

25º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR) 48ª Reunião Anual de Pavimentação (RAPV)

WHITETOPPING NA RESTAURAÇÃO DA RODOVIA DF-095 VIA ESTRUTURAL – BRASÍLIA/DF - ESTUDO DE CASO

DOI: (a ser preenchido após o envio do código DOI da publicação)

Carlos Roberto Giublin¹; Danilo Mainardes Sawczuk²; Lucas Moraes Malachias Rachid Araujo²; Fauzi Nacfur Júnior³; Cristiano Alves Cavalcante³; Plínio Fabrício Mendonça Fragassi³; Jarbas Alessandro Martins da Silva³; Fernando Cesar Crosara⁴; Waldir Belisário dos Santos Júnior⁴.

RESUMO

Em função do elevado grau de deterioração das rodovias brasileiras, majoritariamente em pavimentos flexíveis, é inevitável a reconstrução de pavimentos com problemas estruturais e funcionais. Com o aumento significativo do custo do material asfáltico nos últimos anos, tem-se utilizado soluções de restauração em pavimentos rígidos de concreto, principalmente pelos custos competitivos, mas também pela maior vida útil quando em comparação com o pavimento flexível. Normalmente pavimentos rígidos de concreto são projetados para uma vida útil de 20 anos, mas considerando uma manutenção eficiente durante a sua vida útil, é comum extrapolar a expectativa de 20 anos. O presente trabalho aborda a utilização de pavimento rígido de concreto - técnica de *Whitotopping*, escolhida para a restauração do pavimento flexível na Rodovia DF-095 – Via Estrutural, em Brasília/DF, estando este pavimento com problemas estruturais e funcionais na sua estrutura. Esta técnica permite que se utilize o pavimento flexível existente como camada de fundação (sub-base) para receber o pavimento rígido de concreto. É utilizada no Brasil a mais de 20 anos, com excelentes resultados, comprovando ser uma técnica viável para restauração da malha rodoviária brasileira. Com este objetivo, são apresentados os conceitos básicos, as premissas de dimensionamento e as vantagens do *Whitotopping* em comparação com outras técnicas de reconstrução. O trabalho apresentará ainda as técnicas empregadas, os equipamentos principais utilizados, bem como os resultados obtidos no controle tecnológico do concreto.

PALAVRAS-CHAVE: *Whitotopping*; Pavimento de concreto; Reconstrução.

ABSTRACT

Due to the high degree of deterioration of Brazilian highways, mostly on flexible pavements, the reconstruction of pavements with structural and functional problems is inevitable. With the significant increase in the cost of asphalt material in recent years, restoration solutions have been used in rigid concrete pavements, mainly because of the competitive costs, but also because of the longer service life when compared to the flexible pavement. Rigid concrete pavements are usually designed for a 20-year service life, but considering efficient maintenance during their service life, it is common to extrapolate the 20-year expectation. The present work deals with the use of rigid concrete pavement - *Whitotopping* technique, chosen for the restoration of the flexible pavement on Highway DF-095 – Via Estrutural, in Brasília/DF, since this pavement has structural and functional problems in its structure. This technique allows using the existing flexible pavement as a foundation layer (sub-base) to receive the rigid concrete pavement. It has been used in Brazil for over 20 years, with excellent results, proving to be a viable technique for restoring the Brazilian road network. With this objective in mind, the basic concepts, the assumptions and the advantages of *Whitotopping* compared to other reconstruction techniques are presented. The work will also present the techniques employed, the main equipment used, as well as the results obtained in the technological control of concrete.

KEY WORDS: *Whitotopping*; Concrete Pavement; Reconstruction.

¹ CRG Engenharia Ltda, giublin@crgengenharia.com.br;

² CONSÓRCIO NG ENGENHARIA / ETERC ENGENHARIA, danilo@ngengenharia.com.br; lucas.rachid@eterc.com.br

³ DER/DF, fauzi.nacfur@der.df.gov.br; cristiano.cavalcante@der.df.gov.br; plinio.fragassi@der.df.gov.br; jarbas.silva@der.df.gov.br;

⁴ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, Fernando.crosara@abcp.org.br; waldir.belisario@abcp.org.br.



INTRODUÇÃO

Para a recuperação estrutural de rodovias, existe uma quantidade enorme de técnicas disponíveis no âmbito rodoviário brasileiro. A cada ano novas soluções se tornam disponíveis, contribuindo para a tão necessária melhoria das rodovias brasileiras. Neste contexto, a mais de 20 anos está sendo utilizado no Brasil o pavimento de concreto, com as suas diversas técnicas executivas. Este trabalho se propõe a apresentar a técnica de pavimento de concreto - *Whitetopping* como uma alternativa competitiva tanto técnica, quanto economicamente, no processo de restauração destas rodovias.

São apresentados alguns conceitos de restauração, posicionando o processo de restauração com pavimento rígido de concreto utilizando a técnica de *Whitetopping* como uma das opções exequíveis de reconstrução.

Por fim, apresenta-se um resumo das soluções adotadas para a restauração da obra da DF-095 – Via Estrutural, em Brasília/DF, trecho sob administração da DER/DF, descrevendo os procedimentos de projeto, construção e controles adotados durante a execução da obra, bem como os resultados de resistência do concreto e regularidade longitudinal na rodovia com a utilização da técnica de *Whitetopping* como solução mais viável.

Nesse contexto, vale ressaltar a importante parceria firmada entre a ABCP e o DER/DF, oficializada a partir de Termo de Cooperação Técnica que molda a relação entre as duas entidades a partir de intercâmbio de conhecimento técnico e parceria, onde os estudos desse projeto foram desenvolvidos e doados pela ABCP para o DER/DF, sendo elaborado pela empresa de consultoria CRG Engenharia.

RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS

Conceito

De acordo com o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006), a restauração dos pavimentos asfálticos consiste em um conjunto de medidas destinadas a recompor a serventia do pavimento e a adaptar às condições de tráfego atual e futuro, prolongando seu período de vida.

As principais vantagens quando da restauração de pavimentos são as seguintes:

- Acréscimo da capacidade estrutural dos pavimentos existentes;
- Redução dos custos operacionais;
- Aumento da vida de serviço do pavimento;
- Promoção de uma superfície de rolamento mais confortável;
- Melhoria das condições de segurança por meio da melhoria da aderência entre pneu e pavimento.

Classificação dos Tipos de Restauração / Reabilitação

Os processos de restauração / reabilitação recebem diferentes classificações dependendo da literatura consultada. A terminologia aqui apresentada foi retirada do manual de restauração de pavimentos asfálticos do DNIT/IPR-720 (DNIT, 2005), onde descreve que as ações de recuperação das rodovias, contemplando a infraestrutura viária com todos os seus componentes, podem ser enquadradas em 4 grupos básicos, a saber:

- Conservação da Rodovia;



19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



- Introdução de Melhoramentos dos sistemas de proteção da infraestrutura e/ou drenagem e/ou dispositivos de segurança e obras complementares;
- Recuperação do Pavimento através de sua restauração;
- Recuperação do Pavimento através de sua reabilitação.

Neste estudo de caso, pode-se enquadrar a execução de recapeamento em pavimento rígido de concreto (técnica de *Whitetopping*) como uma recuperação do pavimento através de sua restauração, por envolver o aproveitamento total do pavimento flexível existente, funcionando como camada de sub-base.

Tipos de *Whitetopping*

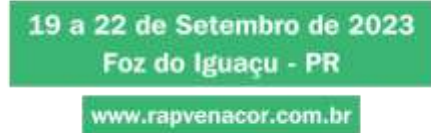
De acordo com a *American Concrete Pavement Association* (ACPA, 1992), em seu boletim técnico *Whitetopping – State of the practice*, a recuperação de pavimentos asfálticos com concreto de cimento Portland, conhecido como *Whitetopping*, pode compreender três tipos de técnicas:

- *Whitetopping* Convencional (Overlay): colocação da camada de concreto aplicada diretamente sobre o pavimento asfáltico existente, somente exigindo preparo prévio caso haja deterioração estrutural ou funcional;
- *Whitetopping* Encaixado (Inlay): colocação da camada concreto aplicada sobre uma espessura fresada maior de um pavimento asfáltico existente, em casos de restrição de cotas;
- *Whitetopping* ultradelgado: colocação de uma camada de concreto com espessura de 100mm ou menos, aplicada sobre a superfície de um pavimento asfáltico, preparado para aumentar o vínculo entre o concreto e o asfalto.

Fatores Técnicos para a Adoção da Solução de *Whitetopping* na Restauração da Rodovia DF-095

Os fatores técnicos que motivaram o DER/DF na definição de um projeto de restauração com pavimento rígido de concreto utilizando a técnica de whitetopping em contraponto a solução em pavimento flexível foram as seguintes:

- Maior vida útil – previsão mínima de vida útil em 20 anos;
- Maior resistência mecânica à abrasão (a resistência aumenta com a idade);
- Pequena necessidade de manutenção e conservação, o que mantém o fluxo de veículos sem interrupção;
- Maior segurança à derrapagem em função da textura dada à superfície;
- Maior distância de visibilidade horizontal, proporcionando maior segurança;
- Melhor distribuição de pressões na sub-base do pavimento;
- Melhores características de drenagem superficial (é praticamente impermeável, escoando melhor a água superficial);
- Integridade da camada de rolamento, não sendo afetado pelas intempéries;
- Custos de implantação competitivo e menor custo de manutenção ao longo da vida útil.



ESTUDO DE CASO – RODOVIA DF-095 - WHITETOPPING

Introdução

Este estudo de caso tem por objetivo apresentar os critérios analisados no projeto de restauração do pavimento flexível existente e os detalhes técnicos construtivos do pavimento rígido de concreto utilizando a técnica de *Whitetopping* Convencional da Rodovia DF-095, que se situa entre a Rodovia DF-003 e a Rodovia DF-001, formada por duas pistas de tráfego (sentidos Norte e Sul), chamada de Via Estrutural, com extensão de 12,60 km. (Figura 1).

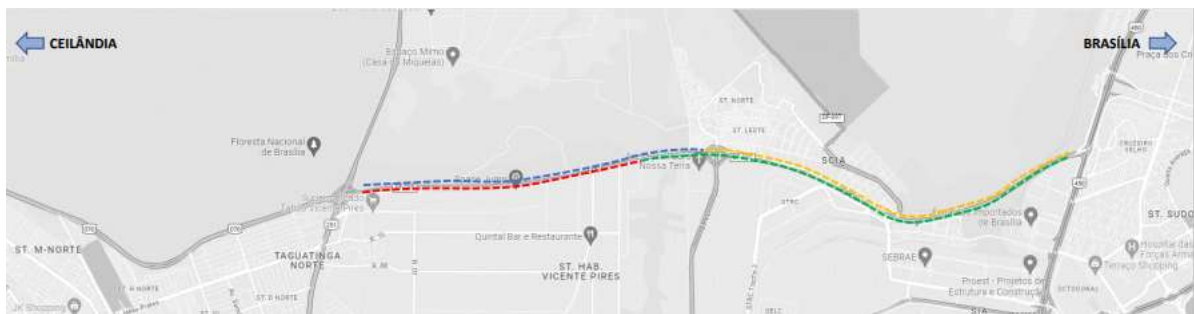


Figura 1 – Rodovia DF-095, trecho entre a DF-003 e DF-001 – Pistas Norte e Sul

Projeto de Restauração da Rodovia DF-095

O projeto de restauração com pavimento rígido utilizando a técnica de *Whitetopping*, foi elaborado utilizando como base o método da *Portland Cement Association* (PCA, 1984), sendo proposta a execução de concreto simples com juntas transversais com barras de transferência e acostamento de concreto, considerando três fatores intervenientes:

- As propriedades do **concreto**, onde são firmadas as exigências quanto ao módulo de ruptura à tração na flexão, a idade do concreto a ser considerado na avaliação do módulo de ruptura, o método de ensaio, o princípio da ruptura do concreto por fadiga e a relação entre o número de solicitações de cargas e a relação de tensões;
- O **tráfego**, englobando o estudo das tensões causadas pelas cargas, da posição mais desfavorável destas em relação à placa de concreto, dos fatores de segurança, do período de projeto e da projeção da vida útil do tráfego;
- A **fundação** do pavimento, no caso correspondente ao pavimento existente sobre o qual será executada a placa de concreto.

Característica do Concreto

Devido tratar-se de pavimento rígido de concreto para rodovia com tráfego de veículos pesados, foi considerado concreto estrutural com as seguintes características:

- Resistência característica à tração na flexão de 4,5 MPa aos 28 dias ($F_{ctmk} = 4,5$ MPa) – resistência de cálculo do projeto;
- Resistência característica à tração na flexão de 4,5 MPa aos 7 dias ($F_{ctmk} = 4,5$ MPa) – resistência de liberação ao tráfego;
- Consumo de cimento mínimo de 350 kg/m³;



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR
www.rapvenacor.com.br



- Relação água/cimento máxima igual a 0,50.

Pesquisa de Tráfego

Os estudos de tráfego têm por objetivo fornecer uma estimativa do tráfego pesado que solicitará o pavimento rígido ao longo do seu período de vida útil de 20 anos. Foram executadas contagens de tráfego pelos técnicos do DER-DF em 28/02/2019, no km 5,0 (pistas norte e sul) e 02/04/2019 no km 11 (pistas norte e sul).

Na definição das cargas dos veículos pesados deste projeto, em função da Resolução N° 526, no artigo 5, de 29 de abril de 2015 - Conselho Nacional de Trânsito - CONTRAN, foi considerada a tolerância máxima de 10% (dez por cento) sobre os limites de pesos regulamentares por eixo de veículos transmitidos à superfície das vias públicas, em função do desconhecimento das cargas dos veículos pesados (não foi realizada pesquisa de pesagem de cargas). Outro ponto refere-se ao prazo que terá entre os estudos do projeto e a efetiva execução da obra.

Na tabela 1 apresenta-se os eixos dos veículos pesados, suas cargas por eixo com a tolerância de lei e o número de repetição para cada eixo, que foram utilizados no dimensionamento do pavimento rígido da Rodovia DF-095.

Tabela 1: Número de Repetições por Eixo de Carga.

Eixo	Carga legal + 10% de tolerância	Número de Repetições - Total
Eixo simples	6,6 t.	17.994.075
Eixo duplo	11 t.	11.999.551
Eixo tandem duplo	18,7 t.	8.039.384
Eixo tandem triplo	28,1 t.	2.335.483
Total:		40.368.493

Fundação do Pavimento

Por se tratar de restauração de pavimento asfáltico, com estrutura ainda em condições estruturais aceitáveis, utiliza-se todo o pacote do pavimento flexível como sub-base para o dimensionamento do pavimento rígido de concreto. Faz-se necessário executar alguns serviços preliminares na estrutura e na camada de rolamento do pavimento remanescente visando preparar a superfície para receber a camada do concreto. Descreve-se a seguir quais são os serviços requeridos para esta etapa dos serviços.

Intervenções Prévias Requeridas na Estrutura do Pavimento Flexível Existente

O pavimento asfáltico existente deve ser inspecionado antes do lançamento do concreto, com o intuito de promover as devidas correções da sua superfície ou da estrutura, de acordo com as intervenções listadas na Tabela 2.



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



Tabela 2: Intervenções prévias requeridas na estrutura do pavimento flexível existente.

TIPO DE DEFEITO	PREPARO PRÉVIO REQUERIDO
Trilha de roda > 50 mm	Fresagem ou Nivelamento
Trilha de roda < 50 mm	Nenhum
“Painéis”	Enchimento
Falha de subleito	Remoção/Reparação
Trincas em Geral	Nenhum
Exsudação	Nenhum
Desagregação Superficial	Limpeza

Intervenções Prévias Requeridas para Correção do Greide do Pavimento Flexível Existente

As eventuais correções geométricas para a execução do pavimento rígido utilizando a técnica de *Whitotopping* seguiram as recomendações das três situações descritas abaixo (separadamente ou combinadas), de acordo com o *American Concrete Pavement Association* (ACPA, 1992):

- Colocação direta das placas de concreto sobre o revestimento asfáltico existente;
- Fresagem do revestimento asfáltico existente antes da colocação das placas de concreto;
- Colocação de camada asfáltica intermediária entre o revestimento asfáltico existente e as placas de concreto.

Antes da execução do pavimento rígido deve ser executado um levantamento topográfico completo da geometria do pavimento existente, com o intuito de estudar as eventuais diferenças de cotas para a colocação das placas de concreto, em função do projeto geométrico da rodovia. Com o levantamento topográfico, elabora-se uma planilha eletrônica (plano cotado) que auxilia nos ajustes das cotas finais do pavimento, garantindo a espessura mínima de projeto.

Dimensionamento do Pavimento Rígido de Concreto

O dimensionamento do pavimento rígido utilizando a técnica de *Whitotopping* foi elaborado segundo o método da *Portland Cement Association* (PCA, 1984), contido no Estudo Técnico N°97 (ABCP, 1998) e recomendado pelo Manual de Pavimentos Rígidos IPR 714 (DNIT, 2005).

A Figura 2 mostra a seção do pavimento resultante do dimensionamento.

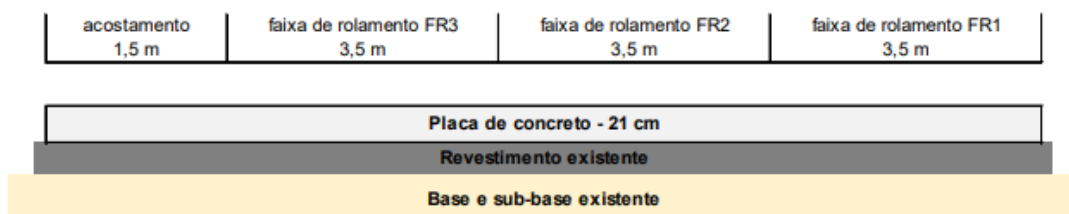


Figura 2 - Seção tipo do pavimento rígido - *Whitotopping*.

O projeto de juntas do pavimento rígido definido no dimensionamento para placas de concreto com 21 cm foi o seguinte:

- Junta transversal - a cada 4,0 m, com barra de transferência de aço CA-25 (liso) com diâmetro de 25 mm a cada 30 cm e comprimento de 46 cm;



19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



- Junta longitudinal - com barra de ligação de aço CA-50 (corrugado) com diâmetro de 10,0 mm a cada 100 cm e comprimento de 80 cm.

Equipamentos Principais

Para a execução do pavimento rígido de concreto, utilizou-se a pavimentadora de forma deslizante Wirtgen modelo SP-850 (Figura 3), sendo uma máquina informatizada de alta performance. Este equipamento reúne em uma só unidade, a recepção, a distribuição, a regularização, o adensamento e o acabamento superficial do concreto, dispensando o uso de formas metálicas laterais, além da inserção das barras de transferência e de ligação de forma automatizada garantindo posicionamento e alinhamento essenciais para o funcionamento da placa. São chamadas de “*slipform*”, já que o processo de concretagem é semelhante às executadas em formas deslizantes convencionais.



Figura 3 - Pavimentadora de formas deslizantes Wirtgen - SP 850.

Em função da capacidade de produção da pavimentadora, é imperativo a mobilização de central de concreto dosadora e misturadora de alta produção. Deste modo, foi instalada uma central de concreto dosadora e misturadora Betonmac Neo 120 (Figura 4) com capacidade de produção de 120 m³/h.



Figura 4 - Central de concreto dosadora e misturadora Betonmac Neo 120.

O procedimento de execução de pavimento de concreto com formas deslizantes e central de concreto dosadora e misturadora requer a utilização de caminhões basculantes para o transporte do concreto (Figura 5).



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



Figura 5 - Transporte do concreto em caminhões basculante.

Execução do *Whitetopping*

Para a execução do pavimento rígido de concreto, foram atendidas as orientações da norma DNIT-049/2013– Especificação de Serviço - Execução de pavimento rígido com equipamento de fôrma-deslizante.

As seguintes atividades preliminares para a execução do pavimento de concreto utilizando a técnica de *Whitetopping* foram executadas quando do início dos trabalhos na rodovia:

- Desvio do tráfego em duas pistas de 3,50m, com o tráfego sendo liberado na via marginal;
- Alargamento lateral para sustentação da pavimentadora;
- Regularização do pavimento asfáltico existente, com reparos localizados e fresagem, para garantir a qualidade da sub-base (neste caso o próprio asfalto remanescente) e atender a espessura de projeto da placa;
- Elaboração de um Plano Cotado da superfície do asfalto existente, para ajustes do greide com garantia da espessura mínima de projeto e correção na atual geometria do pavimento.

A execução de pavimento de concreto utilizando a técnica de *Whitetopping* tem algumas características diferentes da execução de uma implantação de pavimento. Para a execução do pavimento na Rodovia DF-095, devido ao tráfego de aproximadamente 100.000 veículos por dia, foi necessário um planejamento acurado para permitir os trabalhos sem grandes interferências no tráfego diário. Assim, nos primeiros dias de trabalho, foi experimentado a execução durante o dia, em horários que não interferiam no sistema de mudanças de faixas de tráfego. Esta experiência não foi efetiva devido a redução de horas de trabalho e interferências do tráfego, atrasando a chegada dos caminhões na frente da pavimentadora. Como alternativa, ocorreu a mudança para o período noturno, que se mostrou altamente eficiente, como segue:

- Menor interferência ao tráfego dos caminhões de concreto, evitando o atraso no lançamento do concreto na frente da pavimentadora e diminuindo significativamente o impacto no trânsito durante a execução de dia e horário de pico;
- Com a temperatura ambiente menor, obteve-se ganhos na qualidade do concreto e menor perda de *slump* entre o carregamento e a descarga, facilitando o lançamento do concreto na pavimentadora, além disso a temperatura também é mais adequada



para o período de cura do concreto, fundamental para a garantia da qualidade e durabilidade do pavimento;

- Desvio do tráfego facilitados pela diminuição de veículos trafegando a noite;
- Aumento significativo na janela de produção diária.

A sequência executiva foi definida em duas passadas da pavimentadora Wirtgen, a primeira com largura de 7,0m correspondendo a duas faixas de tráfego de 3,50m. A segunda com largura de 5,0m correspondendo a uma faixa de tráfego de 3,5m e a faixa de acostamento de 1,5m. As atividades seguintes descrevem o processo executivo do *Whitetopping*:

- Lançamento do concreto: após a usinagem do concreto e seu transporte até a frente de concretagem, este é descarregado do caminhão basculante e espalhado com o auxílio de uma escavadeira hidráulica. Nos casos em que a frente é mais confinada a escavadeira hidráulica auxiliou na descarga do concreto evitando desperdícios e perdas desnecessárias.
- Colocação das barras de transferência: as barras de transferência foram inseridas através do sistema de DBI – *Dowel Bar Inserter*, que insere automaticamente as barras através de um sistema de carrinho e vibradores instalados em garfos.
- Espalhamento e vibração do concreto: o espalhamento do concreto foi feito com pavimentadoras de formas deslizantes, sendo a vibração realizada por uma bateria de vibradores elétricos acoplados na sua parte frontal, sendo eles de imersão e com frequência ajustável e superior a 160Hz.
- Nivelamento do concreto: o nivelamento da superfície do concreto foi garantido pelo sistema de nivelamento (hastes, cabos de aço e sensores do equipamento), bem como, pelo acompanhamento constante da equipe de topografia, nas conferências e correções dos cabos de aço que ficam sujeitos a acidentes involuntários pela equipe de trabalho ao lado do equipamento. Os equipamentos possuem ainda uma régua oscilatória que auxilia o nivelamento do concreto.
- Colocação das barras de ligação: as barras de ligação, nos diâmetros e comprimentos especificados em projeto, foram colocadas no concreto no estado fresco, com a ajuda de insertores mecânicos TBI – *Tie Bar Inserter*, acoplados a pavimentadora.
- Desempeno: o desempenho do concreto foi executado por dispositivos acoplado as pavimentadoras (*auto float*), com uso secundário de rodo de corte e *float* manual.
- Texturização: a texturização foi feita manualmente com o uso de vassouras de piaçava utilizando a plataforma do equipamento que faz a cura química para que possam executar essa atividade sem a necessidade de extensores.
- Cura química: a aplicação da cura química foi realizada com o equipamento da Cifali, sendo este produto a base de parafina (Emcoril MC).
- Serragem das juntas: as juntas transversais foram serradas quando a resistência concreto permitia a colocação da máquina de corte e movimentação do pessoal para a execução do serviço, o que ocorria normalmente entre 8 e 12 horas após a concretagem. As juntas transversais foram serradas com espessuras de 3mm e 7cm de profundidade (espessura da placa h/3).
- Selagem das juntas: todas as juntas, tanto transversais, quanto longitudinais, foram seladas após a execução do alargamento das juntas para 6mm, com uma profundidade de 2,5cm, colocação do corpo de apoio de poliuretano e preenchimento das juntas com um selante autonivelante, monocomponente à base de silicone (DowSil 890 SL).



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR
www.rapvenacor.com.br



- Encaixe com o asfalto: nos locais destinados ao encontro entre o pavimento de concreto e o pavimento asfáltico, foi executada uma laje de transição de concreto, com 3m de comprimento e largura igual à da pista. A espessura era variável, em formato de cunha.

Controle Tecnológico

O controle tecnológico do concreto foi executado pela equipe do Consórcio, em laboratório montado no canteiro de obra, seguindo as recomendações da norma DNIT-049/2013 (DNIT, 2013). O concreto foi dimensionado para atender as especificações de projeto – resistência característica à tração na flexão aos 28 dias de 4,5 MPa. Os agregados atenderam as especificações da norma NBR 7211 (ABNT, 2009) e os corpos de prova prismáticos foram moldados na idade de 28 dias, de acordo com a norma NBR 12142 (ABNT, 2010). O traço de concreto (Tabela 3) foi desenvolvido para atender a resistência a tração de projeto, bem como para mitigar a Reação Álcali-Agregado (RAA) proveniente dos agregados reativos da região de Brasília. Para este fim, foi utilizado o Cimento CP IV-32-RS, que após ensaiado em laboratório garantiu a mitigação da RAA.

Tabela 3 – Traço de concreto desenvolvido na obra. (GIUBLIN, 2023)

Traço do Concreto (1,0 m ³)	kg
Cimento CP IV-32-RS	386,0
Areia Artificial	466,0
Areia Natural	286,0
Brita (9,5/25 mm)	427,0
Brita (19/31,5 mm)	641,0
Água	193,0
Aditivo Plastificante	2,7

A Tabela 4 mostra as resistências características à tração na flexão aos 28 dias dos diversos lotes de amostragem (32 exemplares), bem como a média da resistência obtida no segmento de pavimento de concreto executado.

Tabela 4 – Resistências características à tração na flexão aos 28 dias. (GIUBLIN, 2023)

Resistência característica a tração na flexão		
Lotes	fctMk,est	
1	5,7	MPa
2	5,6	MPa
3	6,3	MPa
4	5,0	MPa
5	5,4	MPa
6	4,6	MPa
7	5,0	MPa
8	4,8	MPa
Média	5,3	MPa

O controle da irregularidade longitudinal das pistas de concreto foi feito por intermédio do método de avaliação chamado de levantamento do Índice de Perfil (IP), com auxílio do Perfilógrafo Califórnia (Figura 6), equipamento que possui computador, e que realiza a medição das



19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



irregularidades longitudinais da pista, acumulando as variações verticais (positivas e negativas) ao longo do trecho avaliado, fornecendo um resumo dos resultados numéricos, além de um perfil longitudinal. Neste perfil, pode-se identificar os pontos de picos e depressões das irregularidades.



Figura 6 – Equipamento Perfilógrafo Califórnia.

Visão Geral da Via Estrutural

A Figura 7 abaixo, apresenta uma visão geral da Pista Sul da Via Estrutural com a seção plena do pavimento rígido de concreto *Whitetopping* com as duas faixas de execução concluídas (7,0m e 5,0m).



Figura 7 – Visão geral do pavimento de concreto *Whitetopping* - Pista Sul.

Considerações Finais

A restauração da Via Estrutural com a técnica de *Whitetopping* superou um grande desafio de engenharia ao ser executado em local com alto tráfego de veículos. A mudança para execução no período noturno permitiu uma maior produção diária, ganhos na qualidade do concreto pela diminuição da temperatura ambiente e com isso favorecendo o processo de cura e agilizou o tráfego



dos caminhões basculantes, fornecendo uma movimentação mais constante da pavimentadora de concreto. As resistências a tração na flexão atenderam as especificações do projeto, bem como um controle rigoroso das espessuras das placas de concreto. Deste modo, a expectativa é de atendimento a vida útil prevista de 20 anos. Esta experiência na Via Estrutural deverá contribuir para a desmistificar a “dificuldade de executar pavimentos de concreto em áreas urbanas em função do tráfego”. Salienta-se a presença constante e eficiente do setor de tráfego e das equipes de engenharia do DER/DF, no processo de disciplinar o tráfego, auxiliar o desenvolvimento da obra, permitir um andamento consistente da produção diária e, após a conclusão da obra, entregar para a sociedade um pavimento com padrão de qualidade e durabilidade, tão necessário para o desenvolvimento do DF.

REFERÊNCIA BIBLIOGRAFIA

American Concrete Pavement Association - ACPA, EB210.02P - Whitetopping – State of the practice, USA edition, Skokie.1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND - ABCP, ET-97, Dimensionamento de Pavimentos Rodoviários e Urbanos de Concreto pelo Método da PCA/1984, São Paulo, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 7211, Agregado para concreto. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12142: Determinação da resistência à tração na flexão em corpos de prova prismáticos, Rio de Janeiro, 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 049/2013 – Execução de pavimento rígido com equipamento de fôrma-deslizante – Especificação de serviço, Brasília, 2013.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT – Manual de restauração de pavimentos asfálticos, publicação IPR-720, segunda edição, IPR, Rio de Janeiro, 2005.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT – Manual de pavimentos rígidos, publicação IPR-714, segunda edição, IPR, Rio de Janeiro, 2005.

PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (PCA) – EB109.01P - *Thickness design for concrete highway and street pavements. USA edition. Skokie, 1984.*