



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA
BACHARELADO ENGENHARIA CIVIL**

**BRAYAN RODRIGUES CRISTIANO
RODRIGO DIAS MAIA**

PAVIMENTOS RIGIDOS EM RODOVIAS

**DOCTUM – MINAS GERAIS
2014**

**BRAYAN RODRIGUES CRISTIANO
RODRIGO DIAS MAIA**

PAVIMENTOS RIGIDOS EM RODOVIAS

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Instituto Doctum de Educação e Tecnologia, como parte das exigências para conclusão do curso de Graduação em Engenharia Civil e como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Pavimentação.

Orientador: Prof. João Moreira de Oliveira Junior

**DOCTUM – CARATINGA
2014**

AGRADECIMENTOS

Em poucas palavras, preciso agradecer aqueles que me deram força pra acreditar e lutar por este sonho. Agradeço a Deus, nada acontece sem que Ele queira. Aos Meus pais Gilson e Rosângela por me apoiarem nesta árdua e longa caminhada. Minha irmã Brena pelo companheirismo, minha sobrinha Vitória por tornar meus dias mais alegres. Aos meus avos Ivani e Onofre que além de ser meu porto seguro, acreditaram o tempo todo em mim.

Agradeço a minha querida Vó Eva pela sabedoria que me passa a cada conversa na varanda. Não contenho as lágrimas ao pensar naqueles que me inspiraram como uma força inexplicável, obrigado por me guardarem ai de cima Vô Gercino e Tio Antonio.

A minha noiva Milena obrigado pelo apoio e cumplicidade. A todos os familiares e amigos que contribuíram imensamente para a superação desta fase. E finalmente aqueles que tornaram essa caminhada mais divertida Walter, Sara, Henrique, Claudemir e Rodrigo, vocês fazem parte desta conquista.

Brayan Rodrigues Cristiano

AGRADECIMENTOS

Foram anos de desafios, aprendizado e amadurecimento. Uma etapa da minha vida foi concluída e olhando esse momento, vejo que tudo que passei, estudei e trabalhei me prepararam e fortaleceram para as futuras batalhas que me aguardam. Agradeço à minha mãe MARLENE, por ficar ao meu lado em todos os momentos, demonstrando seu amor incondicional, pelos conselhos que me guiaram e continuarão a me guiar por toda a vida. Te amo! Aos meus anjos GERALDO e GABRIEL...viver no coração dos aqui ficam, não é partir! Amo vocês! Aos meus Avós, pelo exemplo de vida, sabedoria e presença constante em meu coração. À toda minha Família e amigos, por proporcionarem momentos alegres e renovadores, foram essenciais para chegar até aqui. Na prática pude aprender com referências profissionais que me ensinaram com ética o que é ser ENGENHEIRO. Por fim agradeço a Deus por tudo que sou e conquistei até hoje.
Muito obrigado.

Rodrigo Dias Maia.

RESUMO

A necessidade de construção e conservação de estradas foi surgindo com o passar do tempo. Esses acessos sofrem desgastes ao longo dos anos, tornando a sua manutenção imprescindível. A pavimentação tem como meta proporcionar um tráfego confortável e seguro, com estruturas e materiais capazes de suportar os esforços decorrentes da ação do tráfego combinadas com as ações climáticas, a um mínimo custo operacional e de manutenção ao longo dos anos. A pavimentação rígida tem um custo-benefício atraente, pois a pequena necessidade de manutenção somada com maior período de vida útil do pavimento, viabiliza financeiramente este método, permitindo assim o fluxo constante de veículos por um maior período. Fica nítido que o custo inicial de cerca de 30% mais alto, não justifica o descarte desta metodologia, tendo em vista que seu período de vida útil é muito superior ao de outras técnicas utilizadas.

Palavra-chave: Pavimentação, Pavimento Rígido, Pavimento Flexível.

ABSTRACT

The need for construction and maintenance of roads has emerged over time. These accesses suffer wear over the years , making its essential maintenance. Paving aims to provide a comfortable and secure traffic with structures and materials capable of supporting the efforts resulting from the action of traffic combined with climate actions, a minimal operating and maintenance costs over the years. The rigid pavement has an attractive cost -effective because the small maintenance needs coupled with increased shelf-life of the pavement, financially viable this method, thus allowing the constant flow of vehicles for a longer period . Is clear that the initial cost of about 30 % higher, does not justify discarding this methodology, considering that their shelf and far superior to other techniques used life.

Keyword : Flooring , Hard Floor , Flexible Floor.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 8 |
| 2. História da pavimentação. | 9 |
| 2.1 História da pavimentação no Brasil..... | 11 |
| 2.2 Definições de Pavimento..... | 12 |
| 2.3 Estruturas do pavimento..... | 13 |
| 3 Tipos de pavimentos | 15 |
| 3.1. Semi-Rígido..... | 15 |
| 3.2 Flexível..... | 16 |
| 3.3 Rígidos | 18 |
| 4 Pavimento rígido (concreto) | 21 |
| 4.2 Tipos de pavimentos de concreto | 22 |
| 4.2.1 Pavimento de concreto simples (PCS)..... | 22 |
| 4.2.2 Pavimento de concreto armado (PCA)..... | 23 |
| 4.2.3 Pavimento de concreto com armadura contínua (PCAC) | 24 |
| 4.2.4 Pavimento de concreto protendido (PCPRO)..... | 24 |
| 4.2.5 Pavimento de concreto pré-moldado (PCPM) | 26 |
| 4.2.6 Whitetopping (WT)..... | 26 |
| 4.2.7 Whitetopping Ultradelgado (WTUD)..... | 27 |
| 5 Execução da Obra..... | 29 |
| 5.1 Materiais Utilizados..... | 30 |
| 5.1.1 Agregados..... | 31 |
| 5.1.2 Cimento Portland | 31 |
| 5.1.3 Água..... | 32 |
| 5.1.4 Aditivos e adições..... | 32 |
| 5.1.5 Selantes de Juntas | 33 |
| 5.1.6 Aço..... | 33 |
| 5.2 Metodologias de dimensionamento de pavimento rígido..... | 34 |
| 5.3 Vantagens..... | 35 |
| 6 Pavimento flexível X Pavimento rígido | 37 |
| 7 Curiosidade | 40 |
| CONCLUSÃO..... | 41 |
| REFERÊNCIAS | 42 |

*“Há os que se queixam do vento. Os que
Esperam que ele mude. E os que procuram
Ajustar as velas.”*

William G. Ward

1. INTRODUÇÃO

O ser humano, a fim de obter melhor acesso às áreas cultiváveis e às fontes de madeira, rochas, minerais e água, além do desejo de expandir sua área ou território de influencia, criou o que chamamos de estradas. Naquela época já havia o entendimento de que as rodovias faziam parte de uma sociedade desenvolvida.

A necessidade de construção e conservação de estradas, foram surgindo com o passar do tempo. Essas estradas sofrem desgastes ao longo do tempo, e a falta de manutenção e reforma das mesmas, tem causado inúmeros transtornos a sociedade, dificultando o escoamento da produção e tráfego de veículos em geral. Esses desgastes são causados também pela má execução do pavimento e ações climáticas.

Com o desenvolvimento acelerado, a necessidade de transportar cargas cada vez mais pesadas exigiu também que os pavimentos sejam mais resistentes, por isso a necessidade de utilizar novas técnicas. Atrás de uma pavimentação que supra todas essas necessidades, foram feitas pesquisas através de livros, artigos científicos e obras regionais, para um mapeamento das patologias, verificando o desempenho de cada tipo de pavimento.

A pavimentação tem como meta proporcionar um tráfego confortável e seguro, com estruturas e materiais capazes de suporta os esforços decorrentes da ação do trafego combinadas com as ações climáticas, a um mínimo custo operacional e de manutenção ao longo dos anos. Nesse aspecto existe a verdadeira arte e a ciência da engenharia civil na pavimentação, que descobriu o concreto de cimento Portland para a execução e o cumprimento de tal empreitada.

Neste trabalho serão abordadas as características estruturais de cada pavimento, incluindo seus tipos modo de execução, materiais utilizados para execução do serviço, comparação entre métodos e desempenho de cada pavimento.

REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2. HISTÓRIA DA PAVIMENTAÇÃO.

As lembranças mais remotas de pavimentação provém da China, país que as inventou. Bem mais tarde, os romanos aperfeiçoaram as estradas instalando pavimentos e drenagem, com o intuito de torná-las duradouras. Segundo autores alemães durante a fase áurea da Roma, mais de oitenta mil quilômetros de estradas foram construídas, permitindo aos dominadores o transporte de legiões militares, e o acesso a bens disponíveis nos longínquos territórios dominados. Os romanos também procuraram estabelecer rotas por terra mais racionais, para galgar montanhas e atingir os principais portos no mediterrâneo, combinando meios de transportes da maneira mais eficiente que seus estrategistas poderiam conceber (BALBO, 2007, p. 23).

Tamanho foi a importância desses caminhos pavimentados para a sociedade romana que, na época áurea de Otávio Augusto (30 a.C.a 14 d.C.), por solicitação do Senado e da população do Império, o senhor de Roma era responsável pelo direito pela manutenção das grandes vias de circulação, e serviço de extrema necessidade para estabilidade política, econômica, militar, e, sobretudo para a agricultura como atividade econômica (ROSTOVTZEFF, 1983).

No final do século XVIII, por iniciativa do governador da capitania de São Paulo, Bernardo Jose de Lorena, e sob a supervisão de engenheiros da Escola de Fortificações de Lisboa, foi construída a primeira estrada pavimentada no País, tratada sob vários aspectos com base em preceitos de engenharia, que receberia a alcunha de seu idealizador: a Calçada do Lorena, que ligava o Planalto Paulista ao porto de Santos (BALBO, 2007, p. 24).

Os egípcios estavam entre os primeiros povos a dar aos caminhos abertos uma verdadeira forma de via, construindo drenos laterais e executando ate mesmo, ainda que primariamente, a pavimentação (CORINI, 1947).

Já no final do século XIX, o uso crescente das vias pelos veículos tracionados mecanicamente trouxe à tona as diversas deficiências da utilização pura e simples de camadas granulares em pavimentos, como propunham franceses e ingleses cem anos antes (BALBO, 2007, p. 23).

Na década de 1920, o advento da Mecânica dos Solos deu grande impulso às pesquisas aplicadas à pavimentação, em especial por pesquisadores ligados a universidades e a agências viárias Americanas. Entre 1922 e 1929, O. J. Porter, engenheiro do California Division of Highways, realizou pesquisas que permitiram definir algumas das principais causas da ruptura dos pavimentos flexíveis apresentando, então, a primeira curva empírica para dimensionamento com base em critério de resistência ao cisalhamento do subleito indiretamente obtida pelo ensaio do California Bearing Ratio (CBR) – Índice de Suporte Californiano. Na mesma época e local, estabelecia-se o ensaio de Proctor (nome em homenagem ao autor) para a compactação de solos. Tais trabalhos geraram frutos inimagináveis anos mais tarde, em especial nos critérios de pavimentos asfálticos e flexíveis estabelecidos pelo U.S. Army Corps of Engineers (USACE) (BALBO, 2007, p. 24).

Nos anos 1950, foi concebido um grande plano de pavimentação nos Estados Unidos, para a ligação entre os Estados americanos de cidades de médio e grande porte, denominado Interstate System, que culminou no planejamento dos experimentos realizados pela AASHO (atual AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials). Os engenheiros da AASHO, congregando representantes de todos os Estados, conceberam uma pesquisa sobre o desempenho de pavimentos, compreendendo seis pistas experimentais com dezenas de seções de pavimentos, empregando diversos tipos de materiais de construção (tratou-se de a maior pesquisa já realizada, sendo inclusive integrada ao Museu Smithsonian, em 2004) (BALBO, 2007, p. 25).

Em 1966, a Portland Cement Association dos Estados Unidos oferecia à comunidade rodoviária seu método de dimensionamento de pavimentos de concreto simples (placas), sem barras de transferência de cargas em juntas, fundamentado nos modelos analíticos de Westergaard e na experimentação à fadiga do concreto. Tal método seria reformulado posteriormente; em 1984, a PCA publicava no critério para cálculo de tensões de tração na flexão em placas de concreto, desta vez baseado no método dos elementos finitos e considerando a presença de barras de transferência de cargas em juntas; além disso, introduzia o modo de danificação por erosão de camadas granulares em bases, com fundamento empírico, até mesmo sobre resultados de desempenho verificados na AASHO Road Test (BALBO, 2007, p. 27).

2.1 História da pavimentação no Brasil

No Brasil, no governo de Mem de Sá, uma das primeiras estradas pavimentadas teve seu início em 1560 e ficou conhecida como Estrada do Mar, ligando São Vicente ao planalto de Piratininga (BERNUCCI et al, 2008, p.9).

Em meados do século XX, era comum o emprego da expressão “macadamizar” significando a execução de camada de macadame hidráulico ou betuminoso sobre os subleitos, pavimentando mesmo que primariamente para os padrões atuais, as estradas de terra. A primeira experiência de expressivo porte no país durante o século XX, considerando as extensões pavimentadas e as condições geométricas gerais da rodovia, bem como a existência de registros precisos sobre a obra, ocorreu na construção do Caminho do Mar, de São Paulo a Cubatão (BALBO, 2007, p. 28).

Em 1927 a estrada entre as cidades do Rio de Janeiro e Petrópolis é pavimentada com o uso do cimento Portland, iniciando neste período o emprego do pavimento rígido no país. Documentos relatam que em 1938, na região Nordeste, inicia-se a construção da atual BR 232 ligando Recife a Caruaru, em seguida, nos anos 50, tem início a construção da BR 324 no trecho do estado da Bahia (BALBO, 2007, p. 29).

Outras tantas estradas marcaram a história da pavimentação no Brasil. A rodovia Presidente Castelo Branco (1967) e a Rodovia Imigrantes (1973) refletem bem a grandeza das obras de infraestrutura e pavimentação nesse período (século XX) (BALBO, 2007, p. 29).

Na década de 90, final do século XX e início do século XXI, o Brasil tem procurado alternativas técnicas que permita ampliar e melhorar as condições de trafegabilidade, executando rodovias mais duráveis e seguras, através de um processo de concessão à iniciativa privada. Essa alternativa é bastante discutida e questionada, contudo, não será objeto de aprofundamento nesse trabalho (BALBO, 2007, p. 45).

A construção da atual BR 232, do Recife a Caruaru, iniciou-se em 1938. No estado Pernambuco em especial a sua capital grande quantidade de pavimento de concreto foi construída desde a década de 1950, muitos deles em serviços até hoje, sem problemas estruturais graves.

Na década de 1940, com a inspiração das autobahem alemãs e nas autostrade italianas, construídas na década de 1930 deu se inicio a construção da via Anhanguera e via Anchieta no estado de São Paulo, as primeiras auto-estradas do Brasil sendo utilizadas novamente técnicas de pavimentação em concreto de cimento portland, como era comum na Alemanha daqueles anos. Os estudos para tais rodovias (de fato, as primeiras auto-estradas nacionais) dataum de 1934, logo após a criação do Departamento de Estradas de Rodagem do estado e São Paulo. Em 1939 iniciou-se a construção da via Anchieta; em 1940, da via Anhanguera, cujo o primeiro trecho pavimentado, em concreto, foi inaugurado e abril de 1948 (São Paulo - Jundiaí). O trecho Jundiaí – Campinas, com revestimento asfáltico, foi inaugurado em 1950 (BALBO, 2007, p. 46).

2.2 Definições de Pavimento

Segundo Francisco José d'Almeida Diogo (2008), Pavimento é um revestimento sobre uma superfície; formado por camadas de diferentes características; destinado a distribuir cargas sobre um plano subjacente; apresentando uma superfície adequadamente resistente à abrasão, com textura e declividade capazes de oferecer segurança e conforto à circulação de seres vivos ou máquinas (veículos).

O Pavimento é uma superestrutura constituída por um sistema de camadas de espessuras finitas, assentadas sobre um semi-espaço considerado teoricamente como infinito (infra-estrutura ou terreno de fundação) a qual é designada de subleito (manual do DNIT, 2006, p.11).

O pavimento é uma estrutura não perene, composta por camadas sobrepostas de diferentes materiais compactados a partir do subleito do corpo estradal, adequada para atender estrutural e operacionalmente ao tráfego, de maneira durável e ao mínimo custo possível, considerados diferentes horizontes para serviços de manutenção preventiva, corretiva e de reabilitação, obrigatórios (BALBO, 2007, p. 29).

Estrutura de múltiplas camadas construída sobre a terraplenagem e destinada, técnica e economicamente, a resistir aos esforços oriundos do tráfego e a melhorar as condições de rolamento (ANDRADE, 2005)

2.3 Estruturas do pavimento

Leito: É a superfície do sub-leito (em área) obtida pela terraplanagem ou obra de arte e conformada ao greidee seção transversal (manual do DNIT, 2006, p.52).

Regularização do sub-leito (Nivelamento): É a operação destinada a conformar o leito, transversal e longitudinalmente. Poderá ou não existir, dependendo das condições do leito. Compreende cortes ou aterros até 20 cm de espessura (manual do DNIT, 2006, p.52).

Reforço do sub-leito: É a camada de espessura constante transversalmente e variável longitudinalmente, de acordo com o dimensionamento do pavimento, fazendo parte integrante deste e que, por circunstâncias técnico-econômicas, será executada sobre o subleito regularizado. Serve para melhorar as qualidades do subleito e regularizar a espessura da sub-base (manual do DNIT, 2006, p.52).

Sub-base: Camada complementar à base. Deve ser usada quando não for aconselhável executar a base diretamente sobre o leito regularizado ou sobre o reforço, por circunstâncias técnico-econômicas. Pode ser usado para regularizar a espessura da base (manual do DNIT, 2006, p.52).

Nos pavimentos rígidos também são feitas as operações de regularização do subleito e reforço, quando necessário. A camada de sub-base tem o objetivo de evitar o bombeamento dos solos do subleito. A placa de concreto de cimento tem a função de servir ao mesmo tempo como base e revestimento.

Base: Camada destinada a resistir e distribuir ao sub-leito, os esforços oriundos do tráfego e sobre a qual se construirá o revestimento.

Revestimento: É camada, tanto quanto possível impermeável (exceto as CPA), que recebe diretamente a ação do rolamento dos veículos e destinada econômica e simultaneamente:

- a melhorar as condições do rolamento quanto ao conforto e a segurança;
- a resistir aos esforços horizontais que nele atuam, tornando mais durável a superfície de rolamento. Deve ser resistente ao desgaste. Também chamada de capa ou camada de desgaste.

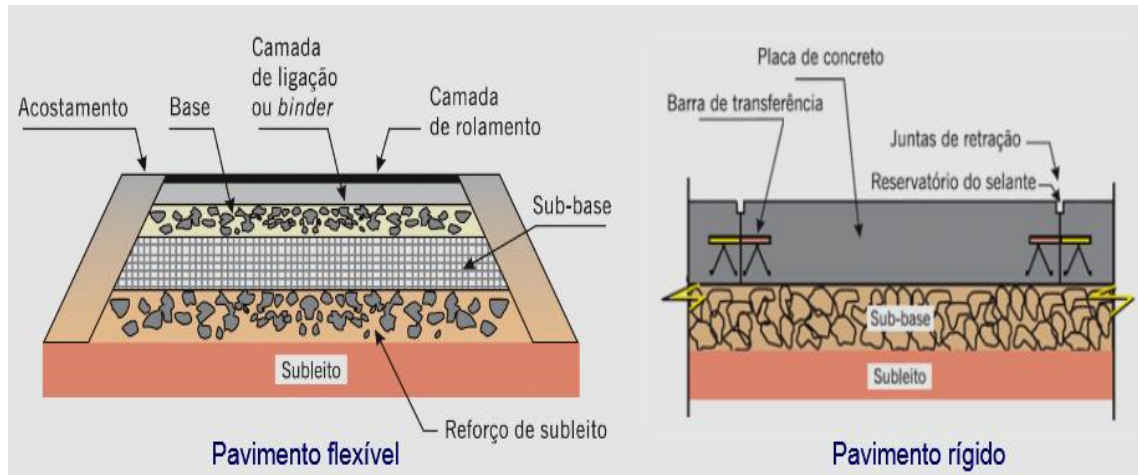


Figura 1. Estruturas dos pavimentos

Fonte: (ESTUDO COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO RÍGIDO E FLEXÍVEL, 2008)

Como ilustrado na figura acima, o pavimento flexível é composto por: subleito, reforço de subleito, sub-base, base, camada de ligação ou blinder e camada de rolamento ou revestimento. Já o pavimento rígido é composto apenas por: subleito, sub-base e placa de concreto.

3. TIPOS DE PAVIMENTOS

3.1 Semi-Rígido

Pavimento semi-rígido: revestido de camada asfáltica e com base estabilizada quimicamente (cal, cimento).



Figura 2. Pavimento semi-rígido
Fonte: (TT 051 PAVIMENTAÇÃO, sd.)

No Reino Unido, Croney e Croney (1991) não apresentam a expressão “pavimento semi-rígido” como diferenciador de estruturas clássicas de pavimentos; usam apenas os termos “rígidos”, que obriga a presença de revestimento em concreto de cimento Portland, e “flexível”, que sempre comportaria um revestimento asfáltico, de modo que o uso de um deles elimina a hipótese restante. Os pavimentos seriam, então, ou flexíveis ou rígidos.

Yoder e Witczak (1975), nos EUA, também se restringem aos termos rígido e flexível, apresentando definições similares de tal sorte que, ao tentar-se produzir um texto acadêmico ou em discussão no meio profissional, tratando-se, por exemplo, de um pavimento do tipo composto ou semi-rígido, dadas as definições desses dois clássicos da literatura internacional, resente-se a ausência de um sólido apoio, parecendo que outros conceitos são intangíveis ou não correspondem a algo real, encaminhando-se a questão a reducionismos típicos.

3.2 Flexível

Pavimento Flexível: É aquele em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas. Os revestimentos betuminosos são constituídos por associação de agregados e materiais betuminosos (Manual do DNIT, 2006, p.23).

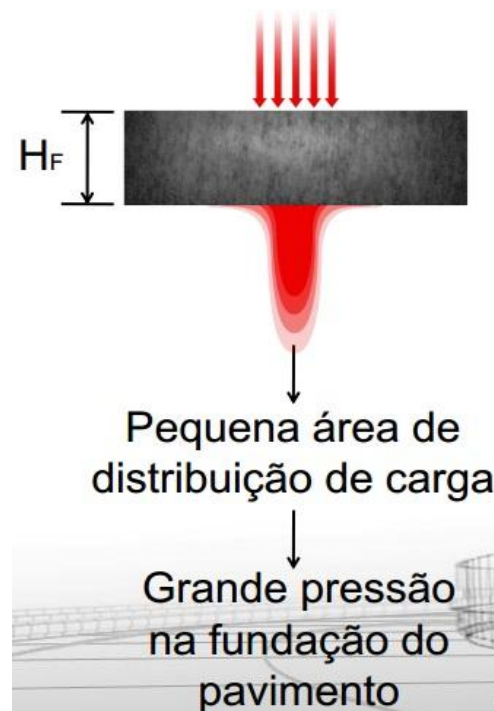


Figura 3. Distribuição de carga dos pavimentos flexíveis
Fonte: (Associação Brasileira de Cimento Portland, sd.)

Os pavimentos flexíveis são aqueles que são revestidos com materiais betuminosos ou asfálticos. Estes podem ser aplicados como tratamentos da superfície do pavimento, tais como Tratamentos Superficiais Duplos ou Triplos (TSDou TST) utilizados geralmente em estradas de volume mais baixo, ou camada(s) de misturas asfálticas, geralmente Concretos Betuminosos Usinados a Quente (CBUQ) em vias de volume mais elevado. Estes tipos de pavimentos são chamados "flexíveis", uma vez que a estrutura do pavimento "flete" devido às cargas do tráfego. Uma estrutura de pavimento flexível é composta geralmente de diversas camadas de materiais que podem acomodar esta flexão da estrutura (GUIMARÃES, 2011, p.22)

Variando de oito a 12 anos de duração, o pavimento flexível é composto por cimento asfáltico. Sobre base e sub-base de britas, é colocada a mistura de areia, brita e cimento asfáltico, popularmente conhecida como asfalto. A espessura do revestimento pode ser de 5, 15 ou 20 centímetros, também de acordo com o fluxo de veículos. O excesso de peso dos caminhões, assim como chuva em demasia, pode diminuir o tempo de vida do material, o asfalto é feito para durar cerca de 10 anos, mas, devido à falta de manutenção, resiste, muitas vezes, seis anos (GUIMARÃES, 2011, p.22)

O pavimento flexível utiliza um maior número de camadas e distribui cargas para uma área menor do subleito.



Figura 4. Esquema de camadas dos pavimentos flexíveis
Fonte: (Associação Brasileira de Cimento Portland, sd.)



Figura 5. Pavimento flexível.
Fonte: BRAYAN RODRIGUES (2014).

3.3 Rígidos

Os pavimentos rígidos são compostos de um revestimento constituído por placas de Concreto de Cimento Portland (CCP). Tais pavimentos são substancialmente "mais rígidos" do que os pavimentos flexíveis, devido ao elevado Módulo de Elasticidade do CCP (ABCP, 2009, p.4).

Eventualmente estes pavimentos podem ser reforçados por telas ou barras de aço, que são utilizadas para aumentar o espaçamento entre as juntas usado geralmente ou promover reforço estrutural. Cada um destes tipos do pavimento distribui a carga para o subleito de uma forma diferente. O pavimento rígido, devido ao elevado Módulo de Elasticidade do CCP, tende a distribuir a carga sobre uma área relativamente maior do subleito. A própria placa de concreto fornece a maior parte da capacidade estrutural de pavimento rígido (ABCP, 2009, p.8).

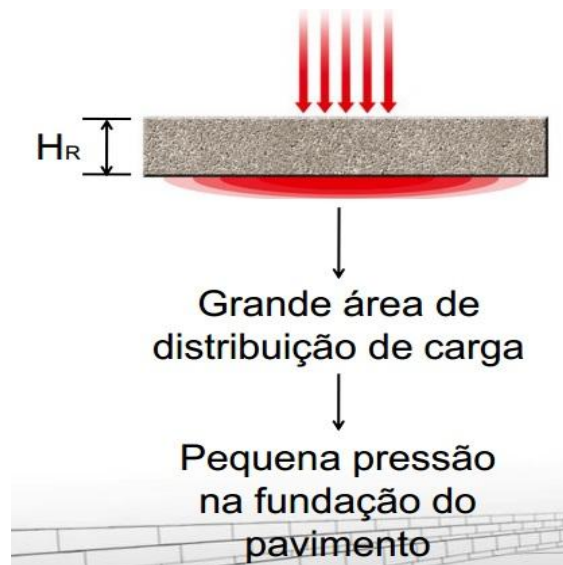


Figura 6. Distribuição de carga dos pavimentos rígidos.
Fonte: (Associação Brasileira de Cimento Portland, sd.)

O concreto de cimento, ou simplesmente "concreto" é constituído por uma mistura relativamente rica de cimento Portland, areia, agregado graúdo e água, distribuído numa camada devidamente adensado. Essa camada funciona ao mesmo tempo como revestimento e base do pavimento.

Pavimentos rígidos são feitos com placas de concreto colocadas sobre uma mistura de britas e cimento. Conforme o volume do tráfego, a espessura das placas varia. Tal calçamento resiste, em média, de 25 a 30 anos, em boas condições, se receber os cuidados necessários.

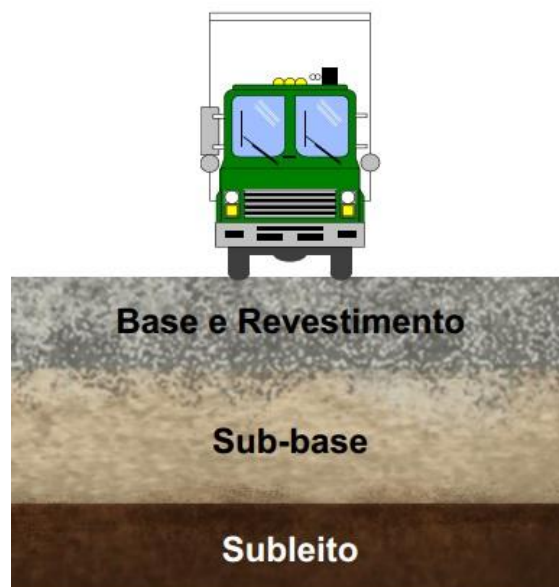


Figura 7. Esquema de camadas dos pavimentos flexíveis
Fonte: (Associação Brasileira de Cimento Portland, sd.)



Figura 8. Pavimento rígido.
Fonte: (www.panoramio.com/user/61971)

4. PAVIMENTO RÍGIDO (CONCRETO)

A utilização de pavimentos rígidos no Brasil se deu a necessidade da época de construir estradas de rodagens, supondo que as ferrovias já não bastavam para escoar a produção, Washington Luís foi o maior incentivador dessa idéia, teve como lema a frase “Governar E Abrir Estradas”, seu lema marcou historia no País, também dizia que, as estradas são semeadoras de cidades (ABCP, 2009, p. 13)

Washington Luís foi o responsável pela inicialização da construção de estradas de rodagens com o intuito de desenvolvimento de novas cidades, e escoar a produção difundindo o uso de veículo a motor, para que isso fosse possível era necessária a construção de rodovias adequadas aos automóveis, ao consultar o especialista da ABCP engenheiro Marcos Dutra, a escolha do pavimento em concreto ocorreu pela influencia dos pioneiros americanos, pois segundo eles o concreto era adequado a situações criticas como em trechos de aclive e declive além de boa durabilidade. Era o início da implantação de uma malha viária no país, espelhando-se no exemplo das autobahns Alemãs e das autoestradas Norte-Americanas. Essa técnica foi muito utilizada entre 1925 e 1950 (ABCP, 2009, p.16).

Nos anos de 1925 e 1926 o trecho da serra São Paulo – Santos da foi pavimentada em concreto. Sendo assim a primeira estrada com concreto América do Sul, para o traço foi utilizado o antigo macadame uma barrica de cimento para 1 m³ de pedra britada, 500 m³ de areia e 300 litros de água (ABCP, 2009, p.16).

No ano de 1927 foi criado o Fundo Especial para a Construção e Conservação das estradas de rodagem Federais. Que se tratava de uma taxa sobre a importação de gasolina, automóveis e caminhões, com a finalidade de manutenção e construção de estradas. Até meados da década de 50 à utilização de cimento portland na pavimentação era em grande escala, porem com a necessidade da construção civil a produção de cimento portland foi destinada a esta área, obrigando assim o setor de pavimentação buscar novas alternativas de material, nesta mesma época nos EUA surgia uma nova técnica que utilizava produtos betuminos resultando numa tecnologia de pavimentos flexíveis, o Brasil rapidamente se adaptou a esta tecnologia, pois os preços dos derivados de petróleo eram atraentes, isso fez com que o setor quase que exclusivamente utilizasse o emprego de pavimentação asfáltica. Que vem sendo utilizado até hoje em maior proporção.(PEREIRA, 2009, p. 34).

4.2 Tipos de pavimentos de concreto

Pavimentos de concreto são aqueles em que a camada de rolamento é elaborada em concreto e pode ser desenvolvido por diversas técnicas, apresentando suas características de projeto, execução, operação e manutenção.

4.2.1 Pavimento de concreto simples (PCS)

Esse é o tipo de placa mais arcaico em termos de tecnologia sendo muito empregado até meados dos anos 80. Por não apresentar armaduras, transfere à placa de concreto toda a responsabilidade de absorver os esforços de flexão e tração a qual está submetido. O piso em concreto simples é composto por placas que são separadas por juntas que controlam o fissuramento ocasionado pela retração, empenamento e dilatação térmica. Entre essas placas podem ser utilizadas barras de aço a fim de transferir esforços entre uma placa e outra (BALBO, 2007, p.29).

Segundo Oliveira (2000), a presença das barras de transferência é mais constante nos pisos de concreto simples usados no Brasil, sendo esse um fator importante na definição das dimensões das placas de concreto. Quando as barras de aço não são utilizadas consegue-se executar placas de concreto de até 20 centímetros de espessura, 6 metros de comprimento e 4 metros de largura. Já quando utilizam-se as mesmas pode-se chegar a placas de até 45 centímetros de espessura e 7 metros de comprimento e largura.

Apresenta resistência superior em relação a concretos para estrutura de edifícios, que combatem os esforços de tração na flexão gerados na estrutura, pois não possuem armaduras para esses esforços. A presença de juntas para controle da retração hidráulica é marcante e indispensável (BALBO, 2007, p.29).

O aço utilizado em PCS é para colocação das barras de transferências de cargas (BT) que são posicionadas nas juntas transversais de tal modo em que as cargas aplicadas sobre placa têm seus efeitos aliviados pelas BT, que transmitem parte dos esforços para a placa subsequente, fazendo com que as placas trabalhem solidariamente naquela região. Efeito este chamado de “transferência de carga”

ocorrendo em qualquer junta de pavimento de concreto em placas (BALBO, 2007, p.29).

Como este pavimento não possui armadura estrutural, atribui-se ao concreto a responsabilidade de suportar deformações de tração na flexão, não podendo ocorrer ruptura, caracterizada por fissuração, exigindo-se que o concreto trabalhe em regime elástico sendo responsabilizado por resistir aos esforços existentes. Sendo que ao excederem a resistência do concreto ocorrerá a danificação do pavimento por fadiga, ao longo do tempo (BALBO, 2007, p.30).

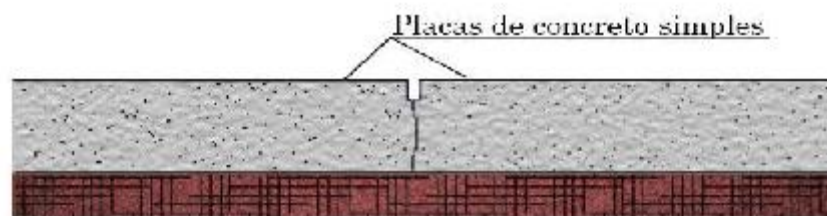


Figura 9. Placas de concreto simples
Fonte: (Oliveira, 2000)

4.2.2 Pavimento de concreto armado (PCA)

Esse tipo de piso associa a ótima resistência à compressão do concreto à ótima resistência à tração das barras de aço. Como resultados obtêm placas de concreto de menor espessura e de dimensões maiores em relação aos pisos de concreto simples e aos pisos com armadura de retração.

Esse perfil mostra a utilização de duas armaduras, a superior tem a função de controlar as fissuras oriundas da retração hidráulica enquanto a inferior se responsabiliza em dar resistência à tração para a placa. Como é comum em nossas construções, devido à condições logísticas, a concretagem do piso se dá em várias etapas subdividindo-o em placas. Com isso, faz-se necessário a utilização de juntas de transferência que vai dar ao piso um comportamento estruturalmente semelhante ao de uma placa de grande dimensão (BALBO, 2007, p.29).

A armadura na placa de concreto passa a controlar a ocorrência de fissuração de retração, especialmente de natureza hidráulica durante o processo de cura do concreto, logo as juntas transversais e longitudinais, podem ser projetadas

de modo mais espaçado definindo-se placas de maiores dimensões sem risco de fissuras de retração (BALBO, 2007, p.35).

Define-se a resistência do concreto, possivelmente em função da necessidade de durabilidade do concreto cuja a área superficial muito grande em pavimentos fica exposta a ação de chuvas, de descarga de elementos sólidos ou líquido nocivos a sua durabilidade e principalmente a abrasão causada por rodas de veículos.

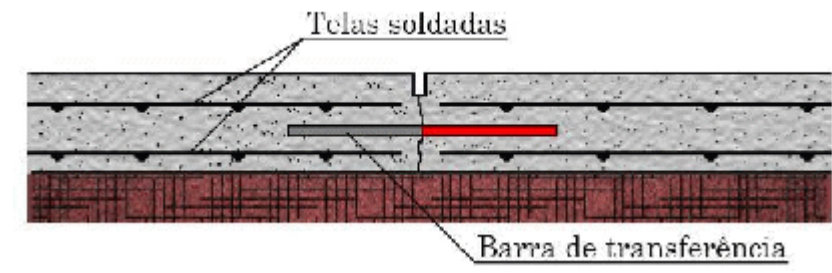


Figura 10. Placas de concreto armado
Fonte: (Oliveira, 2000)

4.2.3 Pavimento de concreto com armadura contínua (PCAC)

Concreto que tolera a fissuração de retração, transversalmente aleatoriamente. A armadura contínua, colocada pouco acima da armadura neutra na secção transversal da placa, cabe a tarefa de manter as faces fissuradas fortemente unidas. Não se executam juntas de contração nesses pavimentos, com exceção das construtivas (BALBO, 2007, p.30).

4.2.4 Pavimento de concreto protendido (PCPRO)

Neste caso permitem-se placas de grandes dimensões planas e com menores espessuras, trabalhando em regime elástico.

O pavimento de concreto protendido é constituído da presença simultânea de armaduras convencionais e de cordoalhas protendidas, é realizada uma protensão previa ou posterior nas barras de aço, criando-se esforços de compressão na estrutura antes mesmo de sua solicitação por cargas externas. Durante a atuação dos carregamento por veículos ou por efeitos ambientais, apenas ocorre tração no concreto protendido quando o esforço prévio de compressão é superado, permitindo

uma redução apreciável na espessura da placa, pela tolerância de maiores momentos fletores (BALBO, 2007, p.36).

Os PCPRO permitem a execução de grandes placas de concreto sem necessidade de juntas de contração, inclusive utilizando placas e espessuras inferiores as dos PCSs (BALBO, 2007, p.36).

PCPRO tem característica uma elevada resistência a compressão do concreto, pela necessidade de imposição de esforços primários de protensão em compressão. (BALBO, 2007, p.36).

O piso de concreto protendido utiliza-se de uma armadura que é tracionada por macacos hidráulicos sendo essa força transferida à placa de concreto por meio de ancoragens situadas nas extremidades.

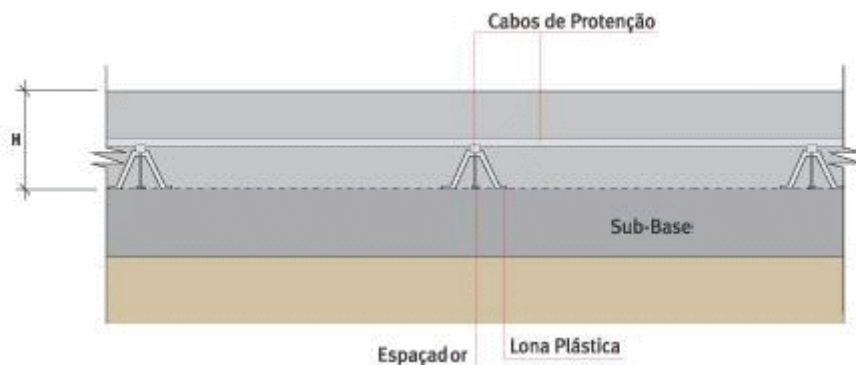


Figura 11. Placas de pavimento de concreto protendido
Fonte: (www.pisosindustriais.com.br)

A restrição ao encurtamento dos cabos tensionados, imposta pelas ancoragens, é responsável pela transmissão da carga de protensão para o concreto, resultando em uma força de compressão a qual deve eliminar ou reduzir os esforços de tração induzidos pelo carregamento, por gradientes de temperatura e pelo atrito da placa com a base. A aplicação da protensão permite que depois de atingido o limite elástico da placa, haja a redistribuição dos momentos fletores positivos, que por sua vez, acarreta no aumento progressivo do momento negativo (SENEFONTE, 2007, p.75).

O colapso da placa protendida pode ser definido também pelo seu limite plástico, caracterizado pelo aparecimento de fissuras na superfície do pavimento quando o momento negativo supera a resistência do concreto. A partir deste ponto, o incremento no carregamento conduz a uma ruptura frágil por puncionamento da placa (SENEFONTE, 2007, p.76).

Como resultado da utilização dessa tecnologia podemos obter a redução significativa do número de juntas, tendo placas com dimensões superiores a 100 m.

4.2.5 Pavimento de concreto pré-moldado (PCPM)

As placas de concreto pré-moldados atendem a necessidade de transporte. São normalmente fabricadas sob medidas, com elevado controle e precisão, para rápida substituição de placas em pavimentos de concreto deteriorados.

Essa aplicação é feita de duas maneiras distintas, na construção de novos pavimentos e na reparação de pavimentos preexistentes (BALBO, 2007, p.42).

Embora não seja o método mais barato as placas pré moldadas apresentam inúmeras vantagens, uma delas é a perfeita elaboração, nas medidas requeridas e nas mais favoráveis condições e cura o que diminui consideravelmente o surgimento de defeitos por processo de retração no concreto (BALBO, 2007, p.42).

Assegurando-se as condições de cura, é garantida a resistência mais elevada e concretos mais homogêneos e menores custos. Essas condições permitem economia no dimensionamento de espessura para essas placas.

Na execução de placas pré-moldadas é necessária a utilização de armaduras que são normalmente para suportar seu próprio peso durante as movimentações necessárias.

4.2.6 Whitetopping (WT)

O WT seja ele do tipo PCS ou PCA, é moldado diretamente sobre o pavimento preexistente, e indicado para vias urbanas e residenciais de baixo volume de tráfego, vias rurais, pavimentos industriais, pavimentos de aeroportos, essa tecnologia teve um grande incremento após a introdução de fibras de aço no mercado do concreto na construção civil (BALBO, 2007, p.37).

Consiste em uma nova camada de revestimento de um antigo pavimento seja ele asfáltico ou concreto, em que poderá ser PCS, PCA, PCAC, PCPRO ou PCPM, de acordo com a necessidade construtiva da situação.



Figura 12. Whitetopping

Fonte: (Laboratório de Mecânica de Pavimentos – EPUSP, sd)

4.2.7 Whitetopping Ultradelgado (WTUD)

O emprego do WTUD surgiu nos Estados Unidos da América no ano de 1991 quando, em setembro deste ano, a Associação das Concreteiras do Estado de Kentucky em parceria com a American Concrete Pavement Association (ACPA) aplicaram tal técnica próximo a um depósito de lixo na cidade de Louisville (BALBO, 2007, p.41).

O WTUD é um pavimento do tipo composto em que as placas de Concreto de Cimento Portland (CCP) trabalham de forma aderida ao Concreto Asfáltico (CA) existente. Justamente por tratar-se de um pavimento composto é que torna-se possível o emprego de placas ultradelgadas de CCP (BALBO, 2007, p.40).

São finas camadas de concreto, que apresenta uma alta resistência, executada sobre a antiga superfície asfáltica fresada, que atuam por flexão e deflexão, apresentando placas de pequenas dimensões. As juntas de contração são serradas com pequenos espaçamentos e utiliza-se concreto de alta resistência (BALBO, 2007, p.42).

Sendo por reforço de antigos pavimentos asfálticos com camadas ultradelgadas de concreto entende-se a moldagem de concreto com espessura não superior a 100mm sobre uma superfície asfáltica preexistente (BALBO, 2007, p.42).

A moldagem do concreto em pequena espessura sobre o revestimento asfáltico preexistente poderá ser executada por meio de duas alternativas: no sistema sobreposto e no sistema encaixado. Após algum tempo, o concreto assim moldado e serrado transversal e longitudinalmente, resultando em juntas pouco espaçadas em comparação com os pavimentos de concreto tradicionais (BALBO, 2007, p.40).



Figura 13. WhitetoppingUltradelgado
Fonte: (<http://sites.poli.usp.br/ptr/Imp/wtu.htm>)

5. EXECUÇÃO DA OBRA

1ª etapa: Subleito e Sub-base

Será executada de acordo com as especificações estabelecidas pelo DNIT, devendo ser mantida sua conformação geométrica até a ocasião da execução do pavimento de concreto. As placas de concreto são assentadas sobre uma sub-base, que é executada com um material de espessura pré determinada por projeto, que não poderá apresentar expansibilidade nem ser bombeável, que garantirá as placas um suporte uniforme ao longo do tempo (Manual do DNIT, 2006, p. 97).

O trabalho começa com a preparação e o reforço do subleito, nesta etapa é feito o controle de deformações causadas pelas cargas, verificando assim as condições de suporte das camadas de fundação do pavimento de concreto. Em seguida executa-se a sub-base, composta por uma camada de brita graduada simples (BGS), seguida de uma camada de concreto compactado com rolo (CCR). O concreto que será compactado com rolo, concluindo a sub-base é descarregado na vibro acabadora, podendo também ser diretamente no solo, com o uso de uma moto niveladora é feita a compactação e a cura (Da Silva, 2008, p. 51).

Durante o processo de execução o concreto compactado com rolo tem sua espessura e resistência compressão verificadas para garantir as especificações pré determinadas. Além da BGS e CCR a sub-base também pode ser de solo-cimento de brita graduada tratada com cimento (BGTC) ou até mesma da combinação de alguns desses elementos (Da Silva, 2008, p. 52).

2ª etapa: Execução do Pavimento de Concreto

O concreto é produzido numa central próxima ao canteiro de obras onde os caminhões basculantes são carregados. De grande capacidade de produção, a usina é informatizada, na maioria das vezes trata-se de uma usina móvel que está é instalada em um local mais adequado para acompanhar a obra. Para cada carga de concreto é realizado seu controle tecnológico (Da Silva, 2008, p. 52).

Já na obra uma equipe de topógrafos define o alinhamento e nivelamento eletrônico da máquina pavimentadora. As barras de transferência são montadas no próprio local e colocadas manualmente. As barras de ligação são colocadas pela

pavimentadora. O descarregamento do concreto é feito na frente da vibro-acabadora que dará a forma, o adensamento e o acabamento necessários. O desempenho da superfície acontece tanto de forma mecânica como manual. Depois vem a texturização para maior aderência e drenagem e a cura imprescindível para garantir a resistência e a durabilidade do concreto. A taxa de aspersão do produto de cura química é estabelecida por dados fornecidos por uma estação meteorológica portátil. O controle tecnológico do concreto é constante podendo também ser realizado em um laboratório móvel que acompanha a obra. O conforto de rolamento pode ser verificado com o emprego do perfuografo do tipo Califórnia (Da Silva, 2008, p. 53).

3ª Etapa: Corte e Selagem das Juntas

As placas de concretos são serradas em pontos definidos, criando juntas de três milímetros que permitem que as placas se movimentem sem danos umas às outras devido a variação térmica do ambiente que causa a refração e a dilatação. A parte superior da junta sofre um alargamento que é preenchido com um corpo de apoio e material selante capazes de absorver a movimentação das placas (BALBO, 2007, p. 183).

4ª Etapa: Sinalização

É feita a pintura das faixas de sinalização, concluindo assim os trabalhos. O pavimento estará pronto para receber o tráfego.

5.1 Materiais Utilizados

De acordo com o Manual de Pavimentação Rígida do DNIT (2005), os materiais relevantes a serem estudados e avaliados são os agregados, o cimento Portland, a água, os aditivos e os selantes, todos com a finalidade de garantir a qualidade do pavimento. É importante acrescentar, no entanto, o aço que, mesmo não sendo componente indispensável, é de grande importância em determinados pavimentos rígidos dependendo do projeto.

5.1.1 Agregados

Os agregados utilizados para a pavimentação em concreto exigem características diferenciadas para a excelênciado produto final, por isso existe grande rigorosidade em sua seleção e aplicação. Sendo assim, a escolha desses agregados e criteriosa e demanda a realização de diversos ensaios laboratoriais e empíricos visando averiguar a resistência a tração, fadiga e fissuração, a durabilidade perante as intempéries, as variações volumétricas, entre outras características de extrema importância para o emprego em pavimentos.

A seleção granulométrica das partículas é de grande preocupação devido ao fato de que há a necessidade de preenchimento de todos os vazios estruturais presentes no concreto para alcance de melhores respostas aos esforços propostos ao mesmo (GUIMARÃES, 2011, p.53).

Este agregado sempre estará interligado pela utilização do aglomerante hidráulico no caso cimento, portanto a reatividade e interligação com o mesmo também é levada em consideração no estudo (GUIMARÃES, 2011, p.53).

5.1.2 Cimento Portland

Existem diversos tipos de cimento, cada tipo de cimento tem suas características, como resistência, tempo de endurecimento e reatividade, são alterados ou incrementados para melhor atender as exigências a qual será empregado. Para a pavimentação, são indicados os cimentos portland comum, composto, de alto forno e pozolanico, não impedindo a utilização dos demais em casos necessários (GUIMARÃES, 2011, p.54).

A escolha do tipo dependera da resistência em projeto, do tempo disponiel que a pista estará liberada ao trafego, dentre outros fatores que podem privilegiar a utilização específica do cimento.

| Tipo | Denominação | Tipo Específico | Características |
|-------------|---------------------------|------------------------|--------------------------------------|
| CPI | Cimento Portland Comum | CPI | Sem adição |
| | | CPI – S | Com adição de materiais carbonáticos |
| CPII | Cimento Portland Composto | CPII – E | Com adição de escória |
| | | CPII – Z | Com adição de materiais pozolânicos |
| | | CPII – F | Com adição de materiais carbonáticos |

Tabela: 01. Características do CP.
Fonte: DNIT, 2005.

5.1.3 Água

A qualidade da água utilizada não influencia em grande escala nas características do concreto, a presença de algumas características na água pode vir a classifica-la como imprópria a utilização na construção de pavimentos.

A água utilizada para o amassamento e cura também merecem passar por um controle tecnológico relevante pois a presença de impurezas, e acidez pode comprometer a traço tornando inutilizável. É importante salientar a relevância da água na mistura para o concreto, haja vista que o cimento reage a partir da presença da mesma, caracterizando-o como um aglomerante hidráulico (GUIMARÃES, 2011, p.55).

5.1.4 Aditivos e adições

A utilização de aditivos é justificada pelas necessidades específicas de cada cenário em que o concreto é utilizado, garantindo características que suprem essas

necessidades para melhor execução possível da estrutura. Dentre as características geradas ou reforçadas que os aditivos garantem ao concreto estão:

- Melhor trabalhabilidade;
- Aceleração ou retardamento do tempo de pega;
- Redução da permeabilidade;
- Aceleração do ganho de resistência inicial;
- Resistência às intempéries;
- Retardação ou diminuição do calor de hidratação;
- Desenvolvimento de características específicas como germicidas, fungicidas ou inseticidas.

É necessário tomar todas precauções, o uso indevido de aditivos pode exacerbar certas características, transformando-as em defeitos no traço (GUIMARÃES, 2011, p. 56).

5.1.5 Selantes de Juntas

Para a execução dessas juntas é necessário a utilização dos selantes nos espaçamentos para garantir a não penetração de impurezas ou água na estrutura do pavimento que podem vir a agredir a integridade da mesma.

A penetração de água pode vir a corroer o concreto por dentro da estrutura, decaindo suas propriedades. Partículas sólidas criam esforços novos durante o processo de dilatação, esforços aos quais o pavimento não foi dimensionado.

Segundo GUIMARÃES (2011, p. 57), um selante está sempre sobre o efeito dos esforços de dilatação, ou seja, sobre compressão ou tração, e deve apresentar características como fluidez, elasticidade, adesividade, coesão, resistência à fissura e período de cura propícia ao seu uso.

5.1.6 Aço

A empregabilidade do aço em congruência com o concreto vem de suas características de resistência oposta ao concreto, onde este é especialista em

resistir à compressão, e aquele à tração, complementando suas necessidades (GUIMARÃES, 2011, p.57).

Apesar da maior parcela do esforço imposto sobre o pavimento ser de compressão, a tração não pode ser desconsiderada, tornando necessário, em certos casos, a utilização do aço.

5.2 Metodologias de dimensionamento de pavimento rígido.

| Classificação | Metodologia | Dados Base |
|------------------|---|--|
| Concreto Simples | Portland Cement Assosiation – P.C.A. (Versão de 1966) | <ul style="list-style-type: none"> • Extensa experiência prática • Modelo de fadiga de concreto • Sistema de análise estrutural (placas elásticas em fundação contínua. |
| Concreto Simples | Portland Cement Assosiation – P.C.A. (Versão de 1984) | <ul style="list-style-type: none"> • Modelo de fadiga de concreto (modificado); • Modelo de erosão • Escalonamento • Análise estrutural por Elementos Finitos. |
| Concreto Armado | Modelo proposto por Westergaard | <ul style="list-style-type: none"> • Tensões atuantes; • Momentos fletores • Cartas de influência de Pickett e Ray • Norma NBR 6118. |

Tabela: 02. Características Concreto Simples e Concreto Armado.

Fonte: DNIT, 2005.

5.3 Vantagens

A caracterização de um pavimento rígido, de forma geral, é delimitada pelo concreto, haja vista que este é componente principal e inevitável da metodologia em questão, portanto as propriedades atribuídas ao concreto são as mesmas atribuídas ao pavimento, destacando-se apenas alguns pontos que são mais pertinentes à uma via que as demais estruturas em que este material é empregado.

Durabilidade: A resistência à intempéries e ao tempo que o pavimento rígido suporta é visivelmente maior que a apresentada pelo seu similar flexível, gratificando-o com uma vida útil maior e necessitando de poucos serviços de manutenção, mantendo o pavimento íntegro para trânsito. Este fator fornece também maior segurança para o usuário ao manter as características de projeto por um período maior e sem grandes alterações. Mais de 30 anos, praticamente sem necessidade de reparos, apenas uma pequena manutenção, que se resume a uma nova selagem das juntas a cada 10 anos (BIANCHI, 2008, p. 85).

Custos competitivos: em vias de tráfego pesado, intenso e canalizado, os custos iniciais chegam a ser menores do que os de outras soluções (levando-se em conta as condições do terreno), (GUIMARÃES, 2011, p. 76).

Economia para o poder público: cada real investido em uma estrada de concreto corresponde a uma economia de três reais em custo operacional (fonte: Banco Mundial).

Economia de combustível: pode chegar a 20% a economia de combustível para motoristas que trafegam sobre o pavimento de concreto. Quanto mais pesado o veículo, maior a economia. (fonte: Arizona State University).

Segurança para o usuário: não forma buracos ou trilhas de roda, impede acúmulo de água (aquaplanagem) e, devido à sua textura, reduz em 40% a distância de frenagem (GUIMARÃES, 2011, p. 76).

Economia de energia: por ter a superfície clara, reflete melhor a luminosidade, reduzindo o número de postes necessários para iluminação (GUIMARÃES, 2011, p. 76).

Ecologicamente correto: retém menos calor, mantendo a temperatura ambiente; em função desta característica, é indicado para reservas e parques ambientais (BIANCHI, 2008, p. 86).

Construção ágil: o rendimento de construção de cada máquina chega a 1,5 quilômetro/dia. Com as novas tecnologias, a execução é ágil e o tráfego pode ser liberado em poucas horas (GUIMARÃES, 2011, p. 76).

Resistência: O pavimento rígido apresenta uma resistência a esforços perpendiculares e rigidez de estrutura superior, caracterizando a sua nomenclatura, permitindo a construção de estruturas menos espessas e com um número menor de camadas. A resistividade química deste pavimento também é de grande importância, tendo em mente as possibilidades da presença de fluídos agressivos no pavimento (BIANCHI, 2008, p. 86).

Visibilidade: O transporte rodoviário é importante e requisitado nos mais diversos horários do dia como principal forma de interligação geográfica atualmente, logo a visibilidade do pavimento durante o período noturno torna-se um fator importante e, apesar das marcações em vias não se fixarem tão bem no pavimento de concreto como no pavimento asfáltico, a superfície da estrutura em questão reflete uma boa proporção da iluminação utilizada na mesma, economizando despesas com o sistema (BIANCHI, 2008, p. 86).

6. PAVIMENTO FLEXÍVEL X PAVIMENTO RÍGIDO

Vivemos em um mundo, em transformação constante, em que as necessidades modificam-se em função do surgimento de novas tecnologias, da busca da melhor relação custo/benefício, dos novos conceitos de durabilidade e da exigência cada vez maior da sociedade quanto à qualidade dos bens e serviços públicos.

Pode-se dizer que a busca por maior vida útil para pavimentos está inversamente relacionada ao número de juntas que possuem. Cerca de 90% das patologias que aparecem em pisos e pavimentos estão diretamente ligadas às juntas, pois qualquer tipo de manutenção que o piso venha a sofrer acarretará paralisações parciais e totais das atividades de trabalho e transporte no local, como em centros de distribuição, fábricas e áreas com trânsito de empilhadeiras e maquinários. Optar por pisos de concreto pode ser uma solução para reduzir as patologias e paralisações. Tratando-se de uma tecnologia superior, de elevada durabilidade e mais competitiva economicamente.

Apesar das vantagens do pavimento de concreto, em diversas situações, a aplicação do pavimento de concreto não é tão simples quanto à do asfalto. As tendências mostram que o pavimento rígido será mais utilizado, mas não irá tornar o pavimento flexível obsoleto.

Segundo ALBANO (2012, p. 01), é necessário acabar com a falsa idéia de que os pavimentos de concreto só se justificam em auto-estradas e não em vias simples. Pode se concluir que isto é possível, considerando que o “modelo” de dimensionamento proposto foi elaborado para uma rodovia de tráfego médio.

É uma questão dos gestores decidirem a estratégia de investimento. Gasta mais no início, mas dura mais e com menos interrupções no tráfego para consertos (ALBANO, 2012, p. 01).

Tanto o pavimento flexível quanto o rígido apresentam coeficientes de atrito seguros para as pistas, mas, o revestimento flexível, por ser menos rugoso, tem maior possibilidade de derrapagem quando há água na via. Para o motorista, ele é mais confortável - por ser menos áspero, possibilita um rolamento mais silencioso. (ALBANO, 2012, p. 01)

É indiscutível que o excesso de carga transportada danifica nossas rodovias, resultando, invariavelmente, em envelhecimento precoce dos pavimentos e aumento nos custos de manutenção e restauração.

Tamanho relevância merece tecnologias de pavimentação de qualidade e durabilidade, que garantam a mínima manutenção preventiva e nenhuma corretiva, nas estradas, otimizando recursos públicos e auxiliando na redução do chamado.

O pavimento de concreto em relação a outras soluções existentes. Por exemplo, maior vida útil, baixo custo de operação e manutenção, custo inicial competitivo, economia de energia e de combustível, resistente ao fogo, menor área de frenagem, maior segurança para os usuários, sem falar da sua relação amigável com o meio ambiente (PEREIRA, 2009).

Diversas e importantes estradas foram e vêm sendo construídas na última década, com o auxílio de competentes profissionais e empresas, empregando esta tecnologia, que além de ter qualidade e ser durável, é também ambientalmente correta (GIUSTI, 2007, p. 11).

As vantagens da pavimentação em concreto é a grande resistência a deformações, distribuição eficaz das tensões, maior resistência à abrasão, alta aderência do pneu, ótima refletividade (ideal para condução noturna), alta taxa de segurança (menor risco de aquaplanagem, por ter melhor aderência) e alta vida útil, sendo de aproximadamente 30 anos, mais que o dobro do pavimento asfáltico. O pavimento rígido em concreto também sofrerá menos intervenções de manutenção ao longo de sua vida útil.

O pavimento rígido em concreto é recomendado para vias de tráfego pesado e corredores de ônibus (BRT). A sua construção apresenta um custo maior em comparação ao asfalto. O valor não é preciso devido a grande variedade de tipos de concreto asfáltico e os valores dos insumos por região, no entanto considera-se em média o custo do pavimento de concreto 30% maior em relação ao pavimento asfáltico. Embora o custo seja maior, o pavimento em concreto resistirá por um tempo muito maior, praticamente sem precisar de manutenção. Evitam-se patologias comuns em pavimentos asfálticos com alto tráfego, como as trilhas de rodas e escorregamentos laterais (ANDRADE, 2005).

Observa-se que as características relevantes à um bom nível de serventia do pavimento são favoráveis ao modelo de concreto, abrangendo áreas de

segurança, resistência à fatores físicos e químicos, consumo energético e manutenção.

| Pavimentos Rígidos | Pavimentos Flexíveis |
|---|---|
| Estruturas mais delgadas de pavimento | Estruturas mais espessas (requer maior escavação e movimento de terra) e camadas múltiplas |
| Resiste a ataques químicos (óleos, graxas, combustíveis) | É fortemente afetado pelos produtos químicos (óleo, graxas, combustíveis) |
| Maior distância de visibilidade horizontal, proporcionando maior segurança | A visibilidade é bastante reduzida durante a noite ou em condições climáticas adversas |
| Pequena necessidade de manutenção e conservação, o que mantém o fluxo de veículos sem interrupções | Necessário que se façam várias manutenções e recuperações, com prejuízos ao tráfego e custos elevados |
| Falta de aderência das demarcações viárias, devido ao baixo índice de porosidade | Melhor aderência das demarcações viárias, devido a textura rugosa e alta temperatura de aplicação (30 vezes mais durável) |
| Vida útil mínima de 20 anos | Vida útil máxima de 10 anos (com manutenção) |
| Maior segurança à derrapagem em função da textura dada à superfície (veículo precisa de 16% menos de distância de frenagem em superfície seca, em superfície molhada 40%) | A superfície é muito escorregadia quando molhada |
| De coloração clara, tem melhor difusão de luz. Permite até 30% de economia nas despesas de iluminação da via | De cor escura, tem baixa reflexão de luz. Maiores gastos com iluminação |
| O concreto é feito com materiais locais, a mistura é feita a frio e a energia consumida é a elétrica | O asfalto é derivado de petróleo importado, misturado normalmente a quente, consome óleo combustível e divisas |
| Melhores características de drenagem superficial: escoamento melhor a água superficial | Absorve a umidade com rapidez e, por sua textura superficial, retém a água, o que requer maiores caimentos |
| Mantém íntegra a camada de rolamento, não sendo afetado pelas intempéries | Altas temperaturas ou chuvas abundantes produzem degradação |

Tabela: 03. Concreto x Asfalto.

Fonte: Bianchi et. al., 2008.

7. CURIOSIDADE

A ABCP estima que para cada quilômetro de pavimento de concreto, faixa com largura de 7,20 m, a quantidade de cimento portland empregado na produção do concreto aplicado tenha sido responsável pela destruição de cerca de 5.000 pneus inservíveis, devido à tecnologia do coprocessamento empregada na produção do cimento, isto é, a queima de resíduos industriais em fornos de cimento, dentre eles os pneus inservíveis. Para se ter uma ideia, só na construção de aproximadamente 700 quilômetros de pavimento de concreto da BR101 NE foram eliminados mais de 3,3 milhões de pneus.

CONCLUSÃO

A pavimentação de uma via permite um tráfego seguro, confortável e fluente, reduzindo a probabilidade de acidentes e o tempo de viagem para os usuários. A objetividade de implantar um pavimento de boa qualidade e com as melhores condições possíveis garante a satisfação do homem ao realizar seu deslocamento. No entanto, retomando à área da engenharia, é necessário realizar este serviço reduzindo ao máximo os custos que envolvidos sem renunciar à qualidade do mesmo.

Pode-se dizer que a busca por maior vida útil para pavimentos está inversamente relacionada ao número de juntas que possuem. Cerca de 90% das patologias que aparecem em pisos e pavimentos estão diretamente ligadas às juntas, pois qualquer tipo de manutenção que o piso venha a sofrer acarretará paralisações parciais e totais das atividades de trabalho e transporte no local. Optar por pisos de concreto pode ser uma solução para reduzir as patologias e paralisações. Tratando-se de uma tecnologia superior, de elevada durabilidade e competitiva economicamente.

A utilização da pavimentação rígida é pouco difundida em nossa região, e necessita de incentivos para se instalar como opção estrutural para a pavimentação, porém esta modelo pode vir para superar problemas de pavimentação, de forma segura e duradoura. A pavimentação rígida tem um custo-benefício atraente, pois à pequena necessidade de manutenção somada com maior período de vida útil do pavimento, viabiliza financeiramente este método, permitindo assim o fluxo constante de veículos por um maior período sem a necessidade de grandes reformas.

O pavimento rígido apresenta inúmeras vantagens, sendo elas econômicas com o baixo custo de manutenção, e de segurança pois reduz 40% a distancia de frenagem devido sua textura e ainda impede o acumulo de água evitando assim aquaplanagem. Fica nítido que o custo inicial de cerca de 30% mais alto, não justifica o descarte desta metodologia, tendo em vista que seu período de vida útil e muito superior ao de outras técnicas utilizadas.

REFERÊNCIAS

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland, **Governar é abrir estradas**, ABCP, 2009. O concreto pavimentando os caminhos na formação de um novo país. São Paulo, ABCP, 2009. Pavimentos de concreto – História- Pavimentos de concreto – Rodoviários - Pavimentos de concreto – Urbanos -Pavimentos de concreto – Portos e Acessos aos portos - Pavimentos de concreto –

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.

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

BALBO, José Tadeu. **Pavimentos de Concreto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BERNUCCI, L. L. B. **Expansão e construção de solos tropicais compactados e suas aplicações às obras viárias**: classificação de solos tropicais com base na expansão e contração. Dissertação de mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

BERNUCCI, L. L. B. ; MOTTA, Laura Maria Goretti da ; CERATTI, Jorge Augusto Pereira ; SOARES, Jorge Barbosa . **Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros**. 2a Edição. Rio de Janeiro: Petrobras: Abeda, 2006.

BARROS, Mercia Maria SemensatoBotturade. Tecnologia de produção de contrapisos para edifícios habitacionais e comerciais. 1991, 26 p. Monografia – Escola Politécnica da Usp – São Paulo, 1991.

CORINI, F. Scienza e técnica dellecostruirioulstradall e ferroviarle. Milano: EditoreUlricoHoelpi, 1947.

CRONEY, D.; CRONEY, P. (1991), Thedesing and performance of pavements, 2nded, London: Her Majesty's Stationery Office, Transport and Road Research Laboratory, 1991.

GIUSTI, Renato, Associação Brasileira de Cimento Portland, 2007

BRASIL. **Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes**. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de Pavimentos Rígidos. 1a Edição. Rio de Janeiro, 2005.

BRASIL. **Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes**. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de Pavimentos Rígidos. 2a Edição. Rio de Janeiro, 2006.

MASO, Jossiano Dal. **Pisos industriais de concreto com armadura distribuída – projeto e execução**. 2008. 78 p. Monografia - Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria, RS, 2009.

GUIMARÃES, Guilherme L. Neto. **Estudo comparativo entre a pavimentação flexível e rígida** – Monografia - Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade da Amazônia, 2011.

MEYER, R. F. T. **Mãos à obra**: todas as etapas de uma construção. São Paulo, : Associação Brasileira de Cimento Portland, 2010.

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.

BIANCHI, Flavia Regina; BRITO, Isis Raquel Tacla ; CASTRO, Veronica Amanda B. . **Estudo Comparativo entre Pavimento Rígido e Flexível**. In: 50º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 2008, Salvador. Anais dos 50º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 2008.

PORTLAND CEMENT ASSOCIATION – PCA. Thickness desing for concrete pavements. IS 010.03P. Skokie, 1966.

Revista da folha. <<http://www.catep.com.br/dicas/TIPOS%C2%A0DE%C2%A0PI%20SOS%20DE%20MADEIRA.htm>> Acessado em: 7 de maio de 2014.

DA SILVA, Carlos Eduardo Portes. **Pavimento de Concreto Simples: Dimensionamento, Execução e Controle Tecnológico**. 2008. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

ROSTOVTZEF, M. História de Roma. 5 ed. Tradução de: Waltenir Dutra. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1983

SENEFONTE, Kleber Basílio. **Como construir**: concreto protendido. Técnica, Mauá-SP, n.121, p.75 -80, abr. 2007.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. 1a Edição. São Paulo: Pini, 1997.

YODER, E.; WITCZAK, M. **Principles of pavement design**. 2 ed. New York: JohnWilley & Sons, 1975.<http://www.youtube.com/watch?v=jWSDf3D1VYc> acessado em 20 de abril de 2014

SENEFONTE, Kleber Basílio. **Como construir: piso de concreto protendido**. Técnica, Mauá-SP, n.121, abr. 2007

http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfNFUAK/trabalho-introducao-engenharia?part=2_05/05/2014 acessado em 20 de abril de 2014

http://sites.poli.usp.br/ptr/lmp/_acessado em 15 de abril de 2014

<http://www.abcp.org.br/conteudo/tag/pavimento-rigido> acessado em 14 de abril de 2014

http://www.dtt.ufpr.br/Pavimentacao/Notas/Pavim_Concreto_Apres_Mod02%20ABC P.pdf acessado em 20 de abril de 2014

<http://asfaltodequalidade.blogspot.com.br/2013/01/concreto-x-asfalto.html> acessado em 13 de março de 2014

<http://www.unama.br/novoportal/ensino/graduacao/cursos/engenhariacivil/attachments/article/129/ESTUDO%20COMPARATIVO%20ENTRE%20A%20PAVIMENTACAO%20FLEXIVEL.pdf> acessado em 29 de março de 2014