

ANEXO III
ESPECIFICAÇÕES PARA
INFRAESTRUTURA

ESPECIFICAÇÕES E MEMÓRIA DESCRITIVA DA INFRAESTRUTURA DO BERÇO PARA HS-WIM

1. Introdução

Este Anexo trata das especificações e memória descritiva para a execução da infraestrutura, de pavimento do berço dos sistemas HS-WIM da Estação de Controle em Pista (ECP), do Posto de Pesagem Misto (PPM). Aborda os itens e específicos dos serviços de execução e as suas quantidades, contemplando as características técnicas da estrutura do pavimento, considerando as recomendações COST-323 para sítio WIM, o catálogo francês de estruturas de pavimento e as normas e legislações brasileiras vigentes.

Para a concepção do berço para os sistemas HS-WIM, foi identificada, dentro do catálogo francês uma estrutura de pavimento que permitisse obter as propriedades mecânicas compatíveis com a aplicação da tecnologia ao mesmo tempo que ofereça resistência aos esforços aplicados pelos veículos de carga durante o período de projeto superior a 20 anos.

A composição da mistura asfáltica adotada segue os princípios básicos, adotados pela literatura técnica brasileira e internacional, onde define o concreto asfáltico como sendo composto pelo esqueleto granular, resistente à compressão, e o ligante asfáltico com a função de coesão entre os granulares. A nomenclatura francesa é adotada com a finalidade de ajudar na comparação com a estrutura definida a partir do catálogo de soluções francesa.

Os equipamentos necessários à execução da camada asfáltica devem estar de acordo com a especificação de serviço DNIT 031/2006-ES:

- Os veículos para transporte da mistura devem ser do tipo basculantes em caçamba metálica robusta, limpa e lisas.
- O espalhamento da mistura deve ser executado com acabadora equipada com dispositivo capaz de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, cotas e abaulamento definidos. A acabadora deve ser equipada com alisadores e dispositivos de aquecimento.
- A compactação deve ser realizada por rolo metálico, tipo tandem ou rolo vibratório, e por rolo pneumático.

Durante o espalhamento, deve ser efetuada a medição da temperatura. A temperatura da massa asfáltica deve estar acima de 155 °C durante a compactação da massa.

Embora para a concepção da estrutura seja segundo a metodologia francesa de pavimentos, as normas brasileiras vigentes da ABNT e do DNIT devem ser observadas durante as etapas de usinagem de misturas asfálticas, de transportes de massa até o local da ECP e de execução.

O PPM poderá ser implantado em trechos rodoviários distintos, a rodovia a receber a ECP pode ser em pista simples ou duplicada. A seguir será descrito a solução para os

trechos com características de rodovia pista simples e pista dupla. A solução de ECP em rodovia de pista dupla será representado nas imagens como sendo a metade (1/2) da seção, devendo-se considerar o eixo da rodovia como eixo de simétrica. No entanto, os quantitativos e volumes dos materiais serão apresentados considerando-se a seção completa, para pista simples e pista dupla separadamente.

2. Características para uma estrutura de pavimento de sítio com sistema *Weigh-in-motion* (WIM)

A Cooperação Europeia em Ciência e Tecnologia e sua especificação COST-323, terminologia inglês denominada de *European Cooperation in Science and Technology* (COST), recomenda características da geometria e da estrutura que um pavimento deve apresentar para um bom desempenho dos sistemas de pesagem em movimento, isto é, as características necessárias para aproveitar de precisão para cada sistema de pesagem em alta velocidade. As características foram definidas em função das classes do local de instalação e dos parâmetros de pavimento. A Tabela 1 apresenta os parâmetros mínimos de geometria e as características das estruturas para três classes de pesagem em movimento (COST 323, 1999).

Tabela 1 – Características para o sítio de pesagem WIM definidas no COST 323

PAVIMENTO			CLASSE DOS SÍTIOS DE PESAGEM EM MOVIMENTO		
			I	II	III
Deformação permanente (régua de 3 m)		Profundidade máx. (mm)	≤ 4	≤ 7	≤ 10
Deflexão Quase-estático (Eixo de 13t)	Semirrígido	Def. média (10 ⁻² mm)	≤ 15	≤ 20	≤ 30
	Betuminoso espesso	Def. média (10 ⁻² mm)	≤ 20	≤ 35	≤ 50
	Flexível	Def. média (10 ⁻² mm)	≤ 30	≤ 50	≤ 75
Deflexão Dinâmico (Carga de 5t)	Semirrígido	Def. (10 ⁻² mm)	≤ 10	≤ 15	≤ 20
	Betuminoso espesso	Def. média (10 ⁻² mm)	≤ 15	≤ 25	≤ 35
	Flexível	Def. média (10 ⁻² mm)	≤ 20	≤ 35	≤ 55
Irregularidade	IRI	Índice(m/km)	0-1,3	1,3-2,6	2,6-4
Inclinação longitudinal			< 1%	< 2%	< 2%
Inclinação transversal			< 3%	< 3%	< 3%

Fonte: COST 323 (1999)

Para a execução do berço dos sistemas HS-WIM da ECP as características de referência seguem a Classe I para a geometria, deformação, irregularidade e inclinações longitudinais e transversais. A deflexão a ser considerada durante o controle de execução, medida na superfície do pavimento, deverá ser inferior a 35×10^{-2} mm, para uma carga de 8,2 toneladas e temperatura de 25°C do material. Salienta-se que o valor da deflexão para uma seção é a média de medida na trilha de roda à direita e à esquerda e este valor deve ser igual ou inferior ao valor limite estabelecido na Tabela 1.

A estrutura do pavimento de concreto asfáltico espesso adotado para o berço dos equipamentos HS-WIM é composta por um subleito melhorado com cal e por múltiplas camadas betuminosa, conforme estão mostrados na Figura 1 e no detalhe da Figura 2.

Figura 1 – Pista de Pavimento de Concreto Asfáltico Espesso (PCAE)

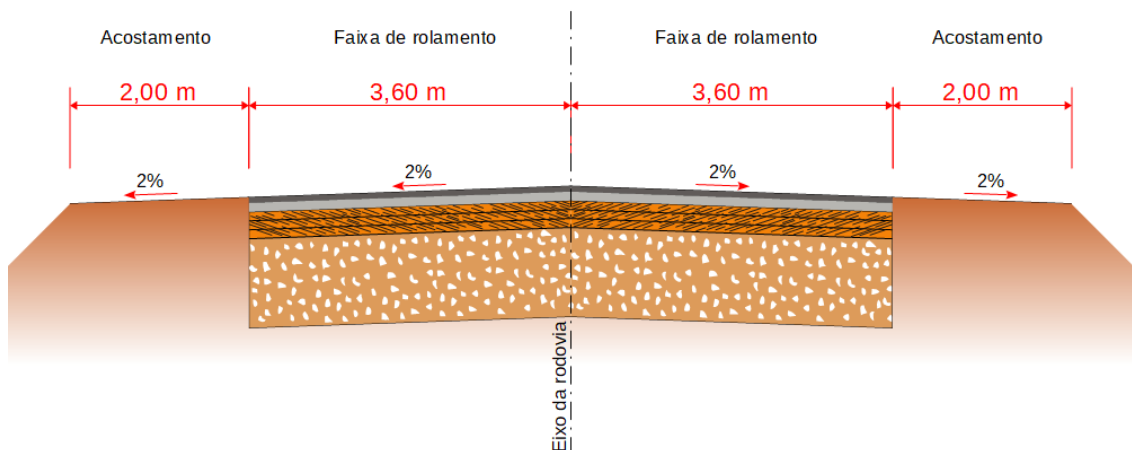
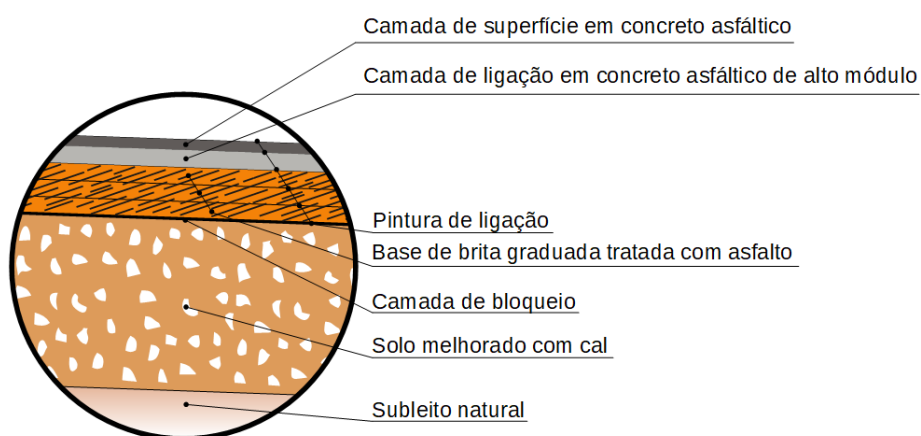


Figura 2 – Detalhe das camadas do PCAE

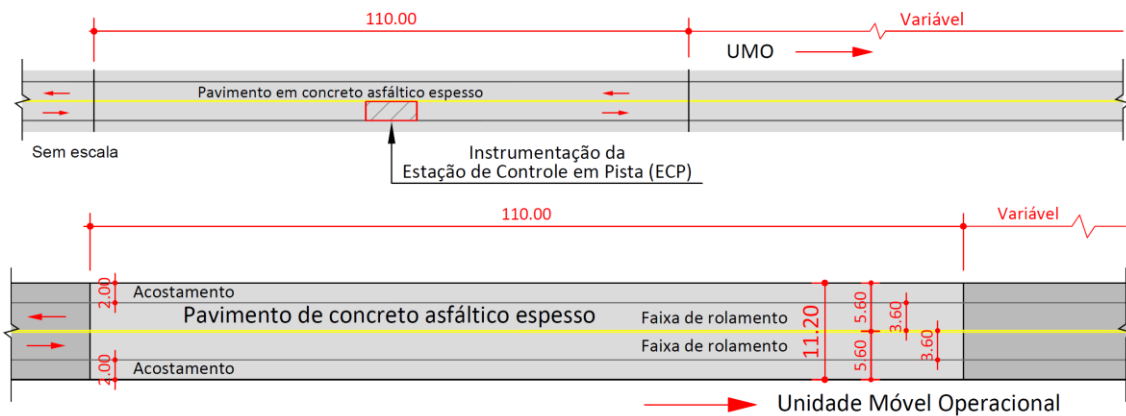


3. Serviços de Terraplanagem

Os serviços de terraplanagem foram desenvolvidos com base nas informações da geometria e da estrutura de pavimento da ECP, que está localizado a montante da UMO. A pista da estrutura do pavimento a ser construída nos trechos apresenta comprimento total de 110 m.

A largura total das faixas de rolamento é de 7,20 m para as rodovias em pista simples, sendo largura de 3,60 m de cada pista e 2,00 m para cada lado de acostamento, conforme ilustra a Figura 3.

Figura 3 – ECP com Pavimento de Concreto Asfáltico Espesso (PCAE) – pista simples



A ECP em rodovia duplicada possui largura total das duas faixas de rolamento é de 7,20 m para cada sentido, sendo uma largura de 3,60 m de cada pista. O acostamento possui largura de 2,00 m, em ambos os sentidos, conforme a Figura 4. Existe um recuo, entre as faixas de rolamento de sentidos opostos e próximos ao bordo central, de 0,50 m.

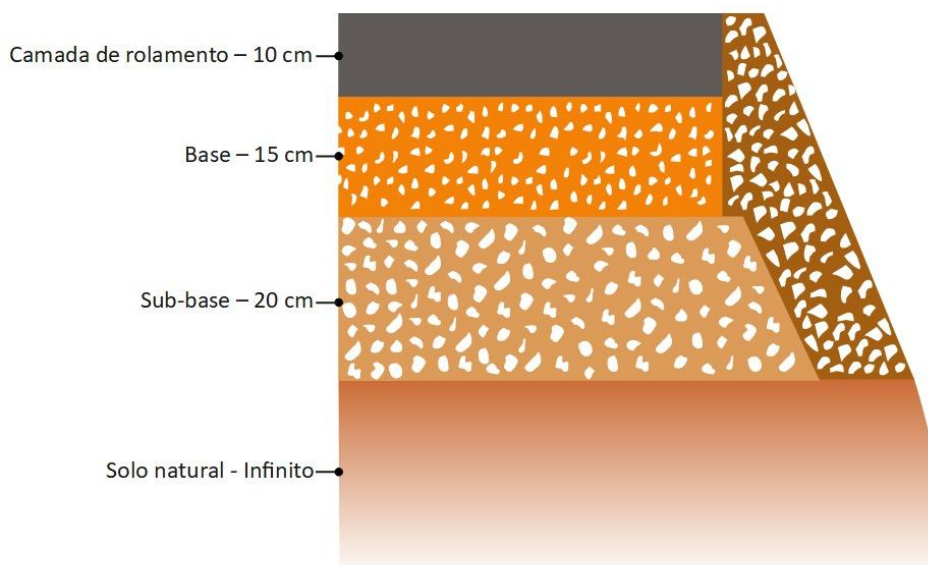
Figura 4 – ECP com Pavimento de Concreto Asfáltico Espesso (PCAE) – pista dupla



Durante o serviço de terraplenagem, uma rampa de acesso é necessária para a execução da nova pista sobre o pavimento existente. A rampa de acesso prevista terá 6 m de comprimento e 3,60 m de largura, em cada pista de rolamento. A rampa de acesso serve de entrada e saída de veículos e equipamentos durante a etapa de construção. São previstas duas rampas, em ambas as extremidades de cada pista.

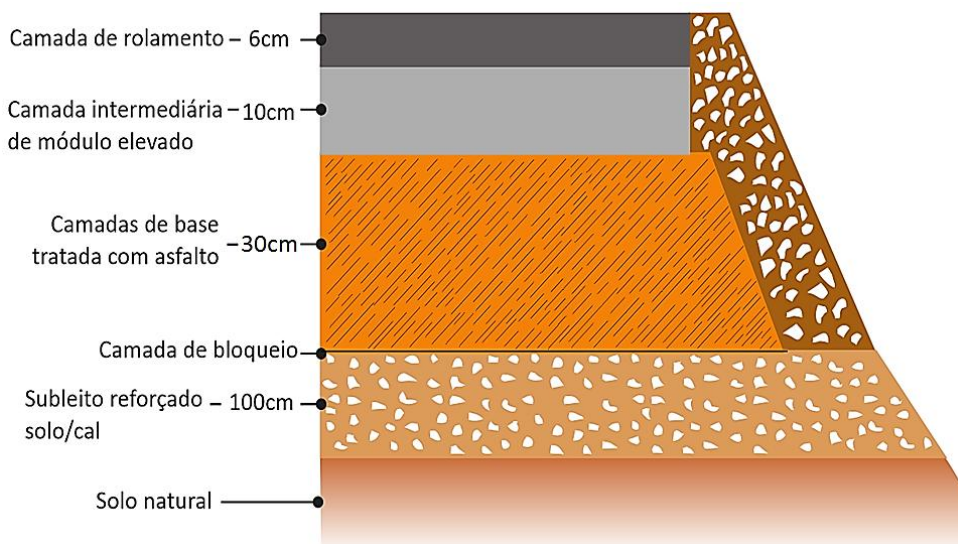
Na Figura 5, encontra-se a estrutura existente esperada do pavimento para os dois trechos onde serão instalados a ECP do PPM. A espessura da camada de rolamento é de 10 cm, a espessura da camada de base 15 cm e a espessura de camada de sub-base é de 20 cm.

Figura 5 – Estrutura do Pavimento Existente



A estrutura de pavimento a ser construída é composta de múltiplas camadas de Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) com a espessura total de 46 cm, sendo uma camada de suporte do pavimento em solo tratado com cal, com módulo próximo a 120 MPa e a espessura de 100 cm; uma camada de granulares tratados com ligante asfalto com 30 cm, denominadas na formulação das misturas asfálticas francesa de *Grave Betume* classe 3 (GB-3), uma camada intermediária de mistura de alto módulo de 10 cm, chamada na formulação de misturas francesa de *Enrobé à Module Élevé* classe 1 (EME-1) e uma camada de rolamento de 6 cm, também conhecida na formulação francesa de *Béton Bitumineux Mince* (BBM), conforme mostra a Figura 6.

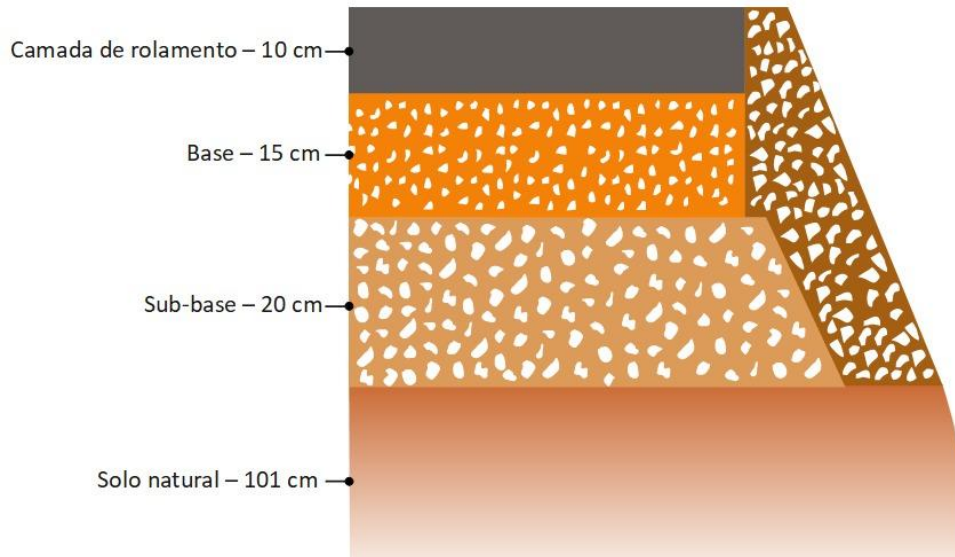
Figura 6 – Solução de Estrutura de PCAE



Para poder executar a camada de PCAE, deve-se remover as camadas de estrutura existente no comprimento total da pista de 110,00 m. Para a rodovia em pista simples a largura total das faixas a serem executadas é de 7,20 m e profundidade de 146 cm. Para isso, deve ser escavada os 146 cm, sendo que é previsto o tratamento do solo existe com cal com

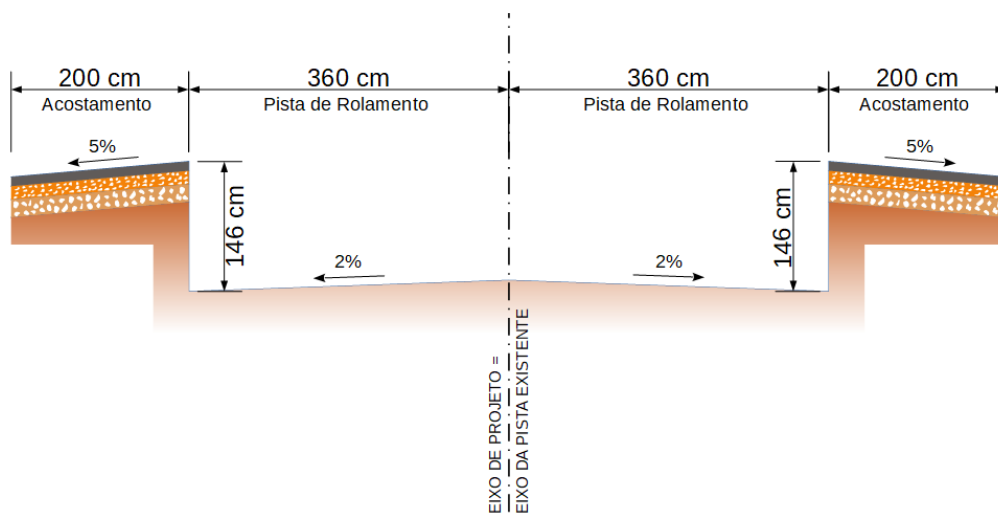
espessura de 100 cm da camada de reforço de subleito, ou seja, solo tratado com cal e 46 cm de diferentes tipos de Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ). A Figura 7 exibe a estrutura a ser escavada.

Figura 7 – Estrutura a ser escavada



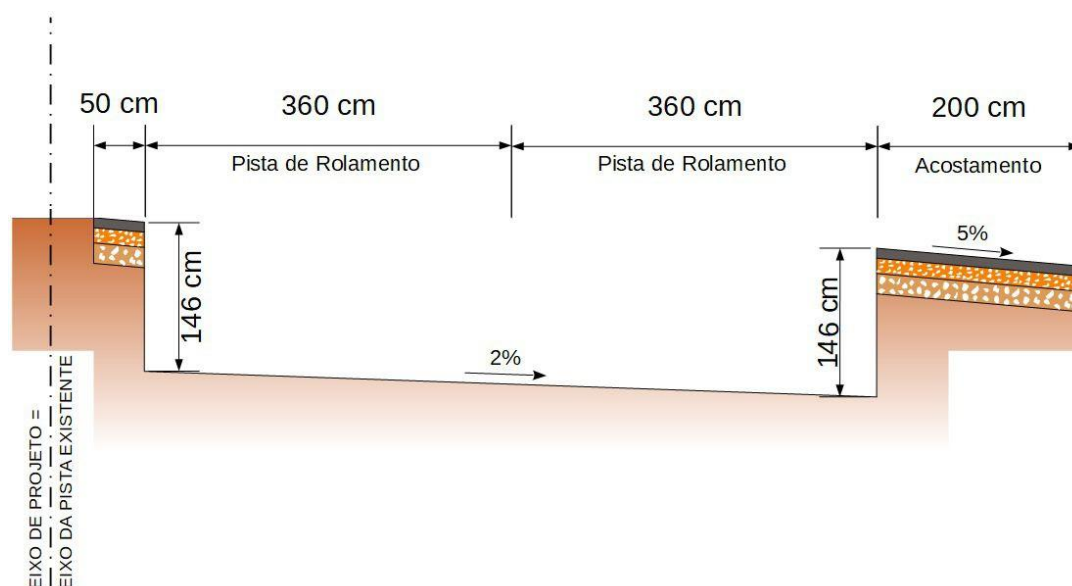
Assim, serão previstas a remoção de 10 cm da camada de revestimento asfáltico; a remoção de 15 cm de materiais granulares; a remoção de 20 cm de macadame seco e a escavação de 101 cm do terrapleno, ou seja, do subleito natural para se chegar a profundidade de 146 cm no total. Na Figura 8 está ilustrada a seção tipo de terraplanagem com detalhe de escavação para a ECP em rodovia de pista simples.

Figura 8 – Seção transversal tipo da solução de terraplanagem – pista simples



Na Figura 9 está ilustrada a seção transversal tipo (1/2) de terraplanagem com detalhe de escavação para ECP em rodovia duplicada, pista dupla, na imagem o eixo da rodovia é o eixo de simetria da seção transversal. O canteiro central será preservado devendo-se manter o pavimento faixa de segurança nos bordos internos.

Figura 9 – Seção transversal tipo (1/2) da solução de terraplanagem – pista dupla



Na Tabela 2, encontram-se, em resumo os volumes a serem escavados, volumes que serão reutilizados e volumes a serem transportados para a solução de ECP em pista simples. O solo do terreno natural, a ser escavado, será reaproveitado para a execução da camada melhorado com cal. O material que não será aproveitado será descartado e transportado ao até o bota-fora. Está se considerando, para fins de execução do novo pavimento dentro da plataforma existente, rampas de acessos de 6 metros nas duas cabeceiras.

Tabela 2 – Estimativas de volumes escavados, reutilizados e transportados – pista simples

Camadas - Materiais	Volume de Terraplenagem – Pista Simples		
	Escavado (m ³)	Reutilizado (m ³)	Transportado (m ³)
Rolamento - CBUQ	87,840	0,0	87,840
Base - BGS	131,760	0,0	131,760
Sub-Base – Macadame Seco	171,680	0,0	171,680
Subleito natural - Solo	829,805	821,880	7,925

Na Tabela 3, encontram-se, em resumo os volumes a serem escavados, volumes que serão reutilizados e volumes a serem transportados para a solução de ECP no trecho de rodovia duplica. Também, na solução em pista dupla o solo do terreno natural, a ser escavado, será reaproveitado para a execução da camada melhorado com cal. Está se considerando também as rampas de acessos de 6 metros nas duas cabeceiras.

Tabela 3 – Estimativas de volumes escavados, reutilizados e transportados – pista dupla

Camadas - Materiais	Volume de Terraplenagem – Pista Dupla		
	Escavado (m ³)	Reutilizado (m ³)	Transportado (m ³)
Rolamento - CBUQ	175,680	0,0	87,840
Base - BGS	263,520	0,0	131,760
Sub-Base – Macadame Seco	343,360	0,0	171,680
Subleito natural - Solo	1.659,610	1.643,760	15,850

Considerou-se para as camadas de sub-base e de base que os volumes escavados são iguais volumes a serem transportados.

A seguinte norma deve ser observada:

- DNIT 104/2009-ES - Terraplenagem – Serviços preliminares;

Se necessário, as seguintes normas devem ser observadas:

- DNIT 105/2009-ES - Terraplenagem – Caminhos de serviço;
- DNIT 106/2009-ES - Terraplenagem – Cortes.

4. Serviço de Execução de Pavimento de Concreto Asfáltico Espesso- PCEA (berço para HS-WIM)








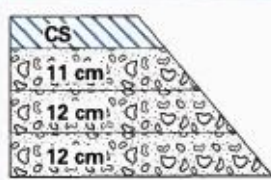
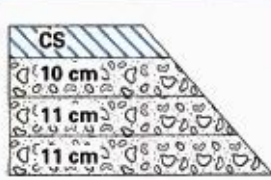

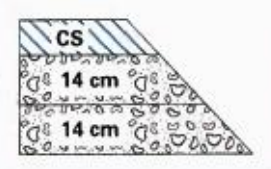



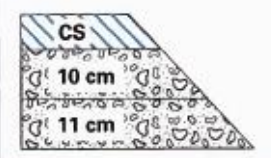

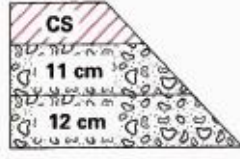
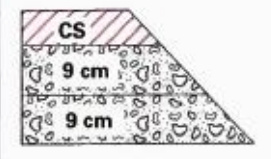
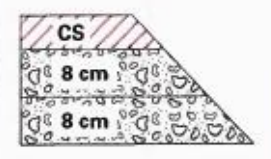
A solução de estrutura de PCAE para ECP foi feita com base na análise de performance da característica do pavimento que atende o sistema de passagem WIM de acordo com as considerações do COST 323 apresentado na Tabela 1. O objetivo do PPM é realizar pré-seleção na pista na velocidade diretriz da via com melhor precisão, o que implica na adoção da Classe I do COST-323 como mínima necessária para atender a resposta conjunta do pavimento com sistema de pesagem.

Vale lembrar que na Classe I dos sistemas WIM do COST 323, a deflexão máxima recomendada não deve passar de $20,0 \times 10^{-2}$ mm na superfície do pavimento. Nesse sentido, a partir do Catálogo Francês de Estruturas-Tipos de Estradas Novas (*Catalogue des Structures Types de Chaussées Neuves*) como ponto de partida, definiu-se a estrutura de pavimento que atende as características da Classe I de COST 323 e que enquadra nas seguintes definições (SETRA-LCPC, 1997):

- Redes de Vias Estruturantes (*Voies du Réseau Structurant – VRS*).
- Base granular tratada com ligante asfáltico, denominado de *Grave-Bitume* de classe 3 (GB-3).
- Plataforma de suporte de Classe 3 (PF3) de no mínimo 120 MPa.
- Frota de veículos pesados de 30 milhões de passagens eixo equivalente - TC7.

Logo, para essas definições, a estrutura definida se encontra destacada na Figura 7 do catálogo.

Figura 7 – Catálogo de dimensionamento francês grupo estrutura GB3/GB3 PF3 x TC7

		PF 2		PF 3		PF 4		
		50 MPa		120 MPa		200 MPa		
<p>Fiche</p>  <p>TC8₃₀</p> <p>94 millions PL (75 millions NE)</p>  <p>TC7₃₀</p> <p>38 millions PL (30 millions NE)</p>  <p>TC6₃₀</p> <p>14 millions PL (11,3 millions NE)</p>  <p>TC5₃₀</p> <p>6 millions PL (4,5 millions NE)</p>  <p>TC4₃₀</p> <p>3 millions PL (2,2 millions NE)</p>  <p>TC3₃₀</p> <p>1 million PL (0,7 millions NE)</p>  <p>TC2₃₀</p>				 <p>CS 11 cm 12 cm 12 cm</p>		 <p>CS 10 cm 11 cm 11 cm</p>		
				 <p>CS 10 cm 10 cm 11 cm</p>		 <p>CS 14 cm 14 cm</p>		
				 <p>CS 13 cm 13 cm</p>		 <p>CS 11 cm 12 cm</p>		
			 <p>CS 13 cm 13 cm</p>		 <p>CS 10 cm 11 cm</p>		 <p>CS 9 cm 9 cm</p>	
			 <p>CS 11 cm 12 cm</p>		 <p>CS 9 cm 9 cm</p>		 <p>CS 8 cm 8 cm</p>	

Fonte: SETRA (1998)

A camada de superfície (*Couche de Surfasse* – CS) representa a camada de rolamento que está em contato direto com os eixos e suas cargas, e também será a camada onde os sensores e equipamentos no pavimento serão instalados. Esta camada foi dimensionada segundo a profundidade máxima dos sensores e dos equipamentos. Neste projeto, a espessura adotada é de 6 cm, que é compatível com a maioria dos sensores WIM do tipo em linha (ou “*Strips*”)

A estrutura de pavimento a ser construída é a mesma apresentada na Figura 3, reiterando-se que é composta múltiplas camadas de concreto asfálticos, com a espessura total de 46 cm, sendo a camada de rolamento de 6 cm, camada intermediária de módulo elevado de 10 cm e uma base granular tratada com ligante de 30 cm, além de uma camada de suporte do pavimento em solo tratado com cal, com módulo próximo a 120 MPa.

A seguir são descritos os serviços de execução das camadas que constituem a estrutura de da pista do PCAE, percorrendo sobre as etapas, os materiais e as quantidades.

4.1. Execução de reforço de subleito solo com cal

O reforço do subleito é uma camada de espessura constante sobre o subleito regularizado, apresentando qualidade superior ao subleito, com o objetivo de fornecer estrutura ao pavimento. A camada de reforço é melhorada com cal hidratada do tipo CH-I, em torno de 5% do volume de 100 cm de espessura, estimando um módulo de 120 Mpa, segundo o termo das classes de rolamento para a superfície plana no topo da terraplanagem do Manual de Dimensionamento Francês, de 1997, de alto volume de tráfego.

A execução do reforço de subleito com solo-cal deve seguir conforme a norma DNIT 422/2019 – ES, Pavimentação – Solo-Cal – Adição de cal para melhoria de Subleito – Especificação de Serviço. O espalhamento do material é distribuído e homogeneizado mediante ação combinada de grade de discos e motoniveladora. A espessura da camada não deve ser inferior a 12 cm nem superior a 20 cm. A cura será realizada conforme previsto pelas normas DNIT 144/2014 – ES ou DNIT 145/2012 – ES.

Conforme experiência realizada em Araranguá, exibida na Figura 8, o seguinte procedimento foi adotado o espelhamento de cal, como apresentado em (a), para uma homogeneização adequada, dividiu-se a camada de reforço de subleito em cinco camadas de 20 cm, o que permitiu uma fácil homogeneização com motoniveladora, conforme ilustra em (b). Após a homogeneização, para cada camada de 20 cm de espessura, passou-se com um caminhão pipa para molhar o solo-cal e para chegar à umidade ótima de compactação, conforme pode ser visualizado na em (c), seguida da compactação da camada, que pode ser observada em (d). Reforça-se que o processo de homogeneização e compactação deve seguir a umidade ótima de compactação para garantir 100% de grau de compactação.

Depois da execução final da camada de reforço do subleito com solo-cal, deve-se aguardar um período de 72 horas para efetuar o processo de cura e de estabilização antes da execução da camada subjacente.

Figura 8 – Reforço do subleito com cal



Fonte: LabTrans (2018)

4.2. Camada de bloqueio

Para a execução de camada de bloqueio, por falta de norma específica quanto a execução sobre solo, a norma DNIT 152/2010-ES - Pavimentação – Macadame hidráulico pode ser considerada como orientativa. A composição do material para a camada e bloqueio segue a granulometria especificada norma do tipo B, conforme a Tabela 4 a seguir. A camada de bloqueio deve ser executada após o reforço de subleito solo-cal, ser como superfície da camada de base e para permitir a realização do ensaio de Viga Benkelman.

Tabela 4 – Porcentagens limites para curva granulométrica para camada de bloqueio

Abertura (mm)	% em peso, passando	Tolerância
4,8	100	± 5
2,0	55-100	± 5
0,42	25-100	± 5
0,74	0-12	± 5
Espessura		3 cm

4.3. Execução da camada de base de brita graduada com ligante asfáltico – Grave Betume (GB3)

Antes da distribuição da mistura asfáltica, deve-se executar a Imprimação com asfalto diluído de volatilidade média (CM-30), seguida da pintura de ligação com Emulsão Asfáltica Catiônica de Ruptura Rápida do tipo 2 (RR-2C) sobre a camada de bloqueio. Sendo decorridos mais de sete dias entre a execução da imprimação e a do revestimento, ou no caso de ter havido trânsito sobre a superfície imprimada, ou, ainda ter sido a imprimação recoberta com areia, pó-de-pedra, etc., deve ser feita uma pintura de ligação.

A distribuição e compactação do concreto de base deve ser dividida em 6 camadas de 5 cm, resultando numa espessura total de 30 cm. A distribuição do concreto asfáltico deve ser feita por equipamentos adequados tipo vibro acabadora, conforme especificado na norma DNIT 031/2006-ES – Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico. Caso ocorram irregularidades na superfície da camada, estas devem ser sanadas pela adição manual de concreto asfáltico, sendo esse espalhamento efetuado por meio de ancinhos e rodos metálicos.

Para cada uma das camadas em execução dever ser verificada a temperatura fixada dos ensaios de controle tecnológica da usina de concreto asfáltico. A temperatura do concreto asfáltico deve ser determinada para cada tipo de ligante não deve ser inferior a 130°C nem exceder a 177°C.

A compactação deve ser iniciada pelos bordos, longitudinalmente, continuando em direção ao eixo da pista. Nas curvas, de acordo com a superelevação, a compactação deve começar sempre do ponto mais baixo para o ponto mais alto. Cada passada do rolo deve ser recoberta na seguinte de, pelo menos, metade da largura rolada. Em qualquer caso, a operação de rolagem perdurará até o momento em que seja atingida a compactação necessária para a obtenção dos volumes de vazios especificados a seguir.

4.4. Camada intermediária com mistura asfáltica densa de alto módulo - Enrobés à Module Élevé classe 1 (EMEI)

Essa camada será para evitar a deformação permanente e permitir o suporte necessário para os sensores e equipamentos que compõem a pesagem em movimento HS-WIM. A mistura, para essa camada, possui uma curva granulométrica contínua próxima a de máxima densidade, maximizando a resistência ao cisalhamento e minimizando os vazios. A execução do espalhamento e compactação deve seguir conforme norma DNIT 031/2006-ES – Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico.

A execução da camada de 10 cm se inicia após aplicação de pintura de ligação com emulsão asfáltica do tipo RR-2C, sendo o espalhamento e compactação dividida em 2 camadas de 5 cm.

A temperatura do concreto asfáltico deve ser determinada para cada tipo de ligante e não deve ser inferior a 130°C nem exceder a 177°C.

A compactação deve ser iniciada pelos bordos, longitudinalmente, continuando em direção ao eixo da pista. Nas curvas, de acordo com a superelevação, a compactação deve começar

sempre do ponto mais baixo para o ponto mais alto. Cada passada do rolo deve ser recoberta na seguinte de, pelo menos, metade da largura rolada. Em qualquer caso, a operação de rolagem perdurará até o momento em que seja atingida a compactação necessária para a obtenção dos volumes de vazios especificados a seguir.

4.5. Camada de rolamento - Béton Bitumineux Mince (BBM)

A camada de rolamento, com a mistura asfáltica do tipo *Béton Bitumineux Mince* (BBM), é a parte superior da estrutura do pavimento e permanece em contato direto com os pneus dos veículos. Esta camada deve permitir a instalação dos sensores e equipamentos de pesagem, permitindo a boa adesividades entre os sensores e a mistura. Deve permitir o conforto e a segurança dos veículos e deve apresentar uma boa resistência ao desgaste. As irregularidades longitudinais e, principalmente, transversais devem ser minimizadas. Na região de instalação dos sistemas WIM, não deve haver afundamentos transversais superiores a 4 mm.

A execução da camada superficial ou de rolamento de 6 cm se inicia após a execução de pintura de ligação formando uma superfície única com abaulamento de 2%. A execução do espalhamento e compactação deve seguir conforme norma DNIT 031/2006-ES – Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico.

A temperatura do concreto asfáltico deve ser determinada para cada tipo de ligante e não deve ser inferior a 130°C nem exceder a 177°C.

A compactação deve ser iniciada pelos bordos, longitudinalmente, continuando em direção ao eixo da pista. Nas curvas, de acordo com a superelevação, a compactação deve começar sempre do ponto mais baixo para o ponto mais alto. Cada passada do rolo deve ser recoberta na seguinte de, pelo menos, metade da largura rolada. Em qualquer caso, a operação de rolagem perdurará até o momento em que seja atingida a compactação necessária para a obtenção dos volumes de vazios especificados a seguir.

Na Figura 10 está ilustrado a seção transversal tipo do serviço de pavimentação (PCAE) – pista simples e seu detalhe respectivamente.

Figura 10 – Seção transversal tipo do serviço de pavimentação (PCAE) – pista simples

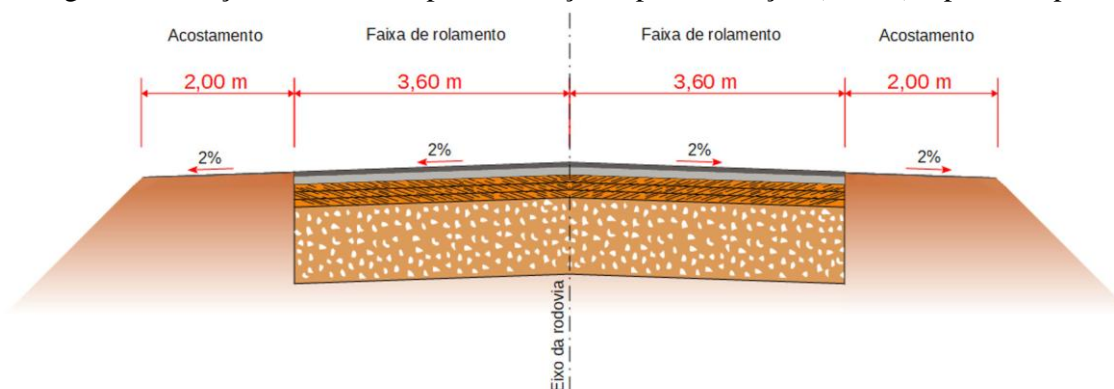
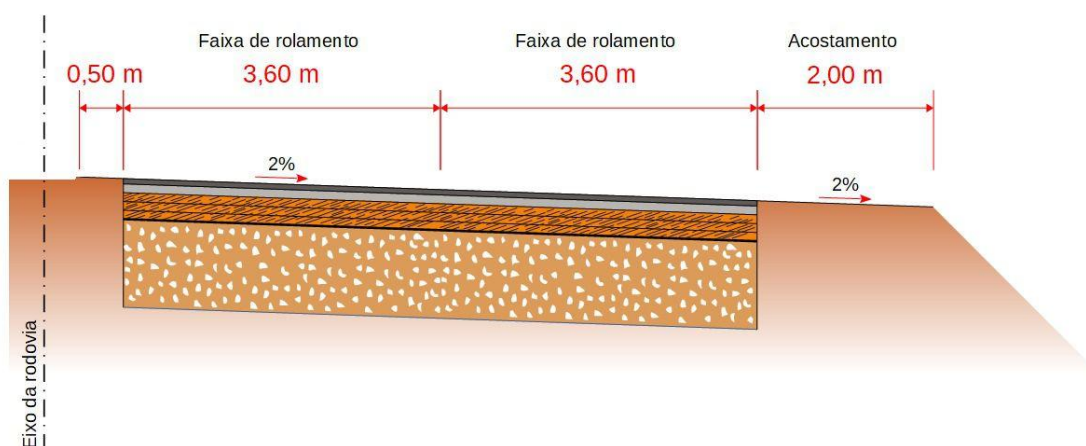


Figura 11 – Detalhe A: seção transversal tipo do serviço de pavimentação – PCAE



Na Figura 12 está ilustrado a seção transversal tipo do serviço (1/2) do pavimento de concreto asfáltico espesso para rodovias de pista dupla e seu detalhe respectivamente.

Figura 12 – Seção transversal tipo (1/2) do serviço de pavimentação (PCAe) – pista dupla



Recomenda-se que a execução final seja minuciosa para essa camada. Atenção deve ser tomada para a região de transição entre a estrutura nova e a estrutura existente. O nivelamento longitudinal e transversal deve ser garantido para se evitar desníveis e solavancos, garantindo assim o desempenho dos sistemas WIM e a segurança aos usuários da via.

4.6. Imprimação e pintura de ligação

As normas DNIT 144/2014-ES – Pavimentação - Imprimação com ligante asfáltico e DNIT 145/2012-ES – Pavimentação – Pintura de ligação com ligante asfáltico devem ser observadas antes da execução da base, antes da execução da camada intermediária e antes da camada de rolamento.

Se houver material solto, poeira e resíduos de qualquer espécie deve-se proceder à varredura da superfície, de modo a eliminar todo e qualquer material solto. Deve-se imprimir a largura total da pista em um mesmo turno de trabalho e deixá-la, sempre que possível, fechada ao tráfego.

As taxas de aplicação adotadas são:

- Imprimação com asfalto diluído de volatilidade média (CM-30) – 1,20 l/m²;
- Pintura de ligação com Emulsão Asfáltica Catiônica de Ruptura Rápida do tipo 2 (RR-2C) – 1,30 l/m².

4.7. Materiais e quantidades para a execução da estrutura de pavimento

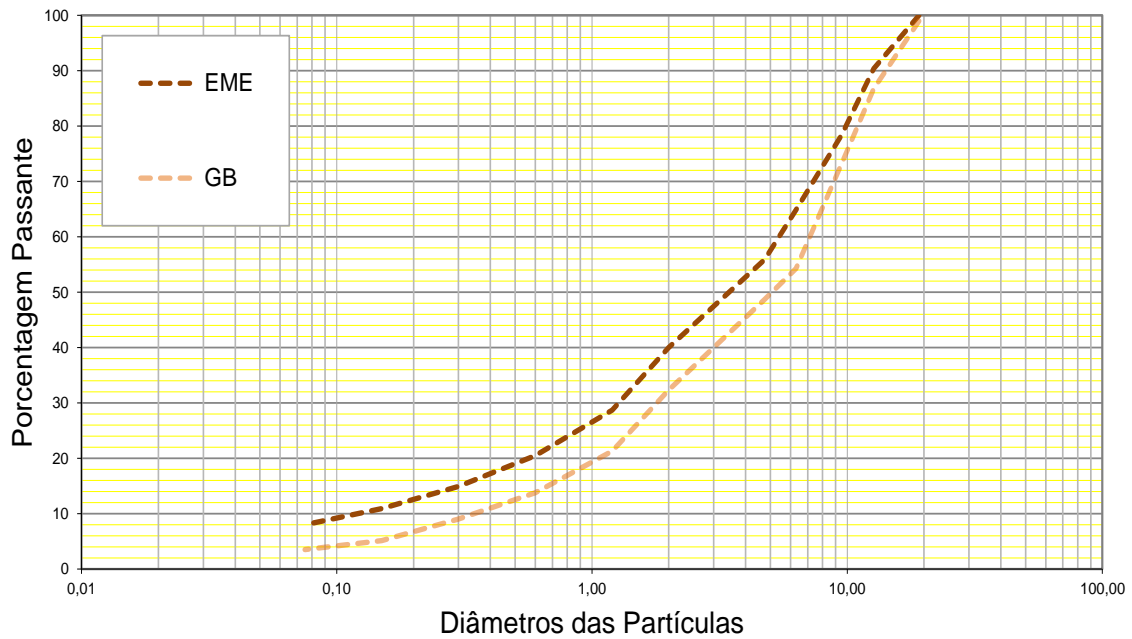
O estudo do agregado foi baseado nas faixas limites enquadradas nas curvas granulométricas definitivas para as misturas asfálticas a serem adotadas durante a execução. A curva da mistura de módulo elevado *Enrobé à Module Élevé* classe 1- EME1 foi considerada como limite superior e a mistura *Grave-Bitume* classe 3 - GB3 como limite inferior, apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Porcentagens limites para curva granulométrica do projeto

Abertura (mm)	Mistura EME (Quintero, 2011) (%)	Mistura GB (Almeida, 2013) (%)
15,9	100	100
12,7	89,4	87,8
9,5	77,4	74,2
6,45	63,9	59,3
4,76	54,9	49,7
2,38	39	33,3
1,19	27,6	22,3
0,59	19,5	14,8
0,3	13,9	10
0,15	9,9	6,7
0,075	7	4,5

O gráfico dos limites das curvas está apresentado na Figura 13.

Figura 13 – Curvas granulométrica s limites para as misturas asfálticas do projeto



O teor de ligante asfáltico durante a usinagem deve ser verificado e determinado com exatidão a partir do ensaio Marshall da mistura com a granulometria definida e ligante utilizado. Os teores de ligantes devem tomar como base os materiais da pedreira e variação volumétrica dos vazios para cada mistura. Deve ser garantido a relação ótima do teor de ligante da mistura, para assim evitar a exsudação ou desagregação da mistura asfáltica.

Na Tabela 6, apresentam-se em síntese, as quantidades das misturas asfálticas, para ECP rodovia de pista simples, destinadas as três camadas diferentes da estrutura de pavimento, a variação de volume de vazios, a porcentagem e quantidades de ligante asfáltico e os tipos de granulares e quantidades que são a base para formulação das misturas utilizadas nas diferentes camadas. Os volumes previstos para as rampas de acessos, durante a execução do pavimento, foram incluídos.

Tabela 6 – Os quantitativos para as misturas asfálticas – pista simples

Tipo de mistura	QTDE (m³)	QTDE (tons)	Varição de Volume de Vazios (%)	Teor Ligante Asfáltico (%)	QTDE ligante (tons)	Agregados	QTDE (%)
MISTURA 1 - BBM	52,7	131,8	4,0 a 8,0	4,7	6,2	Brita ¾	24,80
						Pedrisco	27,60
						Pó	41,90
						Filler	1,00
MISTURA 2 – EME1	87,1	217,8	3,0 a 8,0	5	10,9	Brita ¾	24,70
						Pedrisco	27,50
						Pó	41,80
						Filler	1,00
MISTURA 3 – BG3	258,0	637,6	7,0 a 10,0	4	25,5	Brita ¾	25,00
						Pedrisco	27,80
						Pó	42,20
						Filler	1,00

Na Tabela 7, apresentam-se em síntese, as quantidades das misturas asfálticas para solução de ECP em rodovia duplicada, considerando ambos os sentidos. Os volumes previstos para as rampas de acessos, durante a execução do pavimento, foram incluídos.

Tabela 7 – Os quantitativos para as misturas asfálticas – pista dupla

Tipo de mistura	QTDE (m³)	QTDE (tons)	Varição de Volume de Vazios (%)	Teor Ligante Asfáltico (%)	QTDE ligante (tons)	Agregados	QTDE (%)
MISTURA 1 - BBM	105,4	443,0	4,0 a 8,0	4,7	20,8	Brita ¾	24,80
						Pedrisco	27,60
						Pó	41,90
						Filler	1,00
MISTURA 2 – EME1	174,2	435,6	3,0 a 8,0	5	21,8	Brita ¾	24,70
						Pedrisco	27,50
						Pó	41,80
						Filler	1,00
MISTURA 3 – BG3	516,0	1.290,1	7,0 a 10,0	4	51,6	Brita ¾	25,00
						Pedrisco	27,80
						Pó	42,20
						Filler	1,00

Todas as camadas asfálticas serão usinadas com o mesmo Cimento Asfáltico de Petróleo, CAP, adicionado com polímero de consistência CAP 30/45.

A Tabela 8 contém as quantidades previstas para os granulares com finos para camada de bloqueio, de asfalto diluído para imprimação, de emulsão asfáltico para pintura de ligação e de cal hidratada do tipo CH-I para reforço de subleito, para trecho em pista simples.

Tabela 8 – Outras quantidades – pista simples

Descrição	Materiais	Quantidades	Quantidades (tons)
Camada de bloqueio	Granulares com finos	26,352 m ³	-
Imprimação	Asfalto Diluído CM-30	878,4 m ²	1,05
Pintura de ligação	Emulsão Asfáltica RR-2C	7.905,6 m ²	5,14
Reforço de subleito	Cal hidratada tipo CH-I	820,0 m ³	-

Fonte: LabTrans/UFSC (2020)

A Tabela 9 contém as quantidades previstas para os granulares com finos para camada de bloqueio, de asfalto diluído para imprimação, de emulsão asfáltico para pintura de ligação e de cal hidratada do tipo CH-I para reforço de subleito, considerando ambos os sentidos para trecho em pista dupla.

Tabela 9 – Outras quantidades – pista dupla

Descrição	Materiais	Quantidades	Quantidades (tons)
Camada de bloqueio	Granulares com finos	52,704 m ³	-
Imprimação	Asfalto Diluído CM-30	1.756,00 m ²	2,10
Pintura de ligação	Emulsão Asfáltica RR-2C	15.811,2 m ²	10,28
Reforço de subleito	Cal hidratada tipo CH-I	1.640,0 m ³	-

Fonte: LabTrans/UFSC (2020)

A cal hidratada do tipo CH-I foi calculada considerando como 5% de volume total do reforço de subleito. A densidade considerada para a cal hidratada é de 1,8 t/m³. A camada de bloqueio, pista simples, foi calculada considerando o comprimento de ECP de 110 m, largura total em construção (7,20 m para pista simples e 14,4 m para pista dupla) e espessura de 3 cm, com densidade adotada de 2,4 t/m³.

A imprimação, a ser aplicada após a camada de bloqueio, considera a área a ser pavimentada. A pintura de ligação foi estimada entre cada uma das camadas executadas de concreto asfáltico (camadas executadas de 5 cm e antes da camada final de 6 cm). A área a ser considerada para a última camada de pintura de ligação é maior que a da pista incluindo a rampa de acesso com comprimento total de 110 m + 6 m e largura total em construção.

Normas de referência:

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. **Pavimentos flexíveis – Concreto Asfáltico – Especificação de Serviço**: DNIT 031/2006-ES. Rio de Janeiro, 2006, 14 p.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. **Pavimentação – Solo-Cal – Adição de cal para Melhoria de Subleito – Especificação de Serviço**: DNIT 422/2019-ES. Rio de Janeiro, 2019, 9 p.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. **Pavimentação – Imprimação com ligante asfáltico – Especificação de Serviço**: DNIT 144/2012-ES. Rio de Janeiro, 2012, 7 p.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. **Pavimentação – Pintura de ligação com ligante asfáltico – Especificação de Serviço**: DNIT 145/2012-ES. Rio de Janeiro, 2012, 7 p.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. **Terraplenagem – Serviços preliminares – Especificação de Serviço**: DNIT 104/2009-ES. Rio de Janeiro, 2009, 11 p.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. **Pavimentação – Imprimação com ligante asfáltico – Especificação de Serviço**: DNIT 144/2014-ES. Rio de Janeiro, 2009, 7 p.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. **Terraplenagem – Caminhos de serviço – Especificação de Serviço**: DNIT 105/2009-ES. Rio de Janeiro, 2009, 9 p.

ALMEIDA, A. J. **Comportamento mecânico de misturas asfálticas com aplicação dos aditivos PR PLAST S e PR FLEX 20 no módulo complexo e na fadiga**. 2013. 259 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2013.

DELORME, Jean-Luc; DE LA ROCHE, Chantal; WENDLING, Louisette. **Manuel LPC d'aide à la formulation des enrobés**. Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, 2007.

EUROPEAN COMMISSION. **COST 323 Weigh-in-Motion of Road Vehicles European WIM Specification Final Report. Appendix I**. IN: COST Project, 1999, 83p.

Laboratoire Central des Ponts et Chaussées. **Conception et dimensionnement des structures de chaussée, Guide-Technique**. Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA), Paris, 1997.

QUINTERO, C. F. Q. **Estudo de misturas asfálticas com ligantes de consistência elevada - Formulação e comportamento mecânico**. 2011. 203 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina

SETRA. **Catalogue des structures types de chaussées neuves**. Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA), Paris, 1998.

SETRA-LCPC. **French Design Manual for Pavement Structures**. Paris: SERVICE D'ÉTUDES TECHNIQUES DES ROUTES AT AUTOROUTES, 1997. 227p.