACIONAL | TOTAL   |
| 1988 | 57 224     | 330 54        | 902 78 | 40 51         | 33 35         | 73 86  | 69 527          | 132 000       | 201 527 |
| 1990 | 56 314     | 362 60        | 925 74 | 39 85         | 37 30         | 77 15  | 64 056          | 162 797       | 226 853 |
| 1992 | 50 838     | 359 25        | 867 63 | 29 27         | 33 32         | 62 59  | 63 054          | 154 154       | 217 208 |
| 1993 | 44 323     | 353 19        | 796 42 | 31 03         | 35 32         | 66 35  | 66 837          | 163 403       | 230 240 |
| 1994 | 43 850     | 374 38        | 812 88 | 32 89         | 37 44         | 70 33  | 70 847          | 173 207       | 244 050 |
| 1996 | 48 500     | 339 76        | 824 76 | 38 80         | 44 17         | 82 97  | 83 584          | 204 347       | 287 933 |
| 1998 | 53 854     | 386 00        | 924 54 | 45 78         | 52 11         | 97 89  | 98 611          | 241 084       | 339 695 |
| 2000 | 57 149     | 390 34        | 961 83 | 51 43         | 58 55         | 109 98 | 110 800         | 270 882       | 381 682 |

Figura 2 – Prognoses de demanda por transporte aéreo do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro

Obs: Os valores acima deverão ser multiplicados por 1.000. \*Inclui pousos e decolagens. \*\*Inclui embarque, desembarque e trânsito. \*\*\*Inclui carga, trânsito e bagagem de embarque e desembarque.



Atualmente, em função do adequado planejamento realizado, o Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro é um dos poucos aeroportos do mundo, e o único a nível nacional, capaz de atender sem restrições a nova geração de aeronaves previstas para entrada em operação nos próximos anos, com capacidade para transportar até 800 (oitocentos) passageiros, em dimensões maiores, que as atuais aeronaves.

O Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro atende ao tráfego doméstico e ao tráfego internacional, devendo a partir da utilização de aeronaves de maior porte do que o B747, voltar a ser o principal Aeroporto Internacional do Brasil.

### Fato gerador da obra

O Sistema de pistas 15º 33º foi recuperado pela Ação Conjunta do Consórcio Odebrecht/CBPO nos anos de 1978/79. Nesta época a pista de pouso e decolagem foi recuperada estruturalmente através da execução de pavimento flexível superposto ao rígido existente, utilizando-se na composição do pavimento basicamente três tipos de massas asfálticas a saber:

- PMQ: Pré-misturado a quente (camada anti-cracking)
- BINDER: Concreto betuminoso usinado a quente (camada de ligação)
- CAPA: Concreto betuminoso usinado a quente (camada de rolamento)

O universo de projeto previa 10 anos de vida útil devido ao crescimento normal das demandas e dimensões das aeronaves.

Quatorze anos após, o referido pavimento apresentou sinais de fadiga apenas na região da cabeceira 15º, com surgimento de fissuras na superfície oriundas de reflexão das juntas e trincas do pavimento rígido subjacente. Como a integridade deste revestimento é fundamental para a segurança operacional das aeronaves, ficou constatada a necessidade de adotarmos uma solução rápida, econômica e segura para tal recuperação.

## 3 CONSIDERAÇÕES SOBRE A REFLEXÃO DE TRINCAS

### Fadiga de misturas betuminosas

As misturas betuminosas são muito utilizadas nos pavimentos, como camada de revestimento, devido às suas diversas características, entretanto, com a solicitação imposta pelo tráfego e ou pela ação de fatores climáticos, com o passar do tempo atingem sua vida útil, cuja degradação normalmente é demonstrada pelo seu nível de trincamento.



O nível de trincamento de um pavimento, notadamente de seu revestimento, é o maior responsável pela redução de sua vida útil, demonstrado pelo fato de que todas as medidas de manutenção e de restauração estrutural desses pavimentos são determinadas em função da extensão e severidade dessas trincas.

Desta forma, sempre que se elabore um projeto de restauração de um pavimento deveremos levar em consideração:

- Natureza das trincas;
- Características estruturais do pavimento;
- Condições climáticas;
- Tráfego.

Diversas são as origens que se pode atribuir ao trincamento de um pavimento, sejam elas: fadiga, retração, movimentos do subleito ou camadas estruturais, ou defeitos de construção.

O trincamento é o início de uma fase de deterioração estrutural que vai modificando o estado de tensões e de deformações das camadas que compõe o pavimento, mudando assim significativamente seu comportamento estrutural. Ao aparecimento das trincas em um pavimento pode-se, portanto, atribuir imediatamente algumas causas e conseqüências, tais como:

- perda da estanqueidade do pavimento;
- perda de capacidade de suporte;
- concentração de tensões no subleito ou no substrato com o eventual aumento de deformações;
- aumento das tensões e deformações nas camadas estruturais;
- degradação acelerada das camadas, especialmente a de rolamento;
- perda de finos por efeito de "bombeamento".

De uma maneira geral, as origens do trincamento do pavimento estão ligadas ao fenômeno de fadiga. Todo estudo que vem sendo realizado no mundo voltado ao fenômeno de fadiga tem sua origem nos conceitos de metalurgia, mais recentemente aproveitado para os pavimentos, pois uma mistura betuminosa, por mais flexível que possa parecer guarda algumas características de rigidez, especialmente quando o asfalto envelhece por oxidação ao longo do tempo.

O fenômeno de fadiga tem sido descrito como um processo de deterioração estrutural que sofre um material quando submetido a um estado de tensões e de deformações repetidas, resultando em trincas ou fraturas completas, após um número suficiente de repetições do carregamento.

Para um melhor conhecimento do comportamento dos materiais, como no caso das misturas betuminosas, são executados em laboratórios ensaios para se conhecer qual a “vida de fadiga”, que podem inclusive ser calibradas com trechos experimentais de campo, para o perfeito dimensionamento dos pavimentos.

Os ensaios de laboratório, geralmente executados com carregamento dinâmico sob flexão alternada, são excelentes para determinar o comportamento à fadiga das misturas betuminosas e qual será sua previsão de vida útil. Podem ser executados com Tensão controlada (para pavimentos com camadas asfálticas rígidas em relação ao seu suporte) ou sob deformação controlada (para pavimentos com camadas betuminosas fracas em relação ao seu suporte). Existe ainda um terceiro tipo de ensaio denominado intermediário (Figura 3).

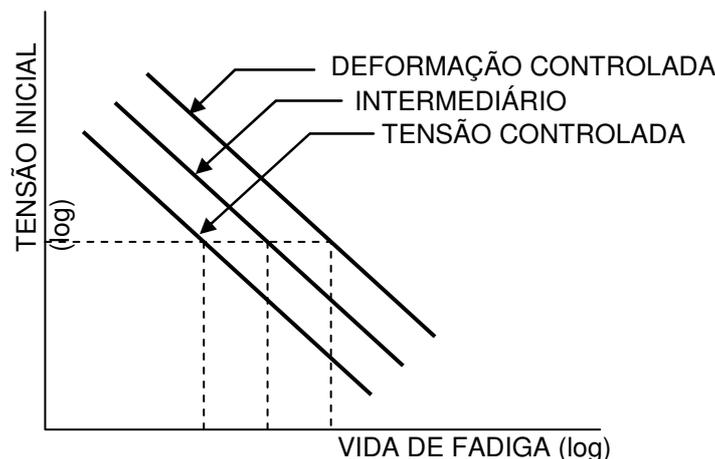


Figura 3 - Influência do tipo de carregamento na vida de fadiga de uma mistura betuminosa.

## Mecânica da Fratura

A mecânica do meio contínuo aplicada aos sólidos elásticos trincados, ou seja, “Mecânica da Fratura elástica Linear”, oriunda da metalurgia e com evidências experimentais, tem sido utilizado na análise de ensaios de fadiga de misturas betuminosas e também na compreensão do surgimento e propagação de trincas.

A análise da fadiga de misturas betuminosas, utilizando os conhecimentos da Mecânica da fratura, segundo Majidzadeh (1972), mostrou que a fadiga é basicamente um fenômeno de propagação de fissuras existentes no material, ainda que sejam microfissuras, e que pode ser prevista a partir de taxas de propagação de trincas. Esta taxa está relacionada ao tamanho inicial da trinca e a energia armazenada em sua extremidade.

Como todo material, as misturas betuminosas possuem microfissuras e fissuras, cujo crescimento é decorrente da mudança do perfil de sua extremidade, devido ao carregamento repetido originado pelo tráfego e ou

variações climáticas. As tensões de tração provocam a abertura das fissuras, cujo movimento produz tensões geradoras do seu crescimento e propagação.

Pioneiro no estudo da mecânica das fraturas para uso em pavimentos, G.R. Irwin (1957) propôs o conceito de “Fator de Intensidade de Tensões” e observou que o comportamento da trinca pode ser representado e explicado por três possíveis movimentos das faces da fratura (Movimentos dos bordos das trincas), conforme a Figura 4.

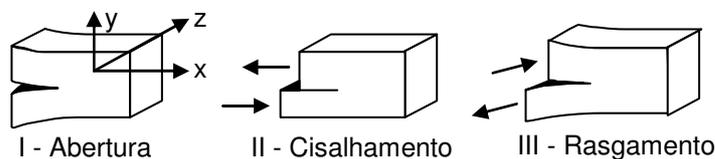


Figura 4 - Modos de fratura (trincamento).

O tráfego e/ ou variações climáticas provocam os movimentos que causam o surgimento e a propagação das trincas. A Figura 5 mostra esquematicamente a ação de uma roda.

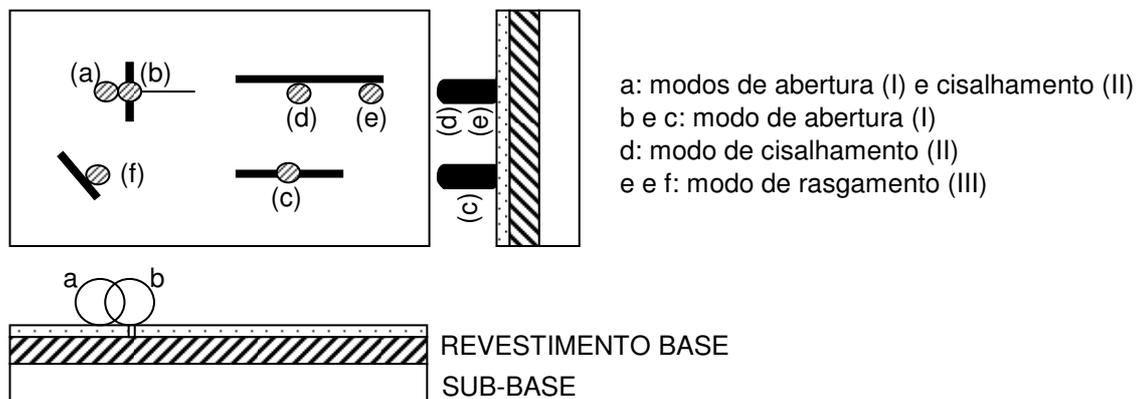


Figura 5: Ação da carga de roda face às trincas do pavimento quanto aos modos de fratura.

Observação: a = modos de abertura (I) e cisalhamento (II), b e c = modo de abertura (I), d = modo de cisalhamento (II), e e f = modo de rasgamento (III).



## Reflexão das trincas

Qualquer que seja o tipo de estrutura de pavimento, flexível, rígido ou semi-rígidos, mesmo bem projetados e bem construídos, esses se degradam com o passar do tempo, seja pela ação do tráfego ou pela ação de fatores climáticos, ou desses dois fatores conjuntamente. A reflexão de trincas tem sido um dos problemas mais sérios de deterioração de pavimentos restaurados em todo mundo, merecendo o assunto um cuidado especial nos projetos.

## 4 SOLUÇÃO COM GEOTÊXTIL **BIDIM**

Diversas são as tentativas para solucionar ou minimizar o complexo problema de reflexão das trincas. As soluções são as mais diversas que vão desde a simples adoção de grandes espessuras de restauração até a interposição de camadas intermediárias especiais, como é o caso do geotêxtil não-tecido impregnado com asfalto.

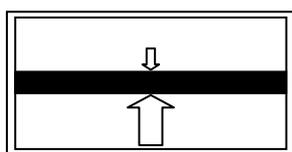
Nesta aplicação, o geotêxtil **Bidim** é instalado, impregnado com asfalto sobre o revestimento trincado e sob a nova capa de rolamento, com o objetivo de retardar a reflexão das trincas. Este fenômeno de retardamento da propagação das trincas ocorre devido a estrutura geotêxtil + asfalto formar uma camada de descontinuidade visco-elástica que minimiza a intensidade de tensões sobre a trinca existente no momento de solitação da carga de roda e efeito térmico.

Este efeito de redução de tensões ocorre provavelmente pela desolidarização entre a camada trincada e a nova capa de rolamento, permitindo o livre movimento das bordas da trinca inferior e/ou pelo redirecionamento da trinca existente passando esta a se propagar na horizontal, mediante um descolamento localizado entre a capa de rolamento e o pavimento antigo em ambos os lados da trinca, esse redirecionamento dissipa a energia diminuindo a intensidade das tensões subjacentes.

Como forma uma membrana com boas características de impermeabilização, este outro efeito do geotêxtil impregnado com asfalto colabora com o aumento da vida útil do pavimento evitando a entrada de água em sua estrutura, mesmo que após um número previsto de solitações venham a aparecer trincas de fadiga no revestimento.

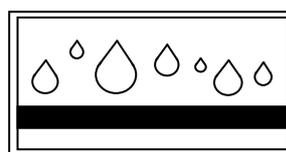
O sistema composto pelo geotêxtil **Bidim** impregnado com asfalto tem um comportamento rígido sob tensões rápidas produzidas pelo tráfego, e quando sob tensões lentas de origem térmica tem um comportamento dúctil. Como "Camada Anti-Propagação de Trincas", o geotêxtil **Bidim** desempenha a função PROTEÇÃO, pois absorve as tensões localizadas que poderiam danificar a nova capa de rolamento pelo efeito da reflexão de trincas e aumentando de maneira geral a vida da fadiga desta mistura (Figura 6).

# Bidim®



PROTEÇÃO

- INIBIÇÃO/RETARDAMENTO DA PROPAGAÇÃO DE TRINCAS
- AUMENTO DA VIDA UTIL DO REVESTIMENTO



IMPERMEABILIZAÇÃO

- IMPEDE A ENTRADA DE UMIDADE NA ESTRUTURA/SUBLEITO DO PAVIMENTO

Figura 6: Funções do geotêxtil Bidim na aplicação “camada anti-propagação de trincas”.

## 5 REQUISITOS PARA O PERFEITO DESEMPENHO DO GEOTÊXTEL BIDIM

A prática tem demonstrado que existem três aspectos decisivos para a obtenção de bons resultados em restauração de pavimentos, utilizando geotêxtil como solução para retardamento de propagação de trincas e aumento de vida de fadiga de misturas betuminosas, e são eles:

- Projeto de restauração de pavimento adequado;
- Escolha do geotêxtil adequado;
- Correta instalação do geotêxtil.

## 6 ETAPAS DE EXECUÇÃO DA OBRA

### Levantamento Planialtimétrico

O levantamento planialtimétrico da região a ser reparada, apoiou-se numa malha retangular onde transversalmente as intersecções eram de metro em metro e longitudinalmente de quatro em quatro metros, gerando portanto 4.347 pontos. A finalidade desta malha tão densa, fundamentou-se na necessidade de orientarmos a fresagem com a precisão requerida, visto que as camadas de capa e binder a serem retiradas, por terem adquirido deformações verticais (plásticas) permanentes, não nos permitia adotar uma espessura constante de corte de 0,10 m.

O compromisso de reconstituirmos um greide, com o nível de regularidade requerido para a operação aeroportuária, fez com que, o desenvolvimento da fresagem fosse cuidadosamente acompanhado pela topografia.



Como curiosidades, além do nivelamento inicial, foram executadas mais duas operações topográficas sendo uma sobre o binder e outra após a retirada deste, gerando um total de 15.401 pontos. De posse deste último nivelamento, foi confeccionada uma curva de nível centimétrica através do sistema "Topograph" mostrando com precisão as regiões que deveriam ser refrescadas ou preenchidas por se encontrarem com desníveis superiores ou inferiores a 0.005 m.

Esta preocupação com nivelamento e regularidade superficial, reside principalmente no fato de que, o grau de abatimento de uma mistura betuminosa é um percentual em relação a sua espessura, portanto se permitíssemos variações desta magnitude estaríamos transportando para a superfície do binder tais defeitos, o que conseqüentemente refletiria na capa de rolamento. Podemos imaginar o que aconteceria com a manta geotêxtil aplicada sobre uma superfície com macro-irregularidades podendo introduzir tensões de puncionamento ou regiões não aderidas nesta interface.

Os parâmetros de tolerâncias tipográficas adotadas e permitidas pela ICAO (Internacional Civil Aviação Organizacional) são extremamente rigorosos. Deste modo, foi confeccionada nota de serviço para reconstituição geométrica onde todos os parâmetros seriam obedecidos.

### Fresagem da capa e binder fatigados

A operação de fresagem além dos cuidados planialtimétricos mencionados acima, requereu imposição de rotinas de serviço que iniciavam pelo acompanhamento de desgaste dos bits das fresadoras, onde era de vital importância sua regularidade.

A remoção da capa, principalmente nos 500 m iniciais, onde o nível de impregnação de borrachas pneumáticas era muito intenso, gerou desgaste dos bits bastante heterogêneo e de grande magnitude. Especificamente nesta camada, a borracha durante a fresagem promovia uma vulcanização nos referidos encaixes dos bits, travando-os e impedindo-os desta movimentação, gerando deste modo, um grande desgaste progressivo, acelerado e heterogêneo.

Por esta razão, o nível de produção projetado e informado pelo fabricante de 16 m<sup>3</sup>/h permaneceu num patamar médio efetivo de 10 m<sup>3</sup>/h neste. Desta forma, para atendermos ao cronograma físico pactuado com os Órgãos (INFRAERO/DAC), em atendimento ao NOTAN de interdição, fomos compelidos a colocarmos em operação três fresadoras com tambor de 1,0 m alcançando no final, uma produtividade média efetiva total de 14 m<sup>3</sup>/h. O volume fresado foi 787,50 m<sup>3</sup> de capa e 750 m<sup>3</sup> de binder perfazendo um total de 1.537,50 m<sup>3</sup>.

O cuidado que antecedeu toda a operação de fresagem foi de efetuar um corte através de serra diamantada com 0,05 m de profundidade, alinhado topograficamente em todo o perímetro do reparo, ou seja, 1.545,50m para podermos garantir um encaixe perfeito das novas camadas aumentando a ancoragem, bem como, proporcionar um perfeito alinhamento, o que seria quase impossível realizar com as fresadoras.

Nos primeiros 150 m de cabeceira do trecho restaurado, a cada 5 m, efetuaram-se ranhuras através de fresagem no sentido transversal para melhorar as condições de aderência do sistema geotêxtil-misturas betuminosas.

No final dos 750m restaurados, em planta, foi feita uma superfície de fresagem desencontrada (dente de serra) tendo como objetivo garantir que os trens de pouso da aeronave, não passassem ao mesmo tempo na emenda da capa nova com a capa velha.

O material resultante da fresagem foi acumulado numa área de estocagem, identificada pelo cliente, para que possamos no futuro, reutilizá-lo como camadas de regularização de pavimentos ou camadas de rolamento em caminhos secundários das estradas de manutenção e vigilância através de reciclagem, técnica consagrada na Europa e USA para tal finalidade.

A geometria perimetral projetada para o reparo é outro aspecto importante a ser registrado (Figura 7 e 8). Esta geometria foi adotada para garantirmos um engastamento perfeito entre o pavimento remanescente e o novo, aumento a inércia de ancoragem (Figura 9 e 10).

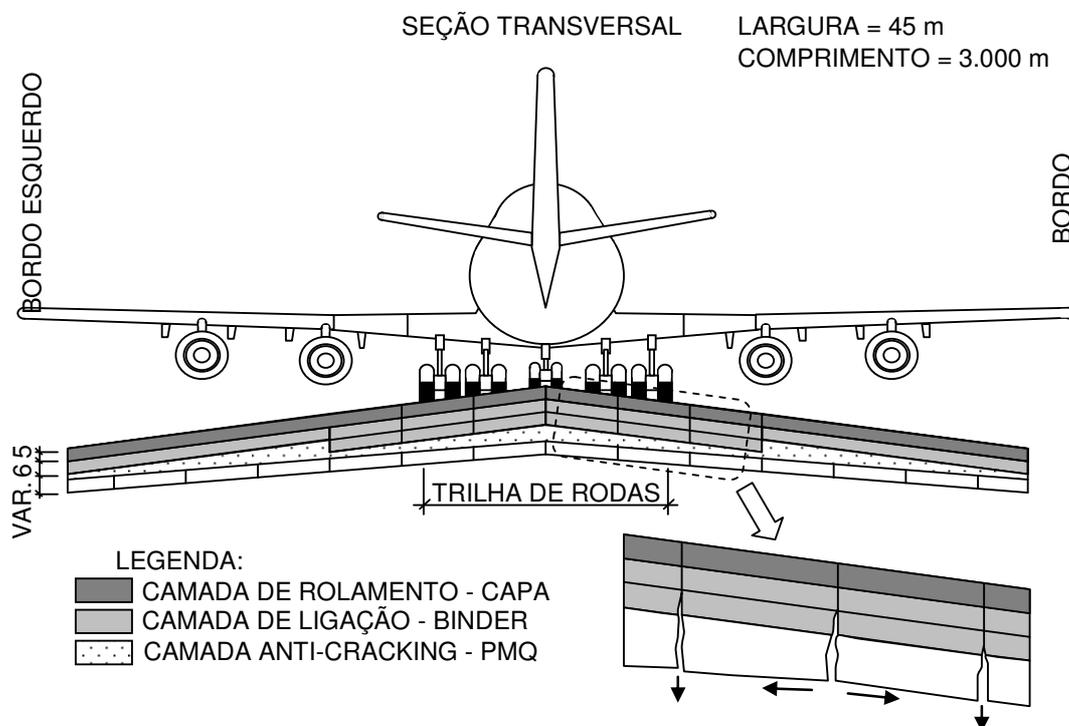
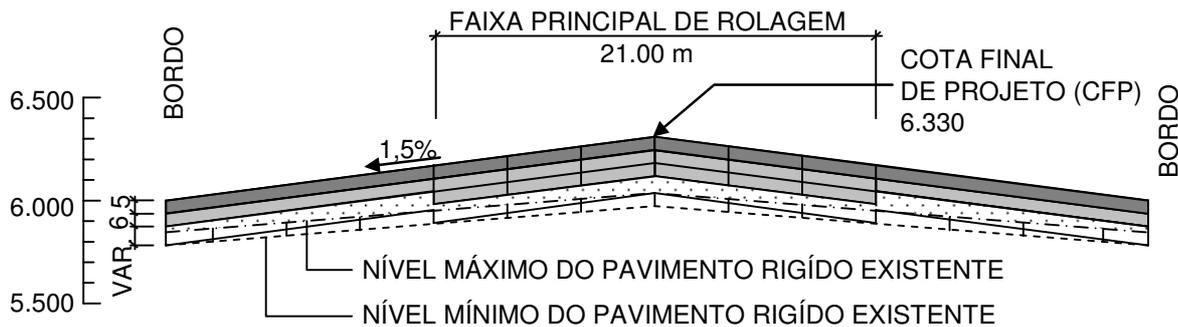


Figura 7 – Seção transversal da pista de pouso. Propagação de fissuras do pavimento flexível superposto.

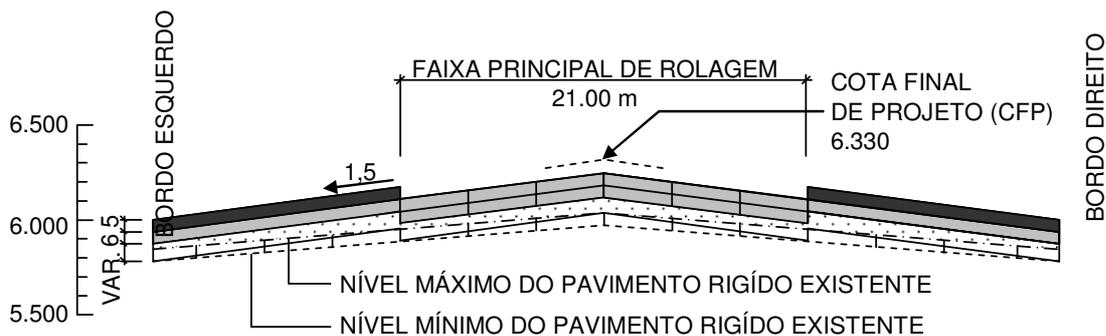


## LEGENDA:

- CAMADA DE ROLAMENTO - CAPA
- CAMADA DE LIGAÇÃO - BINDER
- CAMADA ANTI-CRACKING - PMQ

ESTRUTURA DO PAVIMENTO FLEXÍVEL  
SUPERPOSTEXISTENTE NA PISTA DE POUSO 15° 33°

Figura 8 – Seção transversal da pista de pouso. Estrutura do pavimento flexível superposto.

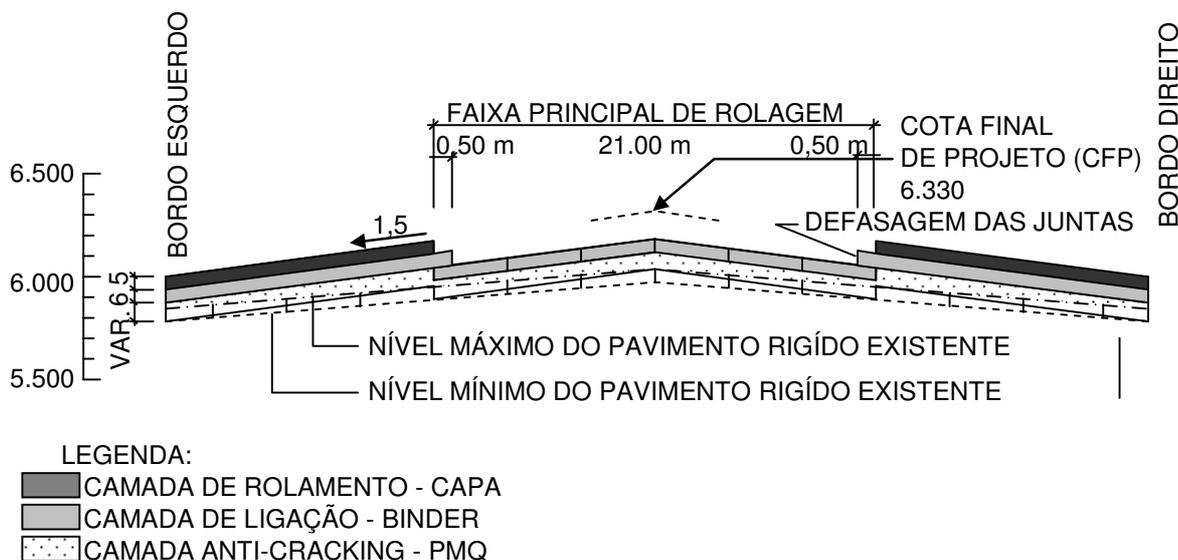


## LEGENDA:

- CAMADA DE ROLAMENTO - CAPA
- CAMADA DE LIGAÇÃO - BINDER
- CAMADA ANTI-CRACKING - PMQ

FRESAGEM DA CAPA DO PAVIMENTO FLEXÍVEL  
SUPERPOSTO EXISTENTE NA PISTA 15° 33°

Figura 9 – Seção transversal da pista de pouso. Fresagem da capa do pavimento flexível superposto.



**FRESAGEM DO BINDER DO PAVIMENTO FLEXÍVEL  
SUPERPOSTO EXISTENTE NA PISTA DE POUSO 15º 33º**

Figura 10 – Seção transversal da pista de pouso. Fresagem do binder do pavimento flexível superposto.

### Limpeza da superfície fresada

Na atividade de fresagem o corte e o carregamento de 96% do material é imediato e os 4% restantes impõem um complemento de limpeza desta fração que permanecia na pista. Este material fresado e não removido apresenta um comportamento interessante, por se tratar de mistura betuminosa fragmentada ativa.

O atrito bits/pavimento, gera calor, por conseguinte, ativa os glóbulos de betume, proporcionando assim, pequena coesão visco-elástica. Deste modo, é imprescindível que sua retirada se processe o mais rápido possível. Cabe lembrar que a varredura manual por mais eficiente e eficaz que possa ser realizada, tem baixa energia de remoção. Assim a fração não retirada pela fresadora tornava-se uma grande preocupação. Para sanarmos este problema, utilizamos além da varredura manual, varredura mecânica.

Importante registrar que a varredura ocorre pelo impacto/contacto das cerdas com os sólidos, mas a fração pulverulenta não é retirada. Por esta razão houve a necessidade de imprimirmos sopro de ar comprimido,



através de compressores acoplados a espingardas direcionais, para removermos o pulverulento solto nas ranhuras deixadas pela fresagem.

Após esta operação, verificamos ainda, que existiam partículas aderentes à superfície, o que nos levou a aplicarmos varredura hidrodinâmica de alta pressão. Todo este esforço teve como objetivo, garantir perfeita aderência do geotêxtil **Bidim** na superfície, proporcionando assim, uma interface ativa e eficaz.

Não é difícil imaginar que a interação do sistema de camadas de capa/binder/geotêxtil/superfície fresada, deve ser a maior possível, para garantir resistência aos esforços tangenciais impostos pelas aeronaves no toque, na desaceleração e frenagem.

### Pintura de ligação – 1º Banho

A execução de pintura de ligação foi realizada através de caminhão espargidor, provido de tacômetro e munido de barra distribuidora calibrada e aferida para garantir perfeita taxa da aplicação de emulsão asfáltica catiônica RR-1C (vide gráfico da Figura 11).

Este primeiro banho, sobre a superfície, fresada e limpa, foi calculado de modo a garantir a película betuminosa necessária para untar a superfície fresada e promover condições de semi-saturação e aderência do geotêxtil **Bidim**. A taxa de pintura deste banho ficou definida em 1,1 l/m<sup>2</sup> de RR1C que após ruptura e cura gera 0,64 l/m<sup>2</sup> de resíduo asfáltico, por se tratar de emulsão com 63% resíduo betuminoso ativo.

O controle da taxa de asfalto foi feito através de bandejas (pesagem antes e depois da aplicação), para a obtenção da taxa desejada e melhor homogeneidade da aplicação.

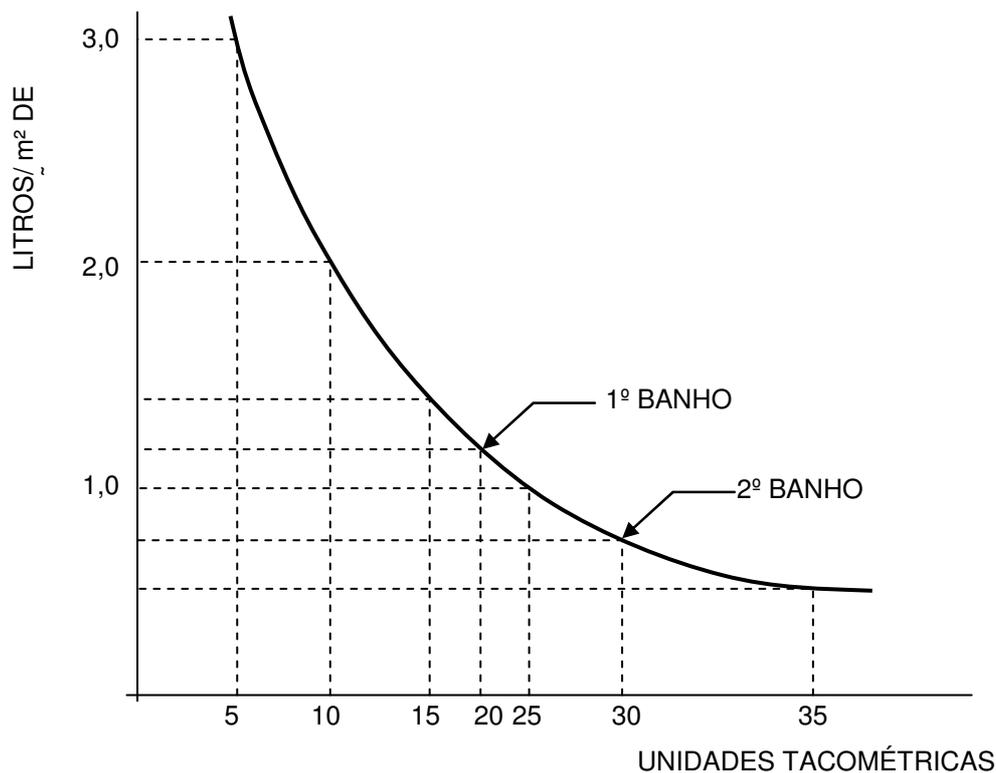


Figura 11 – Taxa de aplicação de emulsão asfáltica x unidades tacométricas.

- Pressão de espargimento constante
- Temperatura da emulsão RR1C 50°C
- Emulsão RR1C com 63% de resíduo betuminoso

### Instalação do geotêxtil **Bidim**

A aplicação do geotêxtil **Bidim** foi criteriosamente estudada de acordo com as dimensões das bobinas, fornecidas. O material empregado na restauração da pista de pouso foi o geotêxtil **Bidim** RT-10 (Figura 11).

As larguras das bobinas foram escolhidas em função das aeronaves, ficando dispostas de tal forma que os transpases não coincidisse nem com a biquilha e nem com as rodas mais atuantes das aeronaves (3 faixas centrais, largura igual a 4,30m).



Outros cuidados na escolha foram:

- O comprimento das bobinas de modo a se evitar o alinhamento entre faixas;
- No recebimento dos 15.870m<sup>2</sup> do geotêxtil **Bidim**, todas as bobinas foram rigorosamente conferidas, a fim de se verificar a especificação nas etiquetas fornecidas pelo fabricante.

Além do prazo curto (30 dias) para a execução dos serviços, outro cuidado a ser seguido na instalação, era aplicar o geotêxtil **Bidim** o mais esticado possível evitando-se rugas. No caso eventual de rugas, estas devem ser eliminadas com cortes e, recuperado o local com sobreposições simples ou preferencialmente de “topo”.

Portanto a Construtora Norberto Odebrecht S/A, desenvolveu em dispositivo capaz de garantir todos os pré-requisitos de instalação. A este dispositivo chamamos de “pendural” (Figura 12).

Nas uniões longitudinais estipulamos que o transpasse deveria ser 0,10 m, sendo permitido, ocasionalmente até 0,15 m. Nas uniões transversais quando as quatro mantas se encontram, duas eram cortadas angularmente para se evitar a superposição (Figura 13 e 14).

Na instalação do geotêxtil **Bidim**, para facilitar o alinhamento longitudinal, instalamos uma guia, através de fio de aço, para auxiliar a visão na lateral da máquina, melhorando o desempenho do operador. Cabe registrar, que em virtude do equipamento desenvolver a instalação do geotêxtil **Bidim** andando sobre ele, houve a preocupação de lavarmos previamente a máquina e verificarmos a performance de todas as conexões e mangueiras para evitar qualquer tipo de contaminação no geotêxtil (óleos, combustíveis, graxas, solos aderidos, etc.). Esta preocupação residiu principalmente no fato de produzirmos impregnação apenas por asfalto e estes produtos como sabemos, são de cadeia química, orgânica, portanto, nociva a integridade molecular dos glóbulos de betume.

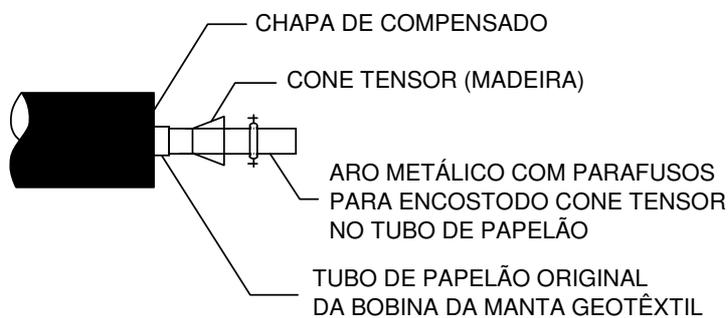
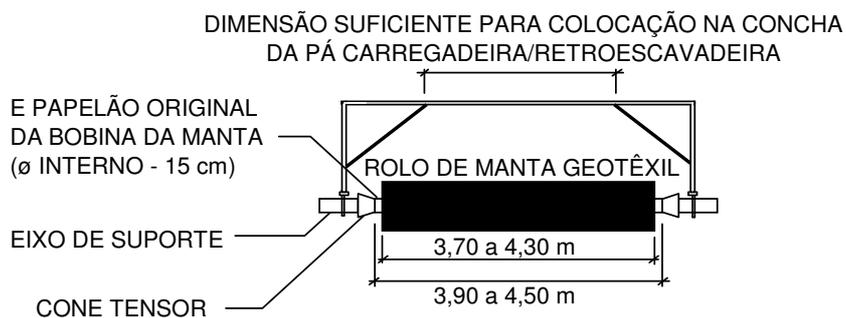
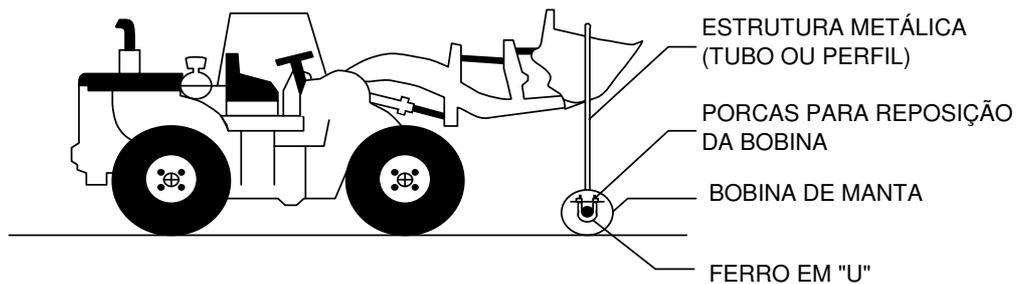
**Bidim**<sup>®</sup>

Figura 12 - Dispositivo Pendural.

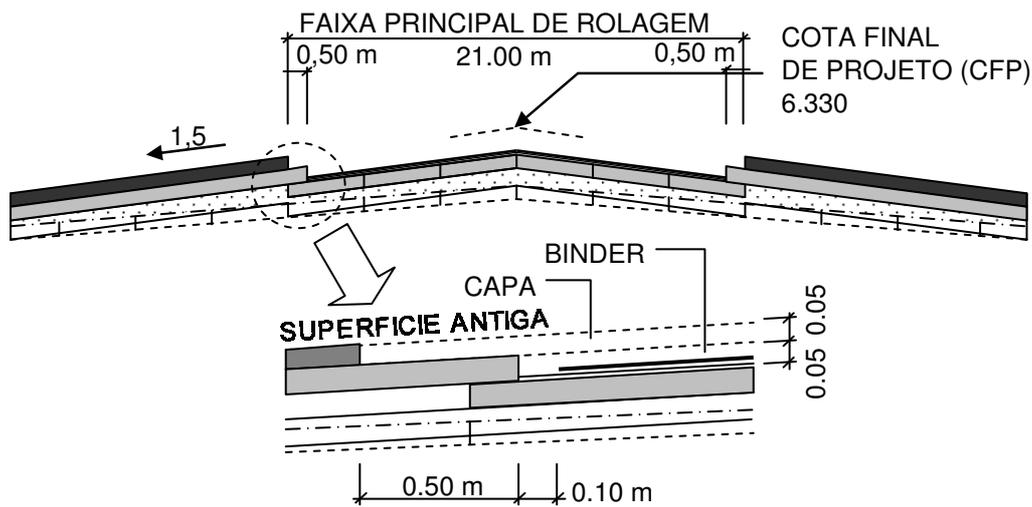


Figura 13 - Detalhe do geotêxtil Bidim junto ao Binder.

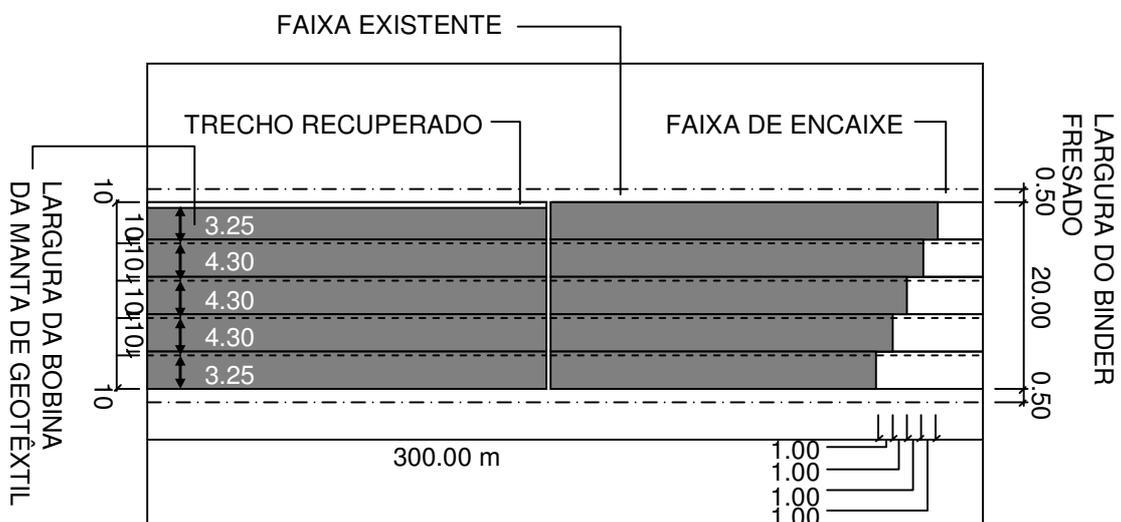


Figura 14 - Disposição das mantas de Geotêxtil Bidim.

## Rolagem sobre o geotêxtil

Esta operação é considerada importante para a perfeita aderência do geotêxtil Bidim e seu adensamento pelo processo de expulsão de ar e ascensão do asfalto (impregnação).



A rolagem é feita com rolo de pneus, que entra sobre o geotêxtil com pressão variável de 50 à 80 lb/in<sup>2</sup>. Esta rolagem provoca uma penetração invertida do resíduo betuminoso, umectando os filamentos, ficando evidenciada a aderência do geotêxtil Bidim sobre a superfície fresada.

O aspecto da superfície é um tom “pardo” mesclado pelas marcas dos pneus do rolo compactador. A operação (número de passadas x pressão) deve ser feita de forma que o asfalto não suba muito na superfície provocando aderências nos pneus do rolo compactador.

Após a rolagem é imprescindível que seja feita inspeção visual para verificar se houve algum rasgamento ou puncionamento acentuado no geotêxtil Bidim.

### Pintura de ligação – 2º Banho

O segundo banho de emulsão sobre a manta comprimida se realiza sob os mesmos critérios técnicos já mencionados no primeiro banho, embora com maior controle efetivo sobre a taxa de aplicação (Figura 15).

### CONTROLE DE PINTURA DE LIGAÇÃO

Taxa especificada: antes da colocação do Bidim 1,1t/m<sup>2</sup>

Taxa especificada: após a colocação do Bidim 0,6 t/m<sup>2</sup>

Trecho: Estaca 149 + 10 a 156 da pista 15/33

Data da aplicação: 17/09/1993

Antes do Bidim

|                                   | 1ª faixa | 2ª faixa | 3ª faixa | 4ª faixa | 5ª faixa | 6ª faixa |
|-----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Peso da Bandeja (g)               | 451,00   | 584,00   | 728,00   | 728,00   | 551,00   | 856,00   |
| P.Band + Emulsão (g)              | 584,00   | 911,00   | 1031,00  | 1031,00  | 856,00   | 1130,00  |
| Peso da Emulsão (g)               | 133,00   | 327,00   | 303,00   | 303,00   | 305,00   | 274,00   |
| Área da Bandeja (m <sup>2</sup> ) | 0,25     | 0,25     | 0,25     | 0,25     | 0,25     | 0,25     |
| Taxa aplicada (t/m <sup>2</sup> ) | 0,53     | 1,30     | 1,21     | 1,21     | 1,22     | 1,09     |

Após do Bidim

|                                   | 1ª faixa | 2ª faixa | 3ª faixa | 4ª faixa | 5ª faixa | 6ª faixa |
|-----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Peso da Bandeja (g)               | 453,00   | 515,00   | 532,00   | 660,00   | 783,00   | 922,00   |
| P.Band + Emulsão (g)              | 719,00   | 702,00   | 703,00   | 811,00   | 976,00   | 1063,00  |
| Peso da Emulsão (g)               | 266,00   | 187,00   | 171,00   | 151,00   | 193,00   | 141,00   |
| Área da Bandeja (m <sup>2</sup> ) | 0,25     | 0,25     | 0,25     | 0,25     | 0,25     | 0,25     |
| Taxa aplicada (t/m <sup>2</sup> ) | 1,06     | 0,75     | 0,68     | 0,60     | 0,77     | 0,56     |



|                        | 1ª faixa | 2ª faixa | 3ª faixa | 4ª faixa | 5ª faixa | 6ª faixa |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Emulsão Aplicada Total | 1,59     | 2,05     | 1,89     | 1,81     | 1,99     | 1,66     |

Trecho: Estaca 142 + 000 a 149 + 10 da pista 15/33

Data de aplicação: 20/09/1993

Antes do Bidim

|                                   | 1ª faixa | 2ª faixa | 3ª faixa | 4ª faixa | 5ª faixa | 6ª faixa |
|-----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Peso da Bandeja (g)               | 453,00   | 521,00   | 558,00   | 603,00   | 667,00   | 657,00   |
| P.Band + Emulsão (g)              | 767,00   | 797,00   | 839,00   | 853,00   | 1021,00  | 918,00   |
| Peso da Emulsão (g)               | 314,00   | 276,00   | 281,00   | 250,00   | 354,00   | 261,00   |
| Dens.Emulsão (g)                  | 0,997    | 0,997    | 0,997    | 0,977    | 0,997    | 0,977    |
| Área da Bandeja (m <sup>2</sup> ) | 0,25     | 0,25     | 0,25     | 0,25     | 0,25     | 0,25     |
| Taxa aplicada (t/m <sup>2</sup> ) | 1,25     | 1,10     | 1,12     | 1,00     | 1,41     | 1,04     |

Após do Bidim

|                                   | 1ª faixa | 2ª faixa | 3ª faixa | 4ª faixa | 5ª faixa | 6ª faixa |
|-----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Peso da Bandeja (g)               | 899,00   | 850,00   | 798,00   | 748,00   | 664,00   | 584,00   |
| P.Band + Emulsão (g)              | 1011,00  | 1011,00  | 952,00   | 897,00   | 802,00   | 817,00   |
| Peso da Emulsão (g)               | 112,00   | 161,00   | 154,00   | 149,00   | 138,00   | 233,00   |
| Dens.Emulsão (g)                  | 0,997    | 0,997    | 0,997    | 0,997    | 0,997    | 0,997    |
| Área da Bandeja (m <sup>2</sup> ) | 0,25     | 0,25     | 0,25     | 0,25     | 0,25     | 0,25     |
| Taxa aplicada (t/m <sup>2</sup> ) | 0,45     | 0,64     | 0,61     | 0,59     | 0,55     | 0,93     |

|                        | 1ª faixa | 2ª faixa | 3ª faixa | 4ª faixa | 5ª faixa | 6ª faixa |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Emulsão Aplicada Total | 1,70     | 1,74     | 1,73     | 1,59     | 1,96     | 1,97     |

Figura 15 - Controle da pintura de ligação

Caso ocorra excesso no segundo banho, extrapolando o teor de betume ótimo desejado, a manta deverá ser retirada. A razão desta providência é muito simples, o excesso de betume pode ocasionar uma lubrificação na interface e não a cimentação desejada. A permanência da manta com impregnação lubrificante pode promover deformações horizontais das camadas (binder e capa) que conseqüentemente romperão, gerando portanto, uma condição de risco operacional, podendo promover sérios acidentes aeronáuticos.

Caso ocorram chuvas, sobre a manta comprimida, reimpregnada e curada, o procedimento é aguardar a saída da água por evaporação, podendo ser auxiliado por sopro de ar comprimido.

Decorrido o prazo de ruptura e cura da emulsão, a pista está pronta para receber as misturas betuminosas sobrejacentes.



## Salgamento da superfície

Para facilitar a movimentação dos equipamentos sobre o geotêxtil **Bidim** impregnado com asfalto é necessário realizar uma operação de salgamento. Esta operação consiste basicamente num espalhamento manual enérgico de massa asfáltica, onde é fundamental que atinja uma taxa de no máximo 2 Kg/m<sup>2</sup>. Não é recomendado taxas superiores a esta, pois pode gerar uma camada delgada sem as características de estabilidade desejadas.

O salgamento terá que interagir com a massa asfáltica sobrejacente sem criar nenhum tipo de efeito danoso. Caso ocorra excesso, o salgamento deve ser retirado imediatamente ainda quente, pois caso esfrie necessitará de maior energia de raspagem, podendo gerar danos a manta.

*“Preservar a integridade do geotêxtil **Bidim** é imprescindível”.*

## Aplicação das camadas de misturas betuminosas

### Camada de Ligação – Tipo Binder

A aplicação da camada de ligação – tipo Binder, foi projetada para atender as especificações preconizadas nas normas ICAO. A concepção da dosagem minimizou o aspecto da estabilidade Marshall da mistura betuminosa (1.200 Kgf). Para atingirmos esta estabilidade, tivemos que escolher agregados minerais compatíveis, apresentando como limite superior 38% de desgaste por abrasão “Los Angeles”.

A friabilidade, porosidade, índice de forma, adesividade, granulometria e rugosidade dos grãos foram exaustivamente analisados para que pudéssemos atingir a performance ideal da mescla. Em busca destas condicionantes, analisamos os complexos industriais de britagem no grande Rio para escolhermos os fornecedores.

A conclusão que chegamos foi de escolhermos para a mesma mescla, dois fornecedores, ou seja, o agregado mineral (brita 1 e pó de pedra) foi da Pedreira Cantareira, a brita 0 proveio da Vigné. O comportamento físico-químico da mistura dos agregados foi excelente; ou seja, não houve repulsão iônica entre eles. A massa unitária seca dos mesmos foi elevada.

Após a concepção da mistura betuminosa, foram executados dois trechos experimentais para avaliarmos os aspectos de usinagem, transporte, lançamento e compressão da mescla. Deste modo, analisados e ajustados todos os problemas, liberamos para execução na pista 15º/33º.

A aplicação desta camada foi feita através de vibro acabadora de asfalto, modelo SA-14 dotado de sensor de controle de greide para garantirmos o melhor desempenho no lançamento. Na rolagem de compressão foi

utilizado rolo pneumático de pressão variável lastreados com 22 toneladas. O desempenho da superfície ficou por conta do rolo auto-propelido vibratório CC43 e CC21 (Dynapac).

As juntas transversais e longitudinais foram previamente projetadas para não coincidirem com o geotêxtil Bidim, nem com as da capa de rolamento.

#### ESTUDO GRANULOMÉTRICO DOS AGREGADOS

FAIXA GRANULOMÉTRICA : \_\_\_\_\_

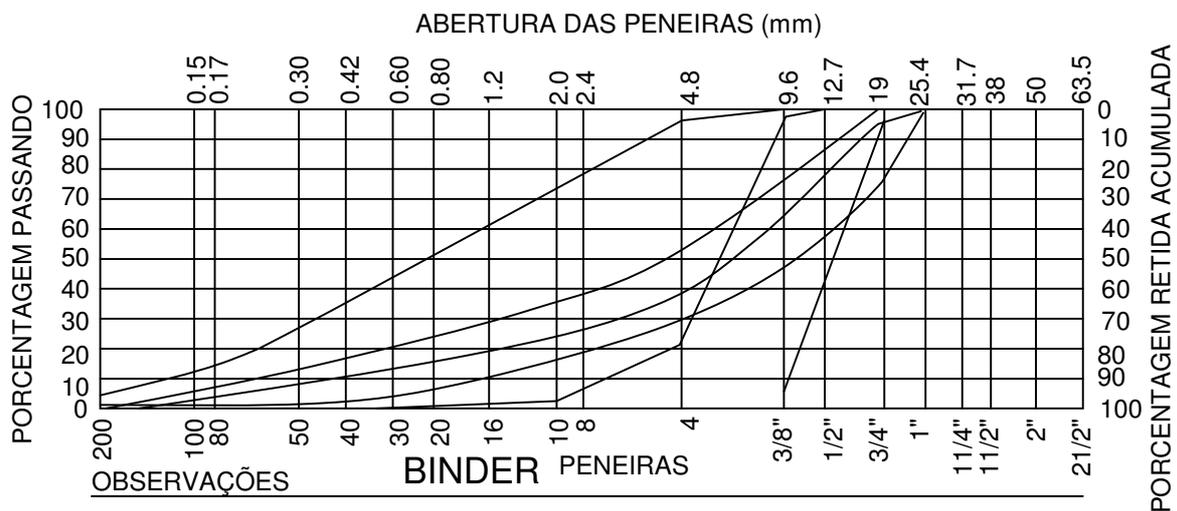


Figura 16 - Curva granulométrica do Binder.

### Pintura de Ligação entre o Binder e a Capa

A pintura de ligação foi executada sobre os mesmos procedimentos já mencionados anteriormente, apenas a taxa de aplicação foi modificada para 0,5 l/m<sup>2</sup> por se tratar de revestimento novo (Figura 17).

### Camada de rolamento tipo capa

A execução desta camada teve o mesmo desenvolvimento já descrito no Binder, sendo diferenciado apenas na granulometria e textura superficial. A camada de rolamento foi concebida para gerar microdrenagem superficial e garantir o coeficiente de atrito exigido pelas Normas Internacionais.

Para determinação final da composição granulométrica da mistura betuminosa que comporia a capa de rolamento final foram executados 4 trechos experimentais para a determinação da textura ideal utilizando-se o critério Mu-Meter, com índice definitivo de 0,63 (primeiro trecho = 0,54, segundo trecho = 0,58 e terceiro trecho 0,60).

O nível de regularidade e ondulação do pavimento atendeu ao coeficiente de conforto preconizado pela ICAO.

#### ESTUDO GRANULOMÉTRICO DOS AGREGADOS FAIXA GRANULOMÉTRICA : \_\_\_\_\_

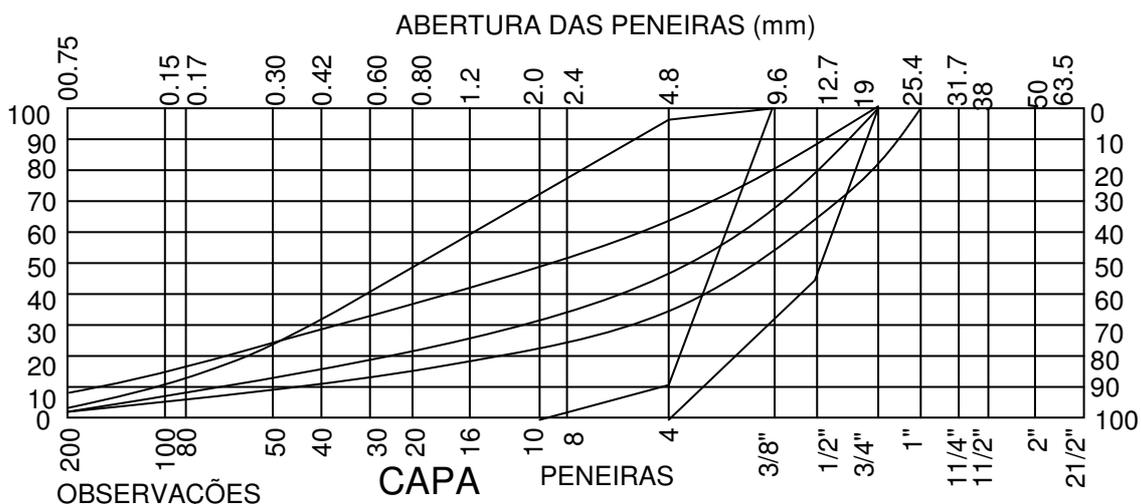


Figura 17 - Curva granulométrica da mistura betuminosa – capa de rolamento.



## 7 RESULTADOS OBTIDOS

A obra foi executada com acompanhamento tecnológico rigoroso e os resultados obtidos demonstram que alcançamos os objetivos preconizados nos estudos tecnológicos.

O Ministério da Aeronáutica realizou, após o término da obra, inspeções de atrito e regularidade superficial através de método computacional de elementos finitos bem como, vôo instrumental com o avião de teste do Departamento de Proteção ao Vôo, obtendo excelentes resultados liberando assim, a pista ao tráfego aéreo.

Os resultados obtidos, comparando-se a solução **Bidim** com a do projeto original, revelam uma cativa redução nos custos e no prazo de execução da obra. Como a aplicação múltipla na recuperação e manutenção de rodovias, pavimentos flexíveis de pontes, viadutos e túneis esta tecnologia poderá ser utilizada também na pavimentação flexível das rodovias ora em processo de licitação para concessão.

Por seu baixo custo e pela rapidez em sua instalação, esta técnica, testada e aprovada num pavimento que atende rígidas normas internacionais de segurança é certamente um dos caminhos por onde passará a recuperação da malha rodoviária brasileira. É uma nova estrada a se percorrer na trilha tecnológica do futuro.

A busca e o uso de novas tecnologias desde que comprovada cientificamente garante a sobrevivência, o crescimento, a perpetuidade e a segurança empresarial.

## 8 AGRADECIMENTOS

A solução técnica da restauração da pista de pouso 15º/33º, só se tornou possível graças a determinação e apoio do Eng. Severino Marques Fernandes Filho, responsável técnico industrial da Construtora Norberto Odebrecht S/A, a quem agradecemos.

Nossos agradecimentos especiais a toda equipe técnica da Construtora Norberto Odebrecht S/A e demais funcionários da INFRAERO, pela colaboração e especial sentimento de profissionalismo demonstrado durante os trabalhos de implantação da Pista de Pouso 15º/33º.



## 9 BIBLIOGRAFIA

Projeto de camadas de reforço com camada intermediária de Geotêxtil, 25ª Reunião Anual de Pavimentação, São Paulo, Eng. Salomão Pinto ET AL, (1981).

El uso de Geotextiles en Repavimentacion asfaltica – una experiencia reciente, El fenómeno de la fisuración de los pavimentos las “Fissuras Reflejas”, XI – Congresso Argentino de Vialidad y transito, Eng. Laerte Guião Maroni, (1982).

Aplicação do Geotêxtil não-tecido na restauração do pavimento da Ruta 5 e Ruta 7 – “Uma experiência Argentina”, XXVI – Reunião Anual de Pavimentação, Eng. Laerte Guião Maroni. Et al, (1992).

Estudo do comportamento à fadiga de misturas betuminosas e aplicação na avaliação estrutural de pavimentos. “Tese de doutorado COPPE- UFRJ, Eng. Salomão Pinto, (1991).

A mecânica da fratura aplicada ao estudo do trincamento de pavimentos, 11º Encontro de asfalto, Jacques de Medina e Regis Martins Rodrigues, (1992).

A Mechanistic Design Procedure for Fabric – Reinforced Pavement Systems, Un procedé de modele merchanique pour des systemes de pavés en tissu renforcé, 2ª Conferência Internacional de Geotêxteis – Las Vegas – USA (1982), Majidzadeh, K. Et Al.

Cases e relatórios internos - Atividade Bidim.

**10 DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA****FOTO 1**

Início da fresagem do pavimento existente capa e Binder fadigados.

**FOTO 2**

Limpeza da superfície fresada.



**Bidim**<sup>®</sup>**FOTO 3**

Detalhe da limpeza da superfície fresada através do ar comprimido e espingardas direcionais (compressor de ar).

**FOTO 4**

Primeira aplicação do ligante asfáltico 1º banho.

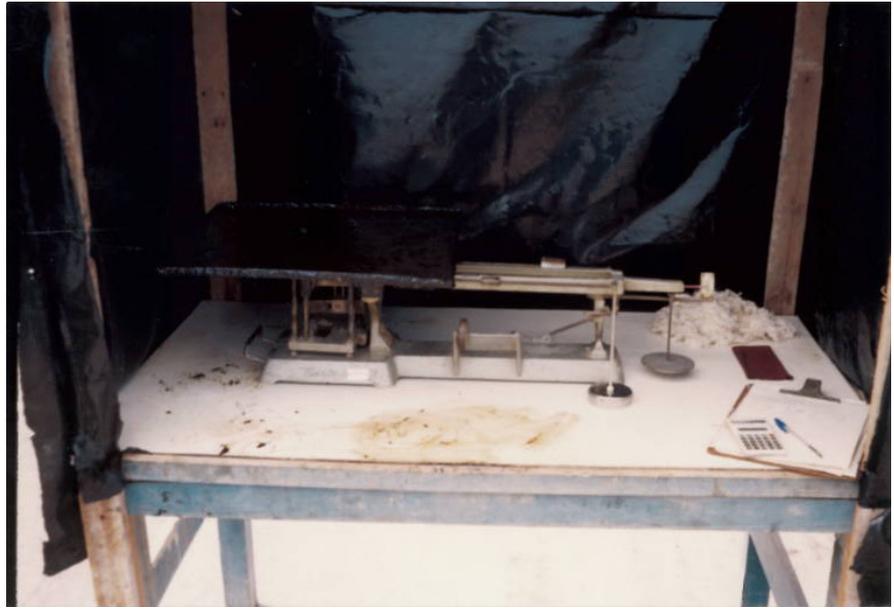
**Bidim**<sup>®</sup>**FOTO 5**

Detalhe da pintura de ligação nas sobreposições do geotêxtil Bidim com auxílio da caneta do caminhão espargidor.

**FOTO 6**  
Pintura de ligação - 2º banho.

**Bidim**<sup>®</sup>**FOTO 7**

Controle de taxa de asfalto feito através de bandejas.

**FOTO 8**

Aplicação do CBUQ sobre o geotêxtil **Bidim** devidamente impregnado com asfalto.

**Bidim**<sup>®</sup>



**FOTO 9**

Detalhe do salgamento sob as trincas de passagem do caminhão.

**FOTO 10**

Detalhe da vibroacabadora de asfalto, dotada de sensor de controle de greide. Garantia da regularidade superficial da Pista de Pouso.



**Bidim**<sup>®</sup>



**FOTO 11**

Compactação da camada de Binder com os rolos de pneus e cilindro.

**FOTO 12**

Aspecto final da Pista de Pouso 15º 33º após a compactação da capa de rolamento.

