

FACULDADE EDUFOR
ENGENHARIA CIVIL

CÍCERO WILSON NEVES CARVALHO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**AS VANTAGENS DE UTILIZAÇÃO DO PAVIMENTO DE CONCRETO PARA VIAS
DE TRÁFEGOS PESADOS**



São Luís

2024

C331v Carvalho, Cícero Wilson Neves

As vantagens de utilização do pavimento de concreto para
vias de tráfegos pesados / Cícero Wilson Neves Carvalho — São
Luís: Faculdade Edufor, 2024.

22 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (ENGENHARIA CIVIL) —
Faculdade Edufor - São Luís, 2024.

Orientador(a) : Franklin Roosevelt Rodrigues do Ó

1. Pavimentos de concreto. 2. Durabilidade. 3. Economia. I.
Título.

FACULDADE EDUFOR SÃO LUÍS

CDU 625.84

AS VANTAGENS DE UTILIZAÇÃO DO PAVIMENTO DE CONCRETO PARA VIAS DE TRÁFEGOS PESADOS

Cícero Wilson Neves Carvalho¹

Me. Franklin Roosevelt do Ó²

Resumo

Este trabalho explora os pavimentos de concreto em rodovias brasileiras, enfocando suas vantagens, desafios e aplicações. Desde a década de 1990, há um crescente interesse nessa tecnologia devido à sua durabilidade e resistência, especialmente em áreas de tráfego intenso. Os pavimentos são classificados em flexíveis, semirrígidos e rígidos, cada um com características e usos específicos. Pavimentos flexíveis consistem em camadas que gradualmente distribuem as cargas, ideais para estradas com tráfego variável. Já os semirrígidos combinam flexibilidade com a resistência do concreto na base, adequados para áreas com cargas mais intensas. Pavimentos rígidos, compostos por placas de concreto, distribuem as cargas diretamente ao subleito, destacando-se pela durabilidade e menor necessidade de manutenção. Dentre os tipos de pavimentação rígida, como concreto simples, com armadura contínua, protendido, pré-moldado e whitetopping, cada um tem aplicações específicas e características estruturais. São utilizados materiais como cimento Portland e agregados, seguindo normas técnicas para garantir qualidade e durabilidade das estruturas. Ao comparar pavimentos flexíveis e rígidos, observa-se que ambos têm vantagens e desafios influenciados por fatores como tráfego, custo inicial e durabilidade desejada. Conclui-se que, apesar do custo inicial mais elevado, os pavimentos rígidos oferecem uma solução sustentável e econômica a longo prazo, reduzindo interrupções para manutenção e melhorando o desempenho em áreas de alto tráfego.

Palavras chave: Pavimentos de concreto. Durabilidade. Economia.

¹Graduando em Engenharia Civil pela Faculdade Edufor São Luís. Email: cicero.wilson.neves.carvalho@gmail.br

²Mestre em Engenharia Elétrica. Email: franklin.doo@edufor.edu.br

Abstract

This study explores concrete pavements on Brazilian highways, focusing on their advantages, challenges, and applications. Since the 1990s, there has been growing interest in this technology due to its durability and strength, especially in areas with heavy traffic. Pavements are classified into flexible, semi-rigid, and rigid types, each with specific characteristics and uses. Flexible pavements consist of layers that gradually distribute loads, ideal for roads with varying traffic. Semi-rigid pavements combine flexibility with concrete base strength, suitable for areas with heavier loads. Rigid pavements, composed of concrete slabs, distribute loads directly to the subgrade, notable for their durability and lower maintenance needs. Among the types of rigid pavement such as plain concrete, continuously reinforced, prestressed, precast, and whitetopping, each has specific applications and structural characteristics. Materials such as Portland cement and aggregates are used, following technical standards to ensure quality and durability of structures. Comparing flexible and rigid pavements, both have advantages and challenges influenced by factors such as traffic, initial cost, and desired durability. It is concluded that despite higher initial costs, rigid pavements offer a sustainable and cost-effective long-term solution, reducing interruptions for maintenance and improving performance in high-traffic areas.

Keywords: Concrete pavements. Durability. Economy.

1. INTRODUÇÃO

No território brasileiro, é comum encontrar pavimentos de concreto presentes em diversos tipos de infraestruturas, como rodovias, portos, aeroportos, corredores de ônibus e pisos industriais. No entanto, foi a partir da década de 1990 que houve um notável aumento no interesse pelo uso desse tipo de pavimentação nas vias brasileiras, devido às vantagens evidenciadas por sua aplicação, Andrade (2005).

Segundo Andrade (2005) a indústria de petróleo obteve uma grande evolução na América Latina de forma geral, o que elevou consideravelmente a utilização do pavimento asfáltico, fazendo com que a pavimentação em concreto não tivesse um progresso relevante.

Andrade disse ainda que, é fundamental que se haja um controle eficiente de laboratório em todos os serviços de pavimentação. Apesar, que as ações executadas nos laboratórios não se limitam ao recinto desta instalação. Tendo em vista que a vida útil do pavimento em concreto é superior a 20 anos, a utilização do mesmo garante a trafegabilidade, o conforto e a segurança do condutor, durante todo o percurso. A constância de execução mínima dos ensaios de controle deve ser rigorosamente obedecida, podendo ser aumentada na medida em que ocorram variações nas características dos materiais ou nos processos construtivos.

Segundo DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes), a superfície rodoviária é uma superestrutura construída por um sistema de camadas de espessura finita, localizada em um semiespaço considerado infinito, infraestrutura ou terreno básico, denominado leito rodoviário.

Devido a um investimento mais baixo inicialmente, os pavimentos flexíveis são mais utilizados atualmente no Brasil, em relação aos pavimentos rígidos. Além do custo há uma perda associada ao tráfego muito intenso. Fazer uma avaliação das vantagens e desvantagens do pavimento rígido, bem como a escolha entre uma pavimentação flexível ou rígida, será objeto de estudo deste trabalho.

As estruturas rígidas para pavimentação não estão isentas de danos, como salientado pelo DNIT (2004), que incluem o levantamento das placas, fissuras nos cantos, placas divididas, degraus ou degraus nas juntas, falha na vedação das juntas, fissuras lineares, reparos grandes e pequenos, desgaste superficial, quebras localizadas, assentamentos, buracos e desgaste. No entanto, considerando os benefícios evidenciados por este tipo de pavimentação, conforme será explicado nas próximas seções, surge a necessidade crucial de avaliar a viabilidade da aplicação dessa tecnologia na restauração das rodovias

Este trabalho tem como objetivo, mostrar as vantagens da utilização do concreto em pavimentos das rodovias de tráfegos pesados. Com a justificativa de reduzir os custos com manutenção e melhorar a trafegabilidade nas vias de rodagem brasileiras.

A metodologia adotada no presente trabalho é baseada em pesquisas bibliográficas, em artigos científicos, sites oficiais acerca da matéria, informações e livros técnicos de aprendizado na área de pavimentos, apresentando um caráter explicativo, com trajetória de natureza descritiva.

2. Pavimentos

Pavimento tem sua estrutura formada por diversas camadas finas, construída sobre a superfície do solo preparado, com o objetivo técnico e econômico de suportar as cargas provenientes do tráfego de veículos e das condições climáticas, além de proporcionar aos usuários melhores condições de direção, conforto, eficiência e segurança (BERNUCCI 2008)

No Brasil, a construção de estradas já foi foco de atenção e práticas por um longo tempo, quando especialistas experientes do DNER estabeleceram padrões e métodos que, com suas atualizações subsequentes, tornaram-se a referência em Engenharia Rodoviária (DNIT 2006).

Segundo a CNT (2023), a malha rodoviária brasileira possui uma extensão de 1,7 milhão de quilômetros, sendo apenas 12,4% pavimentados. Isso totaliza 213,5 mil quilômetros pavimentados, dos quais 52,2% foram recentemente avaliados. Cerca de 1,4 milhão de quilômetros são não

pavimentados. A falta de rodovias pavimentadas aumenta os custos de transporte, compromete o conforto e a segurança dos usuários, além de impactar negativamente o desenvolvimento regional. É necessária uma melhoria na infraestrutura rodoviária para promover uma conectividade melhor e um desenvolvimento mais equitativo e sustentável.

Conforme a classificação de Oda e Camargo (2019), os pavimentos podem ser agrupados em três categorias distintas: flexível, semirrígido e rígido. No primeiro tipo, o pavimento é construído sobre uma base granular e revestido com material asfáltico. Já o pavimento semirrígido apresenta uma base cimentada, também coberta por uma camada de asfalto. Por fim, o pavimento rígido é composto por placas de concreto que formam tanto a superfície quanto a base do pavimento.

Segundo o Manual de Pavimentação Rígida, a resistência ideal do concreto para pavimentos rígidos, conhecida como resistência característica à compressão do concreto (f_{ck}), pode variar dependendo das especificações do projeto e das condições de uso. Para rodovias de tráfego leve a moderado, o f_{ck} é tipicamente entre 25 MPa e 30 MPa. Para rodovias de tráfego pesado e corredores de ônibus, o f_{ck} é entre 30 MPa e 35 MPa. Para pavimentos industriais e áreas sujeitas a cargas muito pesadas, o f_{ck} deve ser acima de 35 MPa. Esses valores são indicativos e podem variar de acordo com as normas e especificações regionais, bem como com as exigências particulares de cada projeto. É sempre importante seguir as diretrizes das normas técnicas aplicáveis, como a ABNT NBR 6118 (Projeto de Estruturas de Concreto) e a ABNT NBR 7187 (Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado e Protendido).

De acordo com SENÇO (2001), os conceitos estabelecidos para cada tipo de pavimento devem se adaptar às condições dos locais onde é construído, e precisa se submeter às condições de tráfegos pelo tempo de vida útil. Assim a pavimentação em rodovias deve ser executada obedecendo alguns fatores:

1. Natureza permanente da pista;
2. Tráfego de veículos e altas velocidades e velocidades mais ou menos constantes;
3. Percursos de grandes distâncias em marcha constantes;
4. Superfícies de rolamentos estáveis e com mínimos pontos de atrito;

5. Construção contínua, apoiado em orçamentos elevados com verbas de liberação fácil.

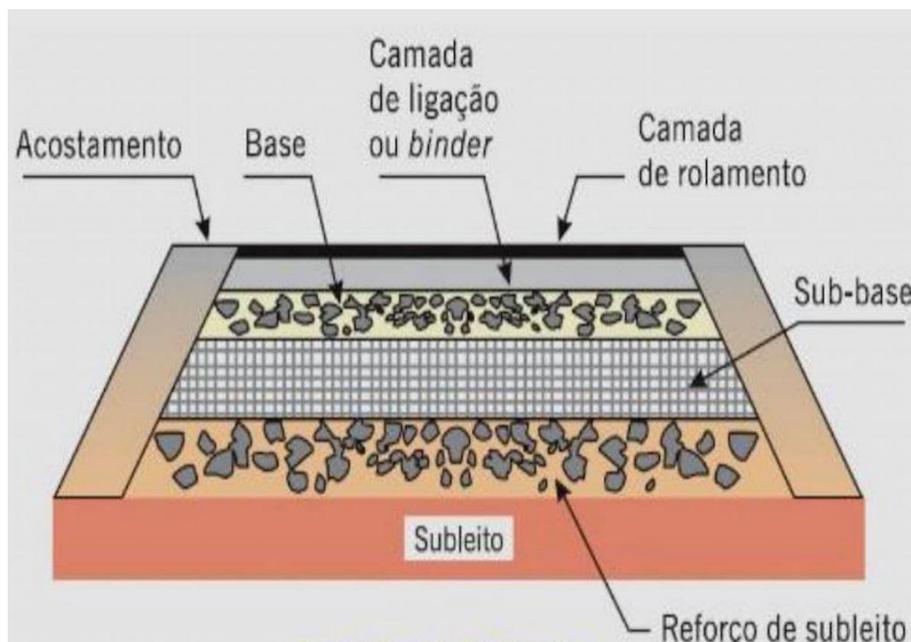
3. Tipos de pavimentos

Segundo o manual de pavimentação do DNIT, os pavimentos são classificados da seguinte forma, flexíveis, semirrígidos e rígidos:

3.1. Pavimento Flexível

Pavimento flexível é um tipo de estrutura utilizada em estradas e rodovias, caracterizado pela capacidade de suportar cargas através da distribuição de tensões para as camadas inferiores de forma gradual. Esse tipo de pavimento é composto por várias camadas sobrepostas, cada uma com funções específicas. A Figura 1, Estrutura de Pavimento Flexível, ilustra cada camada, sendo as principais:

Figura 1 - Estrutura de Pavimento Flexível



Fonte: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/pavimentos-flexivel>

Camada de Rolamento: A camada mais superficial, onde ocorre o contato direto com os veículos. Geralmente é feita de asfalto e deve proporcionar uma superfície lisa, resistente ao desgaste e impermeável.

Camada de Binder: Localizada abaixo da camada de rolamento, serve como uma camada intermediária que ajuda a distribuir as cargas para as camadas inferiores.

Camada de Base: Proporciona suporte estrutural significativo e distribui as cargas para a sub-base. Pode ser feita de materiais granulares ou estabilizados.

Camada de Sub-Base: Fornece suporte adicional e contribui para a drenagem, evitando que a água se acumule nas camadas superiores.

Subleito: A camada natural do solo sobre a qual todas as outras camadas são construídas. Sua capacidade de suporte é fundamental para a performance do pavimento.

A principal característica do pavimento flexível é sua flexibilidade, ou seja, ele pode deformar-se ligeiramente sob a ação das cargas de tráfego, sem romper. Isso permite que as tensões sejam distribuídas de forma mais eficiente pelas camadas subjacentes, o que é essencial para evitar falhas prematuras na estrutura da pavimentação. A figura 2, execução de um pavimento flexível, mostra como é feito a sua execução.

Figura 2 - Execução de Pavimento Flexível



Fonte: <https://ecolinksolutions.com.br>

3.2. Pavimento Semirrígido

O pavimento semirrígido é um tipo de pavimentação que combina características dos pavimentos flexíveis e dos pavimentos rígidos. Ele é composto por uma base estabilizada com cimento ou outro agente ligante

hidráulico, sobre a qual é aplicada uma camada de revestimento asfáltico. As principais características do pavimento semirrígido são:

Camada de Revestimento: Geralmente é uma camada asfáltica que proporciona uma superfície de rolamento lisa e impermeável.

Base Estabilizada: Esta camada é feita de materiais granulares misturados com cimento ou outro ligante hidráulico, proporcionando uma base mais resistente e durável que a base granular não estabilizada usada em pavimentos flexíveis.

Camada de Sub-base: Proporciona suporte adicional e contribui para a drenagem, evitando a acumulação de água nas camadas superiores.

Subleito: A camada natural do solo sobre a qual todas as outras camadas são construídas.

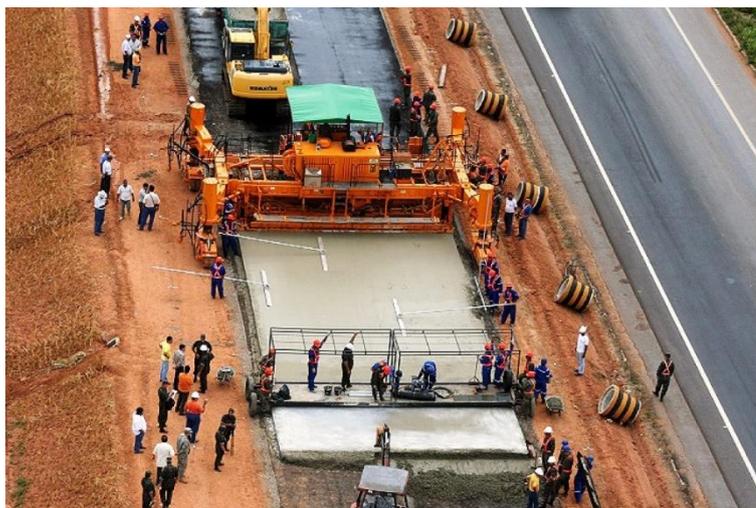
A principal vantagem do pavimento semirrígido é a sua maior capacidade de suportar cargas elevadas e resistir à deformação em comparação com os pavimentos flexíveis, enquanto ainda mantém um custo de construção e manutenção relativamente menor do que os pavimentos rígidos (de concreto). Além disso, a base estabilizada com cimento oferece uma resistência adicional, prolongando a vida útil do pavimento e reduzindo a necessidade de reparos frequentes.

Os pavimentos semirrígidos são frequentemente utilizados em áreas que exigem maior durabilidade e resistência, como em rodovias de alto tráfego, pátios industriais e áreas portuárias. (DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura e transporte)

3.3. Pavimento Rígido

Pavimento rígido é um tipo de pavimento utilizado em estradas, rodovias e outras superfícies de tráfego que é composto principalmente por placas de concreto. Ao contrário do pavimento flexível, que distribui as tensões através de várias camadas, o pavimento rígido distribui as cargas diretamente ao subleito devido à rigidez das placas de concreto. A Figura 3, aplicação de um pavimento rígido, exhibe como é feita a sua execução

Figura 3 - Aplicação de Pavimento Flexível



Fonte: <https://www.cimentoitambe.com.br>

O custo do pavimento de concreto, assim como a utilização ideal para cada tipo pode variar bastante dependendo de diversos fatores, como a localização geográfica, a disponibilidade de materiais, as condições do terreno, as especificações do projeto e os métodos construtivos utilizados. Geralmente, o custo é calculado por metro quadrado (m²) de pavimento construído.

O pavimento de concreto é amplamente utilizado em ruas e avenidas urbanas devido à sua durabilidade, resistência e capacidade de suportar tráfego intenso ao longo do tempo (Manual de Pavimentação Urbana, IBRACON).

As principais características do pavimento rígido são:

Placas de Concreto: A camada superior é composta por concreto de cimento Portland, que proporciona alta resistência e durabilidade. Pode ser reforçada com barras de aço para aumentar a resistência estrutural.

Camada de Sub-base: Esta camada, situada abaixo das placas de concreto, pode ser feita de materiais granulares ou estabilizados. Ela proporciona suporte adicional e ajuda a distribuir as cargas ao subleito.

Juntas de Dilatação e Contração: São necessárias para acomodar a expansão e contração térmica das placas de concreto, evitando fissuras e outros danos estruturais.

Subleito: A camada natural do solo sobre a qual todas as outras camadas são construídas. A qualidade do subleito é crucial para a performance do pavimento rígido.

As vantagens do pavimento rígido incluem:

Durabilidade e Vida Útil Prolongada: Pavimentos de concreto tendem a durar mais tempo com menos manutenção comparado a pavimentos asfálticos.

Resistência à Deformação: Melhor desempenho em termos de resistência à deformação sob cargas pesadas.

Custo de Manutenção Menor: Menos necessidade de reparos frequentes em comparação com pavimentos flexíveis.

As desvantagens podem incluir:

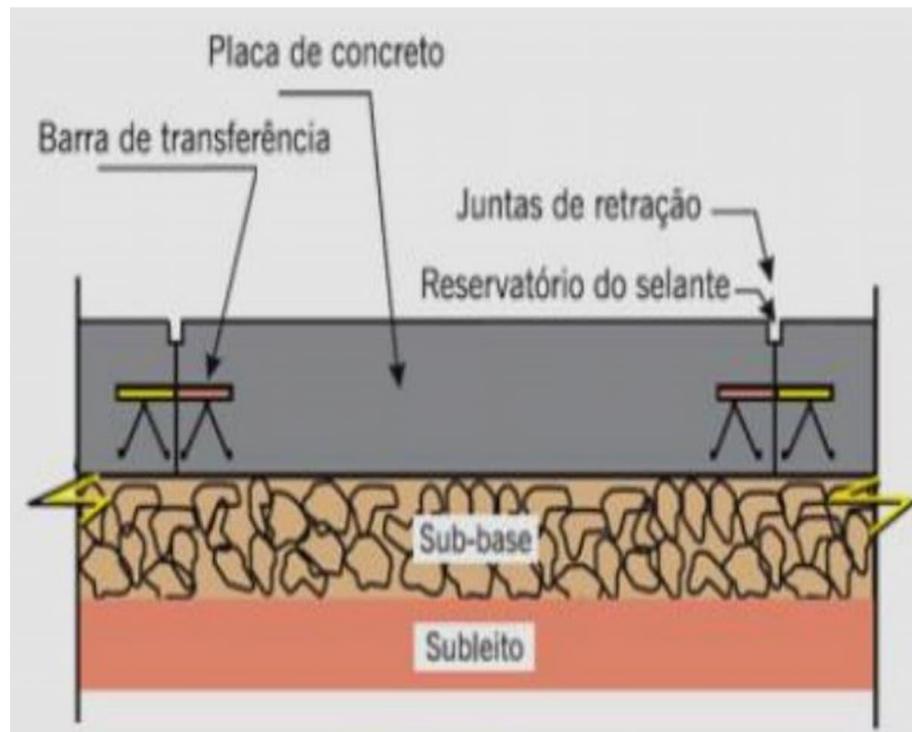
Custo Inicial Elevado: Construir um pavimento rígido geralmente custa mais do que um pavimento flexível.

Tempo de Construção: Pode levar mais tempo para construir devido ao tempo de cura do concreto.

Ruído: Pavimentos de concreto podem ser mais ruidosos do que pavimentos asfálticos.

Pavimentos rígidos são frequentemente utilizados em rodovias com alto volume de tráfego pesado, aeroportos, áreas industriais e outros locais onde a durabilidade e resistência são primordiais. Na Figura 4, Estrutura de pavimento rígido, nos mostra a composição da sua camada.

Figura 4 - Estrutura de Pavimento Rígido



Fonte: <https://masterplate.com.br/diferenca-entre-pavimento-rigido-e-flexivel/>

4. Tipos de Pavimentação Rígida

Existem diferentes classificações para os pavimentos de betão, consoante as suas características estruturais e os métodos de construção utilizados. Abaixo estão listados alguns dos tipos mais comuns:

4.1. Pavimentação de concreto simples

Formado por uma placa de concreto simples, com juntas que apresentam ou não dispositivos de transferência de cargas, vem sendo usado desde os anos 80, sendo uma tecnologia mais antiga e duradoura.

A espessura das placas está diretamente relacionada às tensões de tração na flexão geradas por cargas solicitantes e a relação entre tensões e a resistência do concreto (DENIT, 2004).

Sem armadura estrutural, o concreto é responsável por suportar deformações de tração na flexão não permitindo a ocorrência de ruptura, fazendo

o concreto trabalhar em regime elástico, resistindo aos esforços existentes, porém ao sobrelevar a resistência do concreto haverá deterioração por fadiga no pavimento ao decorrer do tempo (BALBO, 2007, p.30).

4.2. Pavimentação de concreto com armadura continua

Comumente usados na execução de pavimentos de aeroportos, sem juntas transversais intermediárias de contração ou expansão, contém armadura longitudinal continua que suporta a fissuração de retração, incumbindo-se o dever de manter as faces fissuradas bem unidas (BALBO, 2007, p.30).

4.3. Pavimentação de concreto protendido

Para este caso as placas são planas e de maiores dimensões, porém de espessuras menores, sua trabalhabilidade é em regime elástico.

O pavimento de concreto protendido utiliza tanto armaduras convencionais quanto cordoalhas protendidas. Nesse método, aplica-se uma pré-tensão ou pós-tensão nas barras de aço, criando esforços de compressão na estrutura antes que ela seja submetida a cargas externas. Dessa forma, quando o pavimento é carregado por veículos ou sofre efeitos ambientais, a tração só ocorre no concreto protendido se o esforço de compressão prévio for superado. Isso permite uma redução significativa na espessura da placa, devido à capacidade de suportar maiores momentos fletores (BALBO, 2007, p.36).

4.4. Pavimentação de concreto pré-moldado

Embora não seja o método mais econômico, as placas pré-moldadas oferecem diversas vantagens. Uma delas é a fabricação precisa, atendendo às medidas exigidas e sob condições ideais de cura, o que reduz significativamente a ocorrência de defeitos devido à retração do concreto (BALBO, 2007, p.42).

As placas pré-moldadas, em sua execução, utilizam-se de armaduras para suportar seu próprio peso durante as movimentações necessárias.

4.5. Whitetopping

Whitetopping é uma técnica de reabilitação de pavimentos que envolve a aplicação de uma camada de concreto sobre um pavimento asfáltico existente. Essa técnica é utilizada principalmente para melhorar a durabilidade e a

capacidade estrutural de pavimentos deteriorados, proporcionando uma vida útil prolongada e reduzindo a necessidade de manutenção frequente. A Figura 5, Whitetopping, ilustra a recuperação de uma pavimentação flexível.

Figura 5 - Whitetopping



Fonte: <https://www.mapadaobra.com.br>

Principais vantagens do whitetopping:

Durabilidade: O concreto é mais resistente ao desgaste e às cargas do que o asfalto, o que aumenta a vida útil do pavimento.

Redução de manutenção: Requer menos manutenção ao longo do tempo em comparação com pavimentos asfálticos, diminuindo os custos operacionais.

Capacidade estrutural: Reforça a capacidade estrutural do pavimento, suportando melhor cargas pesadas e tráfego intenso.

Sustentabilidade: Pode ser mais sustentável a longo prazo devido à menor necessidade de substituição frequente.

No entanto, o whitetopping também apresenta desafios, como o custo inicial mais elevado em comparação com soluções simples de asfalto e a necessidade de uma boa aderência entre as camadas de concreto e asfalto para evitar problemas de delaminação. A escolha de utilizar whitetopping depende

das condições específicas do local, do tráfego esperado e das considerações econômicas a longo prazo.

5. Materiais para fabricação do concreto

De acordo com o DNIT (2005), para produção das placas de concreto de pavimentos rígidos, são utilizados os seguintes materiais: cimento Portland, agregados graúdos, agregados miúdos, água, aditivos e mateiras selantes de junta.

Ainda segundo o DNIT (2005), o material adequado para a fabricação da pavimentação de concreto simples é o cimento Portland, os agregados graúdos e agregados miúdos devem estar presente em sua composição de acordo com as normas ABNT – NBR 7211, DNER – EM 037/97 e DNER – EM 038/97

5.1. Cimento Portland

O cimento Portland é amplamente utilizado na construção devido às suas características distintas, como trabalhabilidade e moldabilidade, que conferem alta durabilidade e resistência a cargas e ao fogo para argamassas e concretos. Além disso, é fabricado a partir de matérias-primas abundantes em todo o mundo (ABCP, s.d.).

Os tipos de cimento Portland considerados adequados para a pavimentação de concreto simples são:

CP-I (Portland Comum – ABNT-NBR 5732)

CP-II (Portland Composto – ABNT-NBR 11578)

CP-III (Cimento Portland de Alto Forno – ABNT-NBR 5735)

CP-IV (Portland Pozolânico – ABNT-NBR 5736)

Além disso, os cimentos devem atender às exigências específicas da Norma DNER-EM-036/95. Outros tipos de cimento Portland podem ser utilizados, desde que devidamente comprovada a sua adequação para a obra em questão.

5.2. Agregados

Nas obras de rodovias, os agregados são produzidos para diversos usos, cada um exigindo características tecnológicas específicas. No caso dos agregados para concreto de cimento Portland usado em pavimentação rígida, são necessárias condições especiais diferentes das adotadas para concreto em edificações, pontes e outras estruturas. Isso ocorre porque o concreto de pavimentação deve ter maior resistência à tração, menores variações volumétricas, menor suscetibilidade à fissuração, resistência à fadiga e alta durabilidade contra a ação ambiental e o desgaste do tráfego. Portanto, a investigação de depósitos de areia, cascalheiras e pedreiras, bem como os testes de caracterização tecnológica em amostras retiradas desses locais, deve ser cuidadosamente planejada para garantir que esses objetivos sejam alcançados (DENIT, 2006).

Conforme estabelece a ABNT NBR 6118:2014, a solução estrutural escolhida no projeto deve cumprir os requisitos de qualidade definidos nas normas técnicas, incluindo a capacidade de resistência, o desempenho durante o uso e a durabilidade da estrutura. Além disso, a qualidade da solução selecionada deve levar em conta os aspectos arquitetônicos, funcionais, construtivos e estruturais e econômicas. Desta forma a qualidade da solução não se restringe à conformidade ou não, em relação às normas técnicas. O atendimento ao desempenho estrutural remete a uma série de critérios de adequação ao uso e à integração com os demais sistemas. A avaliação técnica destes critérios, definidos em conjunto com o contratante no início do projeto, definirá a qualidade da solução (ABNT NBR 6118/14).

6. Pavimento Flexível X Pavimento Rígido

As rápidas transformações impulsionadas pelo avanço tecnológico nos incentivam a buscar constantemente uma melhor relação custo-benefício. Isso não apenas visa economia financeira, mas também introduz novos padrões de durabilidade e qualidade nos bens e serviços públicos. Essa abordagem não só otimiza recursos, mas também promove um uso mais eficiente e sustentável dos recursos públicos, beneficiando diretamente a sociedade.

Cerca de 90% das falhas em pisos e pavimentos estão associadas às juntas, cuja manutenção pode exigir paralisação parcial ou total das atividades e do transporte no local. Optar por pavimentos ou pisos de concreto pode ser uma solução viável para reduzir essas patologias e interrupções, devido à sua alta durabilidade e competitividade econômica.

Há uma crescente preferência pelo uso de pavimentos rígidos devido às suas vantagens em diversas situações. No entanto, sua aplicação é mais complexa do que a do asfalto, o que preserva a relevância contínua do pavimento flexível. A escolha entre os dois tipos de pavimento depende da estratégia de investimento dos gestores. Optar por pavimentos rígidos implica em um maior investimento inicial, mas oferece maior durabilidade e reduz as interrupções no tráfego para reparos (ALBANO, 2012, p. 01).

ALBANO (2012, p. 01), argumenta que os pavimentos de concreto são viáveis em diferentes tipos de rodovias, não apenas em autoestradas, desde que o dimensionamento e o projeto sejam adequados às condições específicas da via em questão. Isso mostra uma visão mais ampla sobre onde e como os pavimentos de concreto podem ser utilizados de forma eficaz.

Albano (2012, p. 01) observa as distinções entre pavimentos flexíveis e rígidos. Ambos oferecem coeficientes de atrito seguros, porém o pavimento flexível, devido à sua menor rugosidade, pode ter maior propensão à derrapagem em condições de presença de água na via. Em contrapartida, é percebido como mais confortável para o motorista, proporcionando um rolamento mais silencioso devido à sua superfície menos áspera.

O envelhecimento precoce dos pavimentos e o aumento dos custos de manutenção, estão ligeiramente ligados ao excesso de cargas transportadas pelas rodovias. Por isso a busca incessante por tecnologias de pavimentação que garantam a qualidade, durabilidade e mitigação de manutenção preventiva e corretiva nas rodovias.

De acordo com Pereira (2009), o pavimento de concreto oferece várias vantagens em comparação com outras soluções existentes. Entre essas vantagens estão uma maior vida útil, baixo custo de operação e manutenção, custo inicial competitivo, economia de energia e combustível, resistência ao fogo,

menor área de frenagem e maior segurança para os usuários. Além disso, o pavimento de concreto tem uma relação amigável com o meio ambiente.

Segundo Pereira (2009), os benefícios da aplicação de pavimentos em betão incluem uma elevada resistência à deformação, uma distribuição eficaz das tensões, maior resistência ao desgaste, aderência superior dos pneus e excelente capacidade de reflexão, ideal para a condução durante a noite. Para além disso, proporciona uma taxa de segurança elevada, com um menor risco de aquaplanagem devido à sua melhor aderência, e uma vida útil de cerca de 30 anos, mais do dobro em comparação com o pavimento asfáltico. Adicionalmente, o pavimento rígido em concreto necessita de menos intervenções de manutenção ao longo da sua vida útil.

Andrade (2005) argumenta que o pavimento rígido em concreto é especialmente recomendado para vias de tráfego pesado e corredores de ônibus (BRT) devido à sua excepcional durabilidade e resistência. Apesar de um custo inicial mais elevado em comparação ao pavimento asfáltico, estima-se um acréscimo médio de cerca de 30% nos custos. No entanto, essa diferença é compensada pela longevidade do pavimento de concreto, que demanda menos manutenção ao longo do tempo. Isso ajuda a prevenir problemas frequentes em pavimentos asfálticos sujeitos a alto tráfego, como deformações nas trilhas de rodas e deslocamentos laterais.

Vias de tráfego pesado são aquelas destinadas a suportar o tráfego de veículos pesados, como caminhões e ônibus, que exercem cargas mais elevadas sobre o pavimento em comparação com veículos de passeio. Essas vias são projetadas com uma estrutura de pavimento adequada para resistir às cargas intensas e manter a segurança e a durabilidade ao longo do tempo (Manual de Projeto Geométrico de Rodovias, DNIT).

A utilização do pavimento de concreto para vias de tráfego pesado apresenta diversas vantagens significativas, consolidando-se como uma escolha estratégica e sustentável na infraestrutura rodoviária. As principais vantagens incluem:

Durabilidade e Vida Útil Prolongada: Pavimentos de concreto possuem uma longa vida útil, geralmente superior a 20 anos, com menos necessidade de

manutenção frequente. Isso resulta em menor interrupção do tráfego e redução de custos a longo prazo.

Resistência a Cargas Pesadas: Devido à sua alta resistência, o pavimento de concreto é particularmente adequado para suportar cargas pesadas e volumes de tráfego intenso, minimizando deformações e a necessidade de reparos frequentes.

Baixo Custo de Manutenção: Comparado com pavimentos asfálticos, o concreto requer menos intervenções de manutenção, o que significa menores custos operacionais e menos interrupções para os usuários da via.

Segurança e Conforto: O pavimento de concreto oferece uma superfície de rodagem uniforme e resistente ao deslizamento, melhorando a segurança dos veículos, especialmente em condições climáticas adversas. Além disso, reduz o risco de formação de trilhas de roda e outros tipos de deformação que podem comprometer a segurança.

Sustentabilidade: O concreto é um material reciclável e a sua produção pode incorporar materiais reciclados, como escória de alto-forno e cinzas volantes, contribuindo para a sustentabilidade ambiental.

Resistência ao Calor e ao Fogo: O pavimento de concreto é altamente resistente ao calor, não deformando em altas temperaturas, e possui boa resistência ao fogo, o que é benéfico em caso de acidentes com veículos que transportam materiais inflamáveis.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para uma boa, segura e confortável trafegabilidade nas rodovias é imprescindível, que se tenha uma ótima pavimentação, o que reduz também o tempo de viagem e a probabilidade de ocorrência de acidentes para os usuários. O objetivo na implantação de um pavimento de boa qualidade é em garantir a segurança e satisfação do condutor ao trafegar pelas rodovias. No entanto para execução deste serviço, a engenharia precisa trabalhar de forma a reduzir os custos, garantindo a sua qualidade.

Sendo pouco utilizada em nossa região, a pavimentação rígida precisa ser fomentada junto aos órgãos público, para que seja uma opção estrutural nas

rodovias do país, de forma duradoura e segura. Com uma vida útil elevada, aliada a baixa necessidade de manutenção, a pavimentação rígida tem um custo benefício atraente, o que viabiliza economicamente a utilização deste método.

Em conclusão, as vantagens do pavimento de concreto para vias de tráfego pesado, como durabilidade, resistência, baixo custo de manutenção, segurança e sustentabilidade, fazem dele uma solução eficiente e econômica para garantir a qualidade e a longevidade das infraestruturas rodoviárias. Essas características tornam o pavimento de concreto uma escolha superior para atender às exigências dos transportes modernos e intensos, contribuindo significativamente para a eficiência do sistema viário e a segurança dos usuários Andrade (2005).

É evidente, por tanto, que por se tratar de pavimento rígido, teremos um aumento na capacidade de carga superior ao pavimento flexível, uma redução nos custos durante sua vida útil, tornando o Estado menos onerado, a sua aplicação melhora ainda a segurança e reduz avarias nos veículos que utilizam as vias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBANO, João Fortini, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Cartola - **Agência de Conteúdo (Especial para o Terra)**. 2012

ANDRADE, T. **Tópicos sobre durabilidade do concreto**. In: Concreto: ensino, pesquisa e realizações. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto, 2005. Cap. 25.

ABCP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND,

<https://abcp.org.br/cimento/aplicacoes-do-cimento/>

Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 6118 – **Projetos de Estruturas de Concreto**

Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 5732, **Cimento Portland comum**, Rio de Janeiro, 1980.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 5735, **Cimento portland de alto-forno**; Rio de Janeiro, 1980.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 5736, **Cimento portland pozolânico**; Rio de Janeiro, 1980.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 7211, **Agregados para concreto**; Rio de Janeiro, 1983.

Associação Brasileira De Normas Técnicas – NBR 7480. **Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado**; Rio de Janeiro, 1982.

Associação Brasileira De Normas Técnicas NBR 5738. **Confecção e cura de corpos-de-prova de concreto cilíndricos ou prismáticos**; Rio de Janeiro, 1980.

Associação Brasileira De Normas Técnicas NBR 7583. **Execução de pavimentos de concreto por processo mecânico; projeto de revisão da NB-50**. Rio de Janeiro, 1984.

Associação Brasileira De Normas Técnicas NBR 7182 Solo; **ensaio normal de compactação**; NBR 7182. Rio de Janeiro, 1982.

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

BERNUCCI, L.B.; MOTTA, L.M.G.; CERATTI, J.A.P.; SOARES, J.B.

Pavimentação asfáltica: Formação básica para engenheiros. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2008.

BRASILEIRO DO CONCRETO (IBRACON). **Seminário sobre controle da resistência do concreto**, São Paulo, 27 de junho a 2 de julho de 1983.

BUCHER, Hans Roman Edmundo & RODRIGUES, Púlio Penna Firme.

Correlações entre as resistências mecânicas do concreto. In: INSTITUTO

BUCHER, Hans Roman Edmundo. **Método de dosagem de concreto para pavimentos**. São Paulo, ABCP, 1984. (ET-73).

Cimento portland de alta resistência inicial; NBR 5733. Rio de Janeiro, 1980.

Considerações sobre a cura de pavimentos de concreto em climas quentes. São Paulo, ABCP, 1981.

Determinação da abrasão “Los Angeles” de agregados; NBR 6465. Rio de Janeiro, 1980.

DNER – EM 037/97 – **Agregados Graúdos para Concreto e Cimento**
DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de transportes. **Manual de Pavimentos rígidos. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2005.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de transportes. **Manual de Pavimentação Diretoria de Planejamento e Pesquisa**. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. 3ª ed. Rio de Janeiro, 2006.

PEREIRA, D. da S. **Estudo do comportamento de pavimentos de concreto simples em condições de aderência entre placa de concreto e base cimentada ou asfáltica**: Tese de doutorado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo 2003.

PEREIRA, J. A. **O pavimento de concreto em relação a outras soluções existentes.** 2009.

PITTA, Márcio Rocha. **Dimensionamento dos pavimentos rodoviários de concreto.** 5.ed.rev.atual. São Paulo, ABCP, 1983. (ET-14).

Projeto de juntas em pavimentos rodoviários de concreto. 4.ed.rev.atual. São Paulo, ABCP, 1983. (ET-13)

Projeto de sub-bases para pavimentação de concreto. 2.ed. São Paulo, ABCP, 1983. (ET-29).

SENÇO, Wlastermiler. **Manual de técnicas de pavimentação, volume II.** p 642, 2001.

<https://abcp.org.br/pavimento-de-concreto-e-alternativa-para-a-melhoria-das-estradas-brasileiras/>