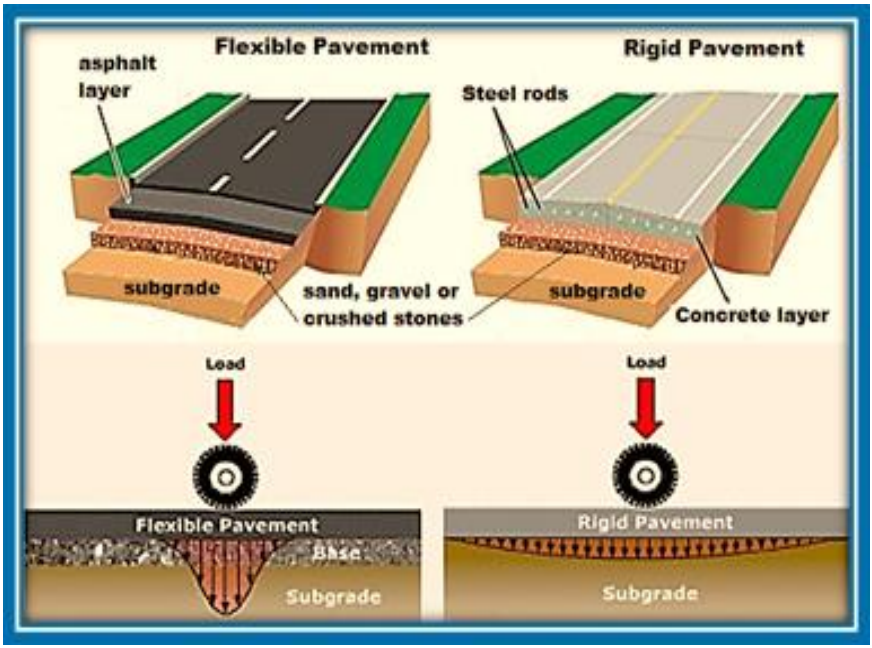
Jurandir Primo

Pavimento Asfáltico
Flexível & Rígido



Pavimento Asfáltico
Flexível & Rígido

Jurandir Primo
Copyright @ 2019
1ª edição – janeiro de 2020

Capa: Jurandir Primo – Sorocaba/SP

Primotech - Engineering Manuals

Primo, Jurandir

Asfalto, Concreto, Infraestutura Civil;

Índice para pesquisas: Pavimentação, Assfalto, Concreto, Infraestrutura.

ISBN:

Livro no sistema de auto-publicação cuja edição, revisão, diagramação e capa foram selecionadas pelo próprio autor, para diminuir custos e facilitar a todos os interessados em engenharia e tecnologia.

O autor permite que todas as partes do livro possam ser copiadas ou reproduzidas para fundamentos educacionais, instrutivos e treinamento técnico.

Para adquirir esta ou outras publicações do autor, enviar solicitação para:

primotechcourses@hotmail.com

ÍNDICE:

1 - INTRODUÇÃO:
2 - DESCOBERTAS DE ASFALTO E CIMENTO:
3 - PAVIMENTAÇÃO DE RUAS & ESTRADAS:
4 - DESENVOLVIMENTO DO PAVIMENTO ASFÁSTICO:
5 - DESENVOLVIMENTO DO PAVIMENTO RÍGIDO:
6 - TIPOS DE CONCRETO:
7 - TIPOS DE ASFALTO:
8 - TIPOS DE PAVIMENTOS:
9 - TESTES DE QUALIDADE DO ASFALTO:
10 - PROCESSOS DE MISTURA DE ASFALTO:
11 - PROCESSOS DE MISTURA DO CONCRETO:
12 - TESTES DE QUALIDADE DO CONCRETO:
13 - INFRAESTRUTURA DE PAVIMENTAÇÃO:
14 - COMPACTAÇÃO DO SOLO PARA PAVIMENTO:
15 - LINKS AND REFERENCES:

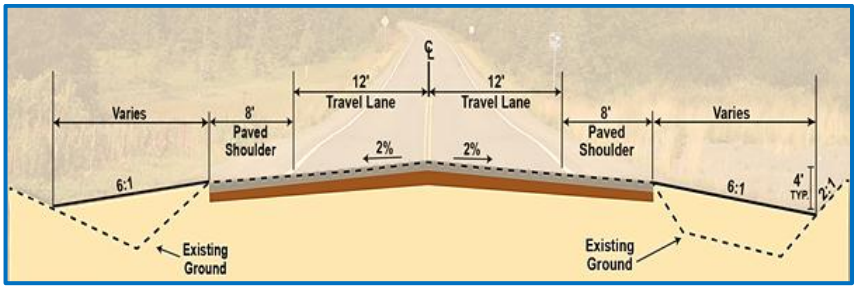
I. INTRODUÇÃO:

A **engenharia de pavimentação** é um ramo da engenharia civil de pavimentos de **asfalto e concreto**, que inclui estradas, ruas, rodovias, calçadas, meios-fios, telhados, paredes e assim por diante, bem como novas construções, reabilitação e manutenção de pavimentos existentes, mas também envolve engenharia mecânica, sistemas elétricos, automação e bom conhecimento das propriedades dos **materiais, topografia, geologia e hidráulica**. Existe uma diferença entre pavimento e pavimentação. O pavimento pode ser o revestimento superficial interno ou externo, e a pavimentação é quando são utilizados materiais de pavimentação, como concreto, tijolos, pedras, paralelepípedos, telhas, até mesmo asfalto e, às vezes, madeira. O principal objetivo deste estudo é mostrar como o asfalto e o concreto foram desenvolvidos, sempre em paralelo.

A função primária de um pavimento é proteger estradas, ruas, rodovias, calçadas, pátios e assim por diante, das intempéries, formando lama ou pântanos, e a função secundária de um pavimento moderno é transmitir resistência de carga ao subleito ou solo subjacente com plasticidade suficiente para absorver o choque. Pavimentos flexíveis contêm areia e cascalho ou brita compactados com um aglutinante de material betuminoso, como asfalto, alcatrão ou betume líquido. Os pavimentos rígidos são feitos de concreto, compostos de agregados graúdos e miúdos, cimento Portland, reforçados com vergalhões de aço ou telas metálicas. Materiais de pavimentação são fabricados usando uma variedade de materiais em vários tamanhos, formas, texturas e cores, comumente usados na construção, arquitetura e paisagismo.

Os pavimentos rodoviários podem ter muitas formas diferentes, como a ilustrada abaixo. Geralmente, existe um troço de construção relativamente fraca nas extremidades do pavimento rodoviário, conhecido por “acostamentos pavimentados”, onde se prevê que o

trânsito de veículos não seja frequente. As inclinações, na construção de pavimentos, são projetadas para que **1%** seja o mínimo prático; **2,0%** é típico em rodovias; **1,5%** em pavimentos de aeroportos, necessários para escoar as águas pluviais e evitar o alagamento da superfície. As bordas laterais em ruas urbanas com calçadas elevadas são designadas como "**curbs**" ou "**kerbs**" (britânicos).



Pavimento frio ou pavimento reflexivo é uma superfície de estrada que usa **aditivos** para refletir a radiação solar, feita com diferentes superfícies para aumentar o "**albedo**", refletindo assim a radiação ultravioleta da atmosfera. "Albedo" (latim, que significa "brancura") é a medida da **reflexão** difusa da radiação solar. É adimensional, medido numa escala de **0** (correspondente a um corpo negro que absorve toda a radiação incidente) a **1** (correspondente a um corpo que reflete toda a radiação incidente). Ao aumentar o albedo, reduz a transferência de calor para a superfície e cria resfriamento local. Atualmente, o "*Índice de Condição do Pavimento*" (PCI), betume e graus de concreto são exemplos de boas melhorias de engenharia aplicadas a novos pavimentos.

Uma calçada, também conhecida como trilha ou calçada, é um caminho ao longo do lado de uma estrada. Uma calçada pode acomodar mudanças moderadas no nível (altura) e é normalmente separada das seções de veículos por um meio-fio. Curbs (ou kerbs, Inglaterra) são bordas rígidas onde calçadas elevadas são construídas em paralelo com uma rua urbana ou uma rodovia. Os meios-

fios ou bordas da calçada fornecem suporte estrutural, para canalizar o escoamento da água da chuva ou neve derretida e gelo, e também para desencorajar os motoristas de estacionar ou dirigir em calçadas e gramados. Há também um aspecto estético, onde alguns meios-fios parecem formais e "acabados". Em alguns lugares, o mesmo termo também pode ser usado para um caminho pavimentado, trilha ou trilha, que pode não estar próximo a uma estrada, por exemplo, um caminho através de um parque.

O pavimento **calcário** é constituído por uma rocha sedimentar composta principalmente pelo mineral calcita (CaCO3), ou por um carste natural (rochas solúveis, como dolomita e gesso). Pavimentos de calcário podem ser encontrados em muitos ambientes de calcário anteriormente glaciados em todo o mundo, como encontrados em Yorkshire Dales e Cumbria no norte da Inglaterra. Os pavimentos de calcário são criados com arranhões subsequentes da geleira, deixando para trás uma superfície plana e nua. O pavimento "**landform**" britânico consiste em uma superfície plana e incisa de calcário exposto que se assemelha a um pavimento artificial. O termo é usado principalmente no Reino Unido e na Irlanda, onde muitas dessas formas de relevo desenvolveram padrões de superfície distintos que se assemelham a blocos de pavimentação.

O pavimento de **macadame** foi inventado por **John McAdam**, da Escócia, no século XVIII. A seção transversal da estrada McAdams era composta de um subleito compactado de granito triturado ou greenstone projetado para suportar a carga, coberto por uma superfície de pedra leve para absorver o desgaste e derramar água nas valas de drenagem. Na construção moderna de macadame, pedra triturada ou cascalho é colocado no curso de base compactado e unido com cimento asfáltico ou alcatrão quente. Uma terceira camada para preencher os interstícios é então adicionada e enrolada. A pasta de cimento e areia às vezes é usada como aglutinante.

A calçada **portuguesa** é uma calçada de estilo tradicional utilizada em muitas zonas pedestres em Portugal, que consiste em pequenas peças planas de pedras dispostas num padrão ou imagem, como um **mosaico**, normalmente utilizadas em passeios, praças e átrios, onde esta arte encontra o seu mais profundo expressão. Este tipo de pavimento pode ser encontrado em todas as ex-colônias portuguesas, como Brasil e Macau. Trabalhadores portugueses são comumente contratados por sua habilidade na execução dessas pavimentações em locais como Gibraltar. Um dos usos mais característicos desta técnica de pavimentação é a imagem da Rainha Isabel de Portugal, em Coimbra, desenhada com pedras pretas e brancas de basalto e calcários ocos de pavimentação.

II. DESCOBERTAS DE ASFALTO E CIMENTO:

O primeiro **uso** registrado de **betume** (às vezes também referido como “asphalt”) por humanos foi feito pelos sumérios por volta de **3.000 a.C**. As estátuas daquela época usavam betume como material de ligação para embutir várias conchas, pedras preciosas e pérolas. Os **mesopotâmios** são creditados como os primeiros a usar betume para impermeabilizar os banhos do templo e os tanques de água. Também foi usado pelos **fenícios** para impermeabilizar seus navios mercantes. O betume foi usado pela primeira vez na construção de estradas na **Babilônia** por volta de **625 a.C**. No entanto, os **cartagineses** são geralmente considerados os primeiros a construir e manter um sistema **rodoviário** (cerca de 600 a.C.).

O primeiro uso conhecido de **cimento hidráulico** pelos romanos ocorreu por volta de **120 a.C**. Os romanos “descobriram” que a trituração do **tufo vulcânico** com **cal hidráulica** em pó produzia um **cimento** hidráulico (endurecido na presença de água). O tufo vulcânico foi designado como “**pozolana**”, porque foi encontrado perto da cidade de **Pozzuoli** (perto de Nápoles, na costa sudoeste da Itália). A pozolana é um material silicioso e aluminoso natural que rea-

ge com o hidróxido de cálcio na presença de água à temperatura ambiente, possuindo propriedades cimentícias. Além disso, os romanos aprenderam a produzir cal hidráulica aquecendo o calcário em um **forno** de tijolos, eliminando o CO2 e convertendo o calcário em CaO, e sobre o uso de "aditivos", como sangue, banha e leite.

Nota: No início do século II a.C, os **romanos** aprenderam a prática de um **sistema rodoviário militar** dos cartagineses. No entanto, por volta de 146 a.C, os romanos acabaram decidindo que seus vizinhos do outro lado do Mediterrâneo eram uma ameaça ao império e destruíram Cartago. (As ruínas de Cartago estão localizadas na Tunísia (Norte da África) ao lado da Argélia e da Líbia.

Estradas Romanas: As expansões das estradas romanas foram mais do que simplesmente servir a funções de transporte; eles eram um meio de deslocamento rápido de tropas, através de um novo território e manutenção desse território. A primeira das grandes estradas romanas, a **Via Ápia**, foi iniciada pelo censor **Appius Claudius Caecus** em **312 a.C** e originalmente corria a sudeste de Roma 162 milhas (261 km) até Tarentum (agora Taranto), mais tarde estendeu-se à costa do Adriático em Brundisium (agora Brindisi). O Ramo Longo que atravessa a Calábria até o Estreito de Messina era conhecido como Via Popilia.

Mais tarde, outras grandes estradas irradiavam de Roma: a Via Aurélia, estendendo-se para **noroeste** até Gênova; a Via Flaminia, correndo para o norte até o Adriático, onde se juntava à Via Aemilia, cruzava o Rubicão e seguia para o noroeste; a Via Valeria, a leste através da península por meio do Lago Fucinus (Conca del Fucino); e a Via Latina, correndo para sudeste e juntando-se à Via Ápia perto de Cápua. As estradas romanas, **até hoje**, ainda formam uma excelente **rede de construção** do antigo mundo mediterrâneo, estendendo-se da Grã-Bretanha ao rio Tigre-Eufrates e do rio Danúbio à Espanha e ao norte da África. Os romanos construíram

50.000 milhas (80.000 km) de rodovias de superfície dura, principalmente por motivos militares, o que levou ao provérbio "***Todas as estradas levam a Roma***".

Nota: As vias romanas se destacaram por sua **retilinidade**, fundações sólidas, superfícies arqueadas, que facilitam a drenagem e o aproveitamento de paralelepípedos e concreto de **pozolana** (cinza vulcânica e cal). Pozolana é um nome derivado da localização de Pozzuoli, nas proximidades do Monte Vesúvio, onde se encontra a cinza vulcânica conhecida como cinza pozolânica ou **pumicita**. Ao construir no exterior, os construtores romanos seguiram basicamente os mesmos princípios que faziam na Itália.



A **estrada romana mais antiga** ainda em **uso** hoje é a **Via Appia**, que remonta a 312 a.C. Por volta de 145 a.C, eles começaram a Via Egnatia, uma extensão da Via Appia além do Adriático na Grécia e na Ásia Menor, onde se juntava à antiga Estrada Real Persa. No norte da África, os romanos seguiram sua conquista de Cartago construindo um sistema rodoviário que atravessava a costa sul do Mediterrâneo. Na **Gália**, eles desenvolveram um sistema centrado em Lyon, de onde as principais estradas se estendiam até o Reno, Bordéus e o Canal da Mancha. Na Grã-Bretanha, as estradas eram puramente estratégicas e após a conquista foram complementadas

por uma rede que se irradiava de Londres. Na Espanha, ao contrário, a topografia do país ditava um sistema de estradas principais ao redor da periferia da península, com estradas secundárias desenvolvidas nos planaltos centrais.

Após a **época de Cristo**, a rede rodoviária romana consistia em mais de 62.000 milhas de estradas. As estradas romanas **não usavam** betume ou asfalto como aglutinante, mas provavelmente usavam **pozolanas** naturais como aglutinantes. Os grandes sistemas rodoviários possibilitaram as conquistas e a administração romana e, posteriormente, forneceram estradas para as grandes migrações para o império, incluindo a difusão do cristianismo. Apesar da deterioração por negligência, continuou a servir a Europa durante a Idade Média, e muitos fragmentos do sistema sobrevivem até hoje. As **calçadas** também foram construídas há pelo menos 4.000 anos, já que a cidade grega de Corinto tinha calçadas no século IV a.C.



III. PAVIMENTAÇÃO DE RUAS & ESTRADAS:

Muitos **séculos depois**, os europeus que exploravam o Novo Mundo descobriram depósitos naturais de **betume** ou asfalto. Em 1595, Sir Walter Raleigh descreveu um lago de asfalto na Ilha de Trinidad, na costa da Venezuela. Mais tarde, os exploradores usaram esse

asfalto (ou betume) para **calafetar** seus navios, no entanto, várias centenas de anos se passaram antes que os construtores europeus ou americanos experimentassem esse material para **pavimentação** de estradas. As primeiras tentativas de garantir a separação adequada das calçadas foram feitas, como na **Lei** de Colchester de **1623**, embora não muito eficazes. Após o Grande Incêndio de Londres em 1666, tentativas foram feitas lentamente para trazer alguma ordem para a cidade em expansão.

Antigas Calçadas de Rua: As **primeiras** calçadas de rua tinham a forma de um tijolo; 4" por 8" (**10 cm x 20 cm**), chamados de Holland Stones e ainda hoje. Tudo começou na Holanda, onde todos os pavimentos das estradas têm que ser flexíveis, porque o país está **abaixo do nível do mar**, pois o solo se desloca, se move e afunda. Essas unidades mostraram-se econômicas de produzir e extremamente resistentes, pois o asfalto não era uma opção, porque racharia. Em 1671, foram formuladas as "*ruas, pistas e passagens comuns dentro da cidade de Londres*", exigindo que todas as ruas fossem adequadamente pavimentadas para pedestres com paralelepípedos. O construtor foi também responsabilizado pela manutenção regular das estradas, incluindo a sua limpeza e reparação.

John Metcalf, (1717 - 1810), **cego** desde os seis anos de idade, conhecido como **Blind Jack Metcalf** ou Blind Jack of Knaresborough (nascido em North Yorkshire, Inglaterra), foi o **primeiro construtor profissional** de estradas a surgir durante a Revolução Industrial. O rápido aumento na produção industrial entre 1700 e 1750 resultou na necessidade de um **sistema de transporte** melhorado. Antes do serviço militar, Metcalf trabalhava como carregador em uma carruagem de quatro rodas, com uma cadeira e um cavalo. Depois de 1745, ele **comprou uma carroça de pedra** e a trabalhou entre York e Knaresborough. Em 1754, seu negócio havia crescido para a linha Stagecoach.