

# **ESTRUTURA DE PAVIMENTO ASFÁLTICO FLEXÍVEL E SEMI-RÍGIDO IMPLANTADO EM REMODELAÇÃO DE DISPOSITIVO EM BETIM-MG**

Kallyne Lobato da Silva<sup>1\*</sup>

Felipe Melo

## **RESUMO**

Este trabalho analisa a estrutura de pavimento asfáltico flexível e semi-rígido implantado em remodelação de dispositivo em Betim- MG. Tal abordagem é devida ao fato que o dispositivo pavimentado já existe e precisa passar por uma remodelação e estudo de pavimentos para se adequar ao crescimento anual do tráfego. O objetivo deste trabalho é analisar o estudo que foi desenvolvido para remodelar uma obra já existente de dispositivo utilizando pavimento flexível e semi-rígido, no município de Betim-MG. Este propósito será conseguido através do estudo de caso realizado no trevo localizado em Betim-MG. O estudo comprovou a necessidade de remodelação no dispositivo e determinou a estrutura de pavimento necessária a ser implantada. Em relação aos resultados foram realizados procedimento de sondagem para verificar o solo e um poço de inspeção para verificar a estrutura de pavimento da pista. Desta forma, analisando os resultados dos estudos realizados a estrutura do pavimento novo a ser adotada para a pista de rolamento será do tipo semi-rígido invertido, já a estrutura de pavimento novo a ser dimensionada para as alças do dispositivo de acesso será do tipo flexível.

**Palavras-chave:** Estrutura. Pavimento. Remodelação.

## **1 INTRODUÇÃO**

No Brasil, na década de 1950 com o Plano de Metas do governo de Juscelino Kubitscheck, um grande estímulo ao transporte rodoviário motorizado foi iniciado. A ideia era unir os interesses do governo e o da indústria automobilística estrangeira para modernizar

---

<sup>1\*</sup> Breve currículo do autor: Graduada em Engenharia Civil - Centro Universitário do Sul de Minas - UNIS.  
E-mail: kallyne.silva@alunos.unis.edu.br

a economia do país e expandir o ramo industrial de carros. Neste período, o país começou a aumentar sua malha rodoviária, o que serviu para atrair maiores investimentos como a modernização da agropecuária e favorecer o desenvolvimento das cidades de médio porte, por causa da centralidade regional que as novas rodovias estavam proporcionando.

Ao longo das décadas, as estradas rodoviárias foram se expandindo e os novos projetos adquirindo métodos de construções civis para melhorar o desempenho do fluxo rodoviário, uma delas é a construção de OAE. Este termo OAE, “obra de arte especial”, foi dado para as estruturas que possibilitavam a transposição de obstáculos à continuidade de uma via, isso porque no início destas construções se relacionava este tipo de obra com o empirismo e criatividade de seus idealizadores, demonstrando ser algo digno de um trabalho de arte.

Com o passar do tempo o ramo da engenharia civil foi se modernizando e os métodos científicos tomaram o lugar do empirismo, no entanto, a forma de se expressar não mudou, até nos dias atuais utilizamos com frequência a expressão OAE. As OAE's são interseções pertencentes a uma área delimitada frequentemente encontrada em rodovias, onde no mínimo duas vias se cruzam ou se unificam.

O estudo realizado apresenta o levantamento completo das características da obra, o dimensionamento da estrutura do pavimento flexível a ser implantado na remodelação das alças do dispositivo de acesso e retorno e o dimensionamento da estrutura de pavimento semi-rígido invertido a ser implantado na pista de rolamento para alteamento de greide da pista para implantação de obra de arte especial. Ambas as estruturas estão localizadas nas proximidades do km 494+040 da Rodovia BR-381 (Rodovia Fernão Dias), no Município de Betim, no Estado de Minas Gerais.

Segundo Balbo (2007) o pavimento é composto por camadas de diferentes materiais adequadas para atender a estrutura do tráfego, de forma que tenha resistência e baixo custo. Será utilizado o Manual de Pavimentação do DNER, 697/100 de 1996 para analisar o dimensionamento das estruturas de pavimento novo seguindo o Método de Dimensionamento preconizado. Após a definição preliminar da estrutura de pavimento através do Método Empírico do DNER, a estrutura será verificada através de análises mecanicistas empregando-se para tal o Programa Computacional Elsym-5 e modelos de fadiga recomendados na literatura técnica nacional.

Os trevos rodoviários são interseções em desnível, que possuem o intuito de separar verticalmente duas ou mais vias que se cruzam, permitindo que o fluxo de carros fique livre de interferências, eliminando os pontos de muito congestionamento, onde o tráfego não consegue ser melhorado com interseções no mesmo nível.

As vantagens de se implantar um trevo rodoviário é que ele irá reduzir o risco de acidentes e auxiliar no bom fluxo dos veículos.

Para o trabalho foi realizado um levantamento das características da obra, usando a metodologia de estudo de caso, onde se dimensionou, relacionou e analisou a execução da obra do trevo com o tipo de pavimento que foi implantado.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Atualmente a Engenharia Civil ainda é mais focada para a área de construção civil, sendo assim, a pavimentação ainda é pouco explorada e com pouco campo de trabalho, necessitando de um estudo mais aprofundado para cada caso.

Com o crescimento anual da população, a necessidade de mobilidade também aumentou, refletindo de imediato nas vias pavimentadas. A pavimentação precisa seguir parâmetros relevantes em termos de qualidade e resistência já que tem como objetivo primordial proporcionar conforto e segurança a população que trafega todos os dias pelas vias.

De acordo com Bernucci (2008, p. 413):

O levantamento dos defeitos de superfície tem por finalidade avaliar o estado de conservação dos pavimentos asfálticos e embasa o diagnóstico da situação funcional para subsidiar a definição de uma solução tecnicamente adequada e, em caso de necessidade, indicar a melhor ou melhores alternativas de restauração do pavimento. Na gerência de pavimentos ou de manutenção, o conjunto de defeitos de um dado trecho pode ser resumido por índices que auxiliem na hierarquização de necessidades e alternativas de intervenção.

Diante disso um dispositivo pavimentado que já existe precisa passar por uma remodelação e estudo de pavimentos para se adequar ao crescimento anual do tráfego.

Bernucci (2008) indicam que os pavimentos podem ser classificados como rígidos ou flexíveis. Ainda, o Manual de pavimentação do DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (2006) considera também a existência dos pavimentos semi-rígidos. Veremos a seguir os itens que fazem parte do processo de pavimentação.

## 2.1 Tipos de Pavimento

Os pavimentos rígidos apresentam alta rigidez na camada de revestimento, a qual absorve a maior parte das solicitações impostas a estrutura. Como exemplo, cita-se os pavimentos de concreto, os quais tem sua superfície constituída por lajes de concreto de cimento Portland (Bernucci, 2008).

Com camadas de base estabilizada quimicamente, os pavimentos semi-rígidos são formados por um material aglutinante com características cimentícias. Balbo (2007) cita uma estrutura composta por uma camada de solo-cimento na base, considerada rígida, e revestimento asfáltico, sendo este flexível.

De acordo com o Manual de pavimentação do DNIT (2006), o pavimento flexível são aqueles que após sua aplicação todas as camadas sofrem deformação elástica, passando a acontecer uma distribuição equivalente das cargas entre as mesmas. Nestas estruturas, o campo de tensões se encontra no ponto de aplicação do carregamento com pressões concentradas (Balbo, 2007).

## 2.2 Componentes de um Pavimento

A pavimentação asfáltica é formada por agregados e ligante asfáltico betuminoso. O propósito desta camada é promover a impermeabilização superficial do pavimento e melhorar as condições da superfície. Além disto, deve ter alta resistência em relação às ações provocadas pelos veículos e pelo clima. (Bernucci, 2008).

Após a terraplenagem é executada a pavimentação, destinada a resistir às solicitações impostas pelo tráfego de veículos e clima. Da mesma forma, a terraplenagem deve ser realizada com a máxima durabilidade e menor custo, garantindo o conforto e a segurança para os usuários (Bernucci, 2008). A pavimentação é composta por camadas diferentes, apoiadas sobre o solo local de fundação, garantindo o alívio de pressões nas camadas subjacentes (Balbo, 2007).

Bernucci (2008) indicam que os pavimentos podem ser classificados como rígidos ou flexíveis. Ainda, o Manual de pavimentação do DNIT (2006) considera também a existência dos pavimentos semi-rígidos. Os pavimentos rígidos apresentam alta rigidez na camada de revestimento, a qual absorve a maior parte das solicitações impostas à estrutura. Como

exemplo, cita-se os pavimentos de concreto, os quais tem sua superfície constituída por lajes de concreto de cimento Portland.

Com camadas de base estabilizada quimicamente, os pavimentos semi-rígidos são formados por um material aglutinante com características cimentícias. Balbo (2007) cita uma estrutura composta por uma camada de solo-cimento na base, considerada rígida, e revestimento asfáltico, sendo este flexível.

De acordo com o Manual de pavimentação do DNIT (2006), os pavimentos flexíveis são aqueles que após sua aplicação todas as camadas sofrem deformação elástica, passando a acontecer uma distribuição equivalente das cargas entre as mesmas. Nestas estruturas, o campo de tensões se encontra no ponto de aplicação do carregamento com pressões concentradas.

Segundo Meneses (2001), uma seção transversal típica de um pavimento, com todas as camadas possíveis, é formada de subleito e de camadas com espessuras e materiais determinada a partir de diversos métodos de dimensionamento. As camadas de base, sub-base e reforço de subleito tem como função suportar aos esforços transmitidas pelo revestimento, mostrando pequenas deformações e permeabilidade compatível com o esperado, garantindo a drenagem do pavimento.

Bernucci (2008), caracteriza sub-base como a camada que complementa a base quando não for possível ou aconselhável construir a base diretamente sobre a regularização ou reforço do subleito.

Os materiais necessários para constituir a sub-base podem ser solos, misturas de solos, mistura de solos com outros materiais (areia, brita, cimento etc.) ou outras soluções descritas em projeto. “O Subleito é composto pelo material local consolidado e compactado, logo não apresenta espessura definida” (Balbo, 2007). O DNIT regulamenta diversas especificações para os tipos de sub-base e formas de execução. Segundo Ferreira (2008) para que se obtenha um bom resultado, deve-se primar a observância sob os seguintes pontos: qualidade dos materiais, procedimento básico de execução, controle tecnológico e controle geométrico.

Meneses (2001) afirma que a base é responsável por resistir e distribuir em camadas os esforços verticais do tráfego. O pavimento pode ser composto somente de base e revestimento, sendo que a base poderá ou não ser complementada pela sub-base e pelo reforço do subleito.

Segundo o DNIT (2006) as bases contêm dois tipos de classificações, elas são chamadas de bases granulares e bases estabilizadas com aditivos. As bases estabilizadas com aditivos são compostas por solos e outros materiais ligantes. As bases granulares são compostas por camadas granulares que após aplicadas são compactadas e se tornam rígidas.

Ainda de acordo com o DNIT (2006) a drenagem serve para diminuir alagamentos e deslizamentos nas rodovias, é considerado um sistema onde a água da chuva é transportada para o reaproveitamento ou até mesmo para ser recuperada. Para cada local da obra foi dimensionado um tipo de dispositivo de drenagem.

De acordo com o DER/MG - Departamento de Estradas de Rodagem de Minas Gerais, existem inúmeros cuidados para não agredir o meio ambiente. Após o desenvolvimento do serviço de drenagem, Engenheiros Ambientais elaboram o RIMA - Relatório de Impacto Ambiental, um documento que consta os estudos de impacto ambiental exigidos para fins de licenciamento das atividades a serem modificadas no meio ambiente.

Bernucci (2008) Os muros de maciços armado são mais utilizados em obras rodoviárias e ferroviárias por oferecer diversas vantagens, como resistência, durabilidade, agilidade. O maciço armado é capaz de suportar sobrecargas e é ideal para construções altas. O maciço armado é composto por placas de concreto, uma armadura de aço galvanizado e terra do aterro, fazendo então com que seja suportado seu peso e as cargas externas para que foi projetado.

### **2.3 Obra de Arte Especial**

A Obra de Arte Especial é separada em três tipos, sendo elas: Infraestrutura, Mesoestrutura e Superestrutura. A infraestrutura é localizada na parte inferior de uma construção, ela é formada pela fundação, estacas ou sapatas (Bernucci, 2008).

A mesoestrutura é localizada na parte do meio da obra, ela é formada por um conjunto estrutural que engloba os esforços transmitidos da superestrutura para a infraestrutura. Estando sempre sujeita a forças externas a mesoestrutura é formada por pilares, encontros e aparelhos de apoio.

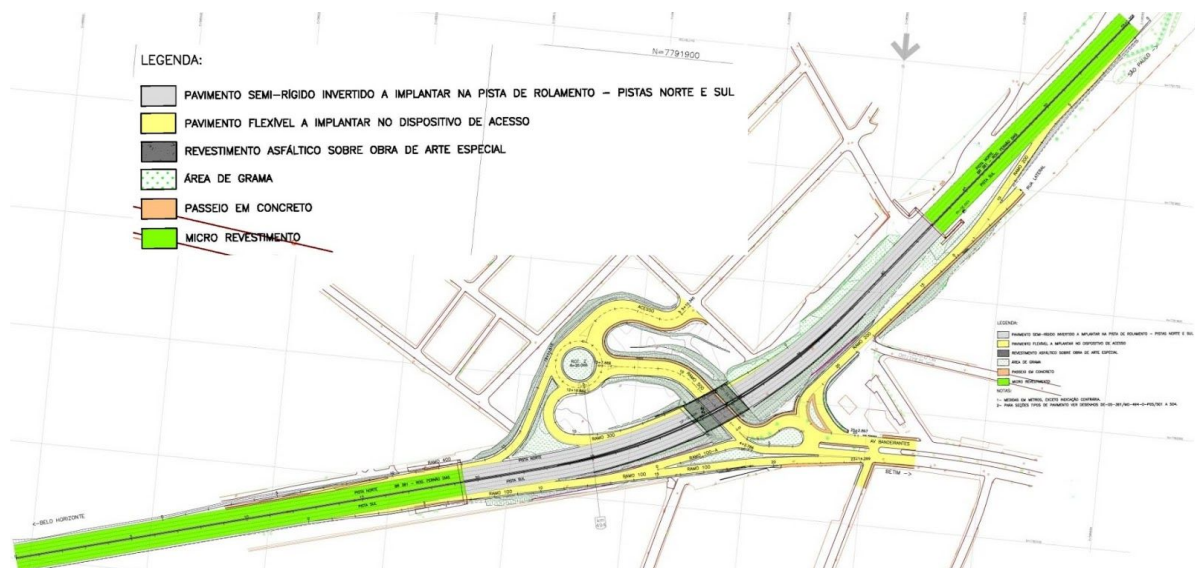
A superestrutura é localizada na parte superior da obra, é formada por tabuleiros, lajes e vigas. (Bernucci, 2008)

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Conforme salientamos na introdução, foi realizado um levantamento das características da obra, usando a metodologia de estudo de caso onde usamos os dados obtidos no estudo para dimensionar, relacionar e analisar a execução da obra do trevo com o tipo de pavimento implantado.

O trevo localizado no município de Betim entrou para o Programa de Duplicação da Rodovia Fernão Dias devido ao grande fluxo de tráfego surgindo a necessidade de remodelar o dispositivo construído um Trevo completo com aproximadamente 8 quilômetros de extensão. A Construção do dispositivo sentido Sul conta com uma faixa de desaceleração e contém faixa de redução de velocidade. O Sentido Norte conta com uma faixa de desaceleração, faixa de redução de velocidade e duas rotatórias que tem duplo sentido dando acesso a Pista Norte e Sul. Existe também uma OAE com passagens superior e inferior contendo 11 vigas pré-moldadas, o trevo tem 3 muros de terra armada. De acordo com a Figura 1 temos uma visão geral do Trevo:

**Figura 1:** Visão geral da obra: Implantação de Trevo Completo, Rotatórias, OAE e ramos.

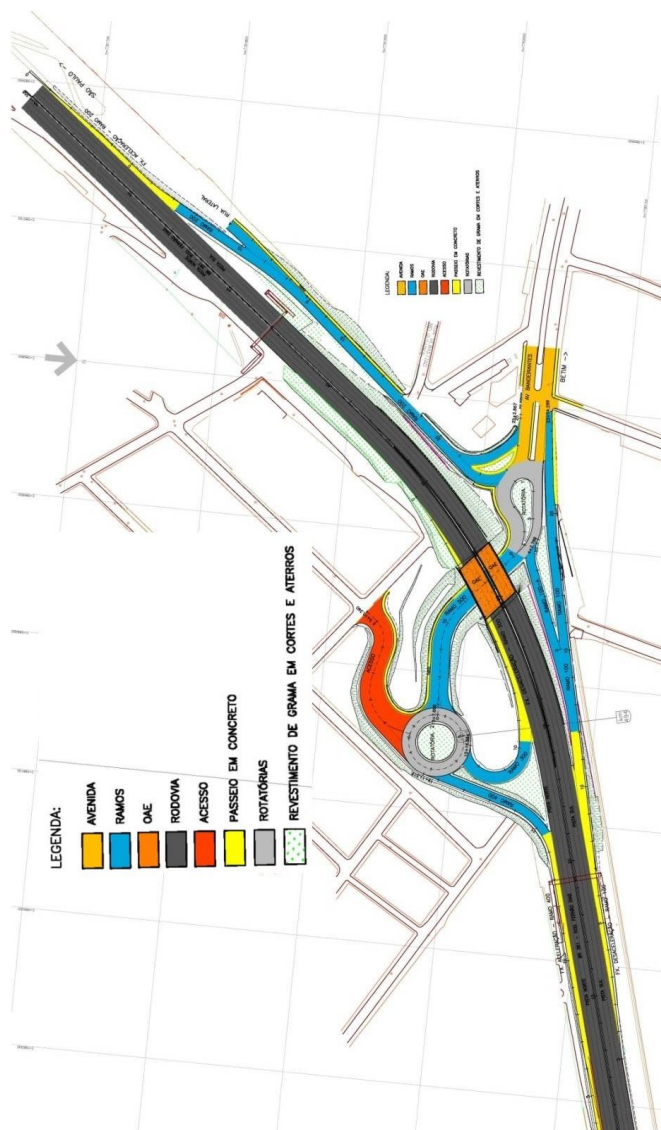


**Fonte:** Projeto trevo completo, Autopista Fernão Dias – BR 381/MG/Betim-MG.

### 3.1 Elementos Componentes

O trevo, em nosso estudo de caso, é do tipo completo onde contém Pista Norte e Sul, com 5 ramos, 2 rotatórias dando acessos às ruas laterais e uma passagem superior e inferior. Possuem placas de sinalizações horizontal e vertical, tachas refletivas e pinturas de faixas, setas e zebrados. É utilizado por cerca de 65 mil veículos diariamente e controlado pelo setor de Engenharia da empresa Autopista Fernão Dias, com manutenção e monitoramento. Conforme a Figura 2, podemos observar os elementos que compõem um Trevo.

**Figura 2:** Demonstração dos elementos que compõem um Trevo completo.



**Fonte:** Projeto trevo completo, Autopista Fernão Dias – BR 381/MG/Betim-MG.



De acordo com o projeto aprovado junto a ANTT - Agência Nacional de Transporte Terrestre foram definidas em um croqui as instalações provisórias do canteiro de obra, através disso a empresa contratada para a execução faz as devidas instalações de segurança, armazenamentos de materiais, máquinas, sanitários, refeitórios, área de descanso, almoxarifado, escritório, etc. As Figuras 3, 4 e 5 mostram as instalações do Canteiro de Obras.

**Figura 3:** Visão geral do Canteiro de obras



**Fonte:** Projeto trevo completo, Autopista Fernão Dias – BR 381/MG/Betim-MG.

**Figuras 4 e 5:** Canteiro de apoio para montagem das vigas.



**Fonte:** Projeto trevo completo, Autopista Fernão Dias – BR 381/MG/Betim-MG.

Primeiramente foram realizados oito furos de sondagem com profundidade máxima de 2,00 m na área de abrangência do dispositivo do km 494+040 (Pistas Norte e Sul) da Rodovia

BR-381 para coletar amostras de solos do subleito e foram coletadas oito amostras de solos do subleito para a posterior realização de ensaios geotécnicos. Foi realizado também um poço de inspeção no trecho objeto do presente relatório para a verificação das espessuras e dos tipos de materiais constituintes das estruturas dos pavimentos existentes. Cabe ressaltar que na profundidade do subleito também foram coletadas amostras de solos para a posterior realização de ensaios geotécnicos.

### 3.2 Preparação do Terreno

Foram executados os serviços preliminares onde realizaram as demolições e remoções necessárias que haviam no local, foram utilizados maquinário pesado como retroescavadeira, escavadeira, carregadeira e caminhões basculantes. A defesa, cercas de arames e guias que tinham no local também foram removidos, tudo foi levado para um local adequado. Logo após foi feito um remanejamento de postes e alambrados. Conforme Figura 6 e 7 temos as demolições e remoção dos solos.

**Figuras 6 e 7:** Demolição e Remoção dos solos e concreto.



**Fonte:** Projeto trevo completo, Autopista Fernão Dias – BR 381/MG/Betim-MG.

A segunda etapa foi a Terraplenagem, onde realizaram diversas camadas de aterro para que se alcançasse a cota final da OAE. Foi utilizando o material de 1º categoria, DMT de 50 m a 5000m. Foi utilizada a motoniveladora para adequação do volume de terra. Caminhão pipa para o umedecimento da terra para que o rolo compressor consiga atingir uma compactação adequada do solo. De acordo com as Figuras 8 e 9 observamos as máquinas trabalhando para adequar e compactar o solo.

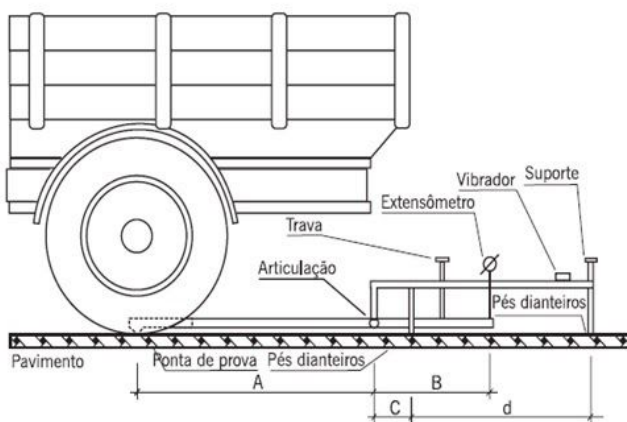
**Figuras 8 e 9:** Adequação das camadas de aterro e compactação do solo.



**Fonte:** Projeto trevo completo, Autopista Fernão Dias – BR 381/MG/Betim-MG.

A compactação foi realizada através do processo mecânico que faz várias camadas de terra, cada camada colocada é compactada. Foi também retirado um ensaio para a determinação das deflexões, ou seja, analisar se há vazios no solo. Primeiramente coloca-se a ponta de prova da viga Benkelman entre as roda do caminhão, após isso se faz uma leitura inicial do extensômetro, o caminhão anda vagarosamente, ele pode andar até 10m de distância da ponta da prova ou até que o extensômetro não acuse variação da leitura. Com os dados capturados no extensômetro podendo-se determinar as deflexões do solo. A Figura 10 nos mostra um modelo de interpretação da Viga Benkelman e as Figuras 11 e 12 mostram a execução do procedimento.

**Figuras 10:** Viga Benkelman.



**Fonte:** Arquivo interno da Autopista Fernão Dias.

**Figuras 11 e 12:** Procedimento de ensaio para a determinação das reflexões (Viga Benkelman).



**Fonte:** Projeto trevo completo, Autopista Fernão Dias – BR 381/MG/Betim-MG.

Além da Viga Benkelman foi utilizado outro tipo de coleta para controle da compactação do solo, o método de frasco de areia (NBR 7185) para saber a obtenção da massa específica aparente do solo e o Speedy (DNER ME-52) para a determinação do teor de umidade. Os resultados destes ensaios junto com os resultados dos ensaios de compactação foi determinado o grau de compactação (GC). Conforme as Figuras 13 e 14 temos o procedimento de coleta de frasco de areia.

**Figuras 13 e 14:** Coleta realizada através do método de frasco de areia.



**Fonte:** Projeto trevo completo, Autopista Fernão Dias – BR 381/MG/Betim-MG.

A terceira etapa da obra é a Pavimentação, foi se iniciada com a regularização do subleito. Depois de regularizado, foi colocada uma camada de sub-base de 20 cm de Rachão Intertravado no dispositivo de acesso e uma camada de reforço 20 cm de Rachão Intertravado na pista de rolamento. De acordo com as Figuras 15 e 16 temos a aplicação do Rachão.

**Figuras 15 e 16:** Camada de Sub-base “Reforço de Rachão Intertravado”.



**Fonte:** Projeto trevo completo, Autopista Fernão Dias – BR 381/MG/Betim-MG

Após o Rachão na Pista de Rolamento vem 20 cm de Sub-Base BGTC Brita Graduada Tratada com Cimento. A BGTC é composta por brita, cimento e água. De acordo com as Figuras 17 e 18 temos a aplicação da BGTC.

**Figuras 17 e 18:** Camada de Sub-base BGTC.



**Fonte:**

Projeto trevo completo, Autopista Fernão Dias – BR 381/MG/Betim-MG.

Após o Rachão no dispositivo de acesso foi colocado uma camada de 15 cm de Brita Graduada Simples, já na Pista de Rolamento vem 12 cm de BGS com pintura de ligação. A BGS (Brita Graduada Simples) é composta por diferentes tipos de granulometria de pedras,

que são misturadas de acordo com as exigências do projetista. De acordo com as Figuras 19 e 20 temos a aplicação da BGS.

**Figuras 19 e 20:** Camada de BGS



**Fonte:** Projeto trevo completo, Autopista Fernão Dias – BR 381/MG/Betim-MG.

Após a camada de BGS na pista de rolamento foi passado uma pintura ligante e uma pintura impermeabilizante, que também é conhecida como imprimação. A imprimação serve para aumentar a coesão da superfície de rolamento, por cima da imprimação é colocado uma camada de 6 cm de CBUQ. O material CBUQ foi espalhado e comprimido á quente. Este procedimento tem o objetivo de aumentar a aderência de cada camada. De acordo com as Figuras 21, 22, 23 e 24 temos imprimação, pintura de ligação e a aplicação do CBUQ.

**Figuras 21 e 22:** Imprimação Asfáltica e Pintura de ligação.



**Fonte:** Projeto trevo completo, Autopista Fernão Dias – BR 381/MG/Betim-MG.

**Figuras 23 e 24:** Camada de CBUQ.



**Fonte:** Projeto trevo completo, Autopista Fernão Dias – BR 381/MG/Betim-MG.

### 3.3 Drenagem e Meio Ambiente

Para cada local da obra foi dimensionado um tipo de dispositivo de drenagem. Os dispositivos utilizados para o sistema de drenagem na obra do Trevo Completo em Betim foram: Valetas de proteção, sarjetas, caixas coletoras, boca de lobo, dissipador de energia, descida d'água, entradas para descida d'água, entre outros. Conforme as Figuras 25 e 26 observamos a implantação da drenagem.

**Figuras 25 e 26:** Construção e Concretagem da sarjeta, dispositivo de drenagem.



**Fonte:** Projeto trevo completo, Autopista Fernão Dias – BR 381/MG/Betim-MG.

A construção do trevo, ou até mesmo duplicações de rodovias visam a melhoria do transporte e da população, no entanto, essas construções também podem causar impactos

ambientais. De acordo com o DER/MG, existem inúmeros cuidados para não agredir o meio ambiente.

Após o desenvolvimento do serviço de drenagem, Engenheiros Ambientais elaboraram o RIMA, com o relatório em mãos é possível verificar o diagnóstico e detalhamento das intervenções em áreas vegetadas na obra, concluindo então que os indivíduos do gênero *Tabebuia* estão dentro do quadro de preservação então serão imunes de corte, porém foi necessário retirar arbóreos nativos e exóticos isolados autorizados pelo IBAMA, devido à implantação do trevo em desnível. Foi utilizado para finalização revestimento vegetal com grama em leivas nos taludes laterais e canteiros conforme figura 27 e 28.

**Figuras 27 e 28:** Revestimento vegetal.



**Fonte:** Projeto trevo completo, Autopista Fernão Dias – BR 381/MG/Betim-MG.

### **3.4 Muros – OAE e Finalizações**

O muro escolhido para construção na obra do trevo foi o de maciço armado, pois não havia espaço para as chamadas saias de aterro e seria de grande altura, como os prazos de execução eram curtos o muro maciço trouxe mais agilidade e custos mais baixos, conforme as figuras 29 e 30 observamos a construção do muro.

**Figuras 29 e 30:** Muro de maciços armado.





**Fonte:** Projeto trevo completo, Autopista Fernão Dias – BR 381/MG/Betim-MG.

Para a obra do Trevo na passagem superior da pista norte e sul à infraestrutura foi realizada com estacas pré-moldadas. Essas estacas são formadas por um tubo de ferragens revestidas de concreto e possui 42 cm de diâmetro. Elas são colocadas no solo com 20 metros de profundidade e é utilizado o concreto usinado FCK 25 Mpa para enchê-las, foram montados os encontros para receber as vigas na Mesoestrutura, conforme observamos a execução das estacas nas Figuras 31 e 32.

**Figuras 31 e 32:** Estacas pré-moldadas para sustentação da mesoestrutura e montagem dos encontros para recebimento das vigas.



**Fonte:** Projeto trevo completo, Autopista Fernão Dias – BR 381/MG/Betim-MG.

A superestrutura localizada no tabuleiro da pista norte contém 6 longarinas pré-moldadas protendidas contendo 39,20 m de vão (40,00 m de comprimento no total), elas foram colocadas com um espaço de 2,86 m entre si. O tabuleiro localizado na pista sul contém

5 longarinas pré-moldadas protendidas contendo 39,20 m de vão (40,00 m de comprimento total), elas foram colocadas com um espaço de 2,87 m entre si.

Foram colocadas longarinas nos dois tabuleiros, elas são travadas no vão pela laje, a laje contém 7 cm de espessura e posteriormente foi solidarizada por concretagem in loco totalizando então 20 cm de espessura de laje. Foram colocadas transversinas em concreto armado moldado in loco nos extremos do tabuleiro, com a substituição dos aparelhos de apoio através do levantamento do tabuleiro por macaqueamento pelas transversinas.

A superestrutura terá suas longarinas e pré-lajes produzidas in-loco e içadas por guindastes. Conforme as Figuras 33 e 34 temos a execução da Superestrutura.

**Figuras 33 e 34:** Montagem e concretagem das longarinas in-loco, ferragens e concretagem do tabuleiro “laje” da OAE e concretagem da laje de aproximação e içamento das formas e pré-lajes.



**Fonte:** Projeto trevo completo, Autopista Fernão Dias – BR 381/MG/Betim-MG.

#### - Sinalização Horizontal

As sinalizações horizontais são caracterizadas por suas linhas, símbolos, marcações e legendas. Ela tem a função de organizar o tráfego tanto de veículos como de pedestres, além de controlar e orientar os deslocamentos, topografia, auxiliar os sinais verticais de regulamentação, indicações e advertências.

Características da Sinalização Horizontal:

- Traçado Contínuo: É formado por linhas sem interrupção pelo trecho da via onde estão demarcando; podem estar longitudinalmente ou transversalmente apostas à via.

- Tracejada ou Seccionada: são linhas interrompidas, com espaçamentos respectivamente de extensão igual ou maior que o traço.

- Setas, Símbolos e Legendas: são informações escritas ou desenhadas no pavimento, indicando uma situação ou complementando sinalização vertical existente.

Cores:

- Amarela: é utilizada na regulamentação dos fluxos em sentidos opostos e para delimitar os espaços que são proibidos de estacionar

- Branca: é utilizada na regulamentação dos fluxos de mesmo sentido, para delimitar trechos onde se pode estacionar veículos em condições especiais e faixas para pedestres.

- Vermelha: é utilizada para o espaço de ciclo faixas e/ou ciclovias e símbolos de hospitais e farmácias.

- Azul: é utilizada para áreas de parada, símbolos de estacionamento ou embarque e desembarque de pessoas com necessidades.

- Preto: é utilizada para haver um contraste entre o pavimento e a pintura.

As Figuras 35 e 36 nos mostram a execução da pintura das Sinalizações Horizontais no Trevo.

**Figuras 35 e 36:** Pintura Horizontal



**Fonte:** Projeto trevo completo, Autopista Fernão Dias – BR 381/MG/Betim-MG.

#### - Sinalização Vertical

As sinalizações verticais são caracterizadas por utilizar um tipo de comunicação com o condutor. São placas que geralmente é colocado ao lado da pista ou suspenso. Transmite algumas mensagens ao condutor ou contém símbolos, legendas pré-reconhecidas e legalmente

instituídas, placas de regulamentação, advertência, segurança entre outras. Elas são confeccionadas em placas de alumínio ou ferro, com pinturas refletivas em silk screen ou plotadas. Conforme a Figura 37 podemos ver os modelos de Sinalizações Verticais.

**Figura 37:** Placas verticais



**Fonte:** Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito.

#### - Colunas e Braços

Para as placas serem fixadas é necessário utilizar colunas e braços que são fabricados a fogo em aço galvanizado é utilizado o processo de imersão para sua confecção. Todos os produtos atendem as normas CET, DER, DERSA e DNER. Para a obra do trevo foram utilizados colunas comuns, braços projetados, postes, suportes de madeira e vigas I, blaquetes, abraçadeiras, fita de aço inox e selo, conforme as Figuras 38, 39, 40 e 41.

**Figuras 38 e 39:** Semipórtico e Pórtico



**Fonte:** Projeto trevo completo, Autopista Fernão Dias – BR 381/MG/Betim-MG.

**Figura 40 e 41:** Rotatória 2 e Retorno 1.



Fonte: Projeto trevo completo, Autopista Fernão Dias – BR 381/MG/Betim-MG.

De acordo com as Figuras 42 e 43 podemos observar como ficou o Trevo completo após concluído.

**Figura 48 e 49:** Área sentido Norte e Área Frontal.



Fonte: Projeto trevo completo, Autopista Fernão Dias – BR 381/MG/Betim-MG.

A obra foi concluída e entregue seguindo todas as normas exigidas e trouxe satisfação para os cidadãos da cidade de Betim, que sofriam com o congestionamento que ocorria no local devido ao grande fluxo de veículos que ali passam diariamente.

#### 4 RESULTADO E DISCUSSÃO

Primeiramente podemos observar que as características do tráfego que solicitará o pavimento são de fundamental importância para o correto dimensionamento da estrutura de pavimento, uma vez que se relacionam intimamente com os esforços internos solicitantes na

estrutura do pavimento, quando submetido ao carregamento pela passagem de veículos comerciais.

Um dado que nos chama a atenção é o procedimento de sondagem que verificou que os solos são argilas arenosas e argilas siltosas de coloração marrom e avermelhada. O solo observado através do poço de inspeção é uma areia argilosa. A capacidade de suporte CBR dos solos coletados na área de abrangência do dispositivo do km 494+040 da Rodovia BR-381 oscila entre 5,4% e 24,9%, com expansão variando entre 0,10% e 4,60%. A umidade ótima destes solos compactados varia entre 14,4% e 22,6% e a densidade seca aparente máxima oscila entre 1,506 g/cm<sup>3</sup> e 1,843 g/cm<sup>3</sup>. Deve-se destacar que não foi constatada a presença de nível de lençol freático, em cota superficial, nos furos de sondagem à trado e no poço de inspeção executados.

Outro item merecedor de uma análise é a planta de localização do poço de inspeção realizado na Pista Sul da Rodovia BR-381, verificou-se que a estrutura de pavimento da pista no km 494+040 é do tipo flexível. Portanto, a estrutura de pavimento novo a ser dimensionada para as alças do dispositivo de acesso também será do tipo flexível.

Contudo, a estrutura do pavimento novo adotada para a pista de rolamento foi do tipo semi-rígido invertido devido ao elevado tráfego e à capacidade de suporte mediana dos solos do subleito, pois se a estrutura fosse do tipo flexível a espessura de revestimento asfáltico seria muito elevada tornando-se inviável do ponto de vista técnico e econômico o projeto em questão.

## **5 CONCLUSÃO**

Retomando nossa pergunta inicial, o objetivo principal deste trabalho era apresentar as considerações da estrutura de pavimento flexível ou semi-rígido utilizado na implantação de dispositivo, tal constatação deve-se a necessidade de remodelação do trevo devido ao aumento de fluxo de veículos no local que afetava diretamente a população.

As características do tráfego que solicitará o pavimento são de fundamental importância para o correto dimensionamento da estrutura de pavimento, uma vez que se relacionam intimamente com os esforços internos solicitantes na estrutura do pavimento, quando submetido ao carregamento pela passagem de veículos comerciais.

Concluimos que a pista de rolamento por ter um fluxo de elevado de tráfego foi adotado a estrutura de pavimento semi-rígido invertido, pois se a estrutura fosse do tipo flexível a espessura de revestimento asfáltico seria muito elevada tornando-se inviável do ponto de vista técnico e econômico o projeto em questão. Já as alças do dispositivo concluiu-se que a estrutura de pavimento foi do tipo flexível devido ao baixo fluxo de veículo no local.

A obra do Trevo Completo escolhida para a realização da pesquisa é uma obra de grande vulto, sua construção englobou diversas etapas possibilitando conhecer cada parte de sua execução, iniciando pela implantação dos canteiros de obra até finalizar com a implantação das sinalizações horizontais e verticais.

Este estudo requer um maior aprofundamento como realizar novamente o teste com viga Benkelman para determinar as deflexões do novo pavimento, isso mostrará se o trabalho foi bem executado e evitará futuramente uma nova remodelação.

## **STRUCTURE OF FLEXIBLE AND SEMI-RIGID ASPHALT PAVEMENT IMPLANTED IN DEVELOPING DEVICE IN BETIM-MG**

### **ABSTRACT/RESUME**

This work analyzes the flexible and semi-rigid asphalt pavement structure implanted in the remodeling device in Betim-MG. Such an approach is due to the fact that the paved device already exists and needs to undergo a remodeling and study of pavements, to adapt to the annual growth of traffic. The objective of this work is to analyze the study that was developed to remodel an existing construction, using flexible and semi-rigid pavement, in the municipality of Betim-MG. This purpose will be achieved through the case study carried out at the road section located in Betim-MG. The study proved the need for remodeling the device and determined necessarily pavement structure to be implanted. In connection to the results obtained: a drilling procedure was carried out to check the soil and a bore hole to check the pavement struc. The study proved the need for remodeling the device and determined necessarily pavement structure to be implanted. In connection to the results obtained: a drilling procedure was carried out to check the soil and a bore hole to check the pavement structure of the raceway. Thus, analyzing the results of the research carried out, we can say

that the structure of the new pavement, which will be adopted for the raceway, will be of an inverted semi-rigid type, while the new surface design, the dimensions of which will be calculated for the highway, will be of a flexible type.

**Keywords:** Structure. Surface. Remodeling.

## REFERÊNCIAS

DNIT - **Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa.** Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de projeto de interseções. 2.ed. - Rio de Janeiro, 2005.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica, materiais, projeto e restauração.** São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2007.

BERNUCCI, L.; MOTTA, L. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros.** Rio de Janeiro: Petrobrás: ABEDA, 2008. 504 p.

DNER (Departamento Nacional das Estradas de Rodagem/ Ministério dos Transportes). **Diretrizes básicas para elaboração de estudo e projetos rodoviários** (escopo básico/ instruções de serviços). DNER. Rio de Janeiro, 1999.

DNER, 697/100: **Manual de Pavimentação.** 2 ed - Rio de Janeiro, 1996.

DNIT. **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos.** 2º ed. Rio de Janeiro, 2006, 314 p.



DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes). **Manual para ordenamento do uso do solo nas faixas de domínio e lindeiras das rodovias federais.** DNIT. 2ª Edição. Rio de Janeiro, 2004.

FERREIRA. Paulo – **Pavimentos Rodoviários – Tecnologia de Construção e Manutenção.** Editora Almedina. Lisboa/Portugal, 2008. Idioma Portugues.

MENESES, F. A. B. **Análise e tratamento de trechos rodoviários críticos em ambientes de grandes centros urbanos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transporte), 251f. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2001.