Engenharia de Pavimentação e suas Técnicas Construtivas

Mylena Mendes Guimaraes
Rafael Andery Abate
Roner Rodrigues Francisco
Weligton Luiz Silva

E-mails: mymendes@hotmail.com, fael_abate@hotmail.com, rodrigues.ldr@hotmail.com e welingtonluizsilva@gmail.com.

Professor Orientador: Daniel Lage Casalechi

Resumo

Este artigo tem como objetivo analisar a engenharia de pavimentação e registrar suas técnicas construtivas dentro da categoria de obras de grande vulto. A oportunidade neste artigo associa-se a relevância de obter conhecimentos teóricos no estudo e desenvolvimento de materiais e técnicas a serem empregadas em projetos, construções, manutenções e gerenciamento de pavimentos. A engenharia de pavimentos é ampla e seus desafios aumentam gradativamente, o que leva o engenheiro a incorporar múltiplas disciplinas, novos conceitos e o acompanhamento nas evoluções tecnológicas. Incorporados tais conceitos, serão capazes de dominar um conjunto de conhecimentos e habilidades na integração de diversas disciplinas relacionadas a engenharia civil como geologia, cálculo geométricos, materiais, projetos, preservação ambiental e preocupação no controle de fluidos. O artigo foi desenvolvido através de mecanismos práticos sobre as técnicas construtivas de pavimentos, acompanhado de bibliografias a fim de alcançar os objetivos e as prerrogativas definidas. O local, base do estudo, é a BR 381 que liga o estado de São Paulo ao estado de Minas Gerais.

Palavras-chave: Pavimentação. Projetos. Rodovias.

1. Introdução

Este artigo tem como objetivo analisar a engenharia de pavimentação e registrar suas técnicas construtivas. A realização deste artigo está no contexto onde a malha rodoviária do país passa a ser considerado um investimento para a economia, contribuindo diretamente para o aumento da competitividade e com o atributo de agregar aos motoristas e usuários conforto e segurança. Assim, torna-se fundamental ter pleno conhecimento das técnicas e experiências aplicadas a engenharia de estradas nas diferentes áreas como terraplanagem, drenagem, pavimentação, geotecnia, cálculos geométricos, física, execução de obras e projetos.

A engenharia de pavimento e toda sua infraestrutura tiveram de ser aperfeiçoadas e racionalizadas, o que submete ao engenheiro se atualizar, se programar, desenvolver, criar e agir em estudos tecnologicamente mais avançados a fim de garantir o máximo em eficiência e com o menor impacto seja ele financeiro ou ambiental (SENÇO, 2007).

Em linhas gerais, a superestrutura de pavimentos é constituída por diversas camadas de diferentes tipos e espessuras classificados em pavimentos rígidos e flexíveis (SENÇO, 2007). Para Souza (1976), pavimento é uma superestrutura composta de materiais distintos com uma complexa interligação de propriedades diversas, como resistência e deformabilidade, calculadas quanto às tensões e deformações solicitadas.

O artigo ainda visa demonstrar as especificidades e práticas da engenharia civil na concepção de projeto e execução de pavimentação, além de fornecer conhecimento teórico e prático ao engenheiro para atuar na manutenção e conservação.

A relevância deste artigo, associa-se a identificar importantes técnicas e execução que devem ser capazes de garantir segurança, durabilidade, conforto aos motoristas e menor necessidade de manutenção. Como contrapartida, ainda contribuirá na formação de conhecimento que viabilizarão soluções mais adequadas nas concepções de rodovias.

2. Metodologia

Este artigo foi desenvolvido através de mecanismos práticos sobre as técnicas construtivas de pavimentos, acompanhado de bibliografias a fim de alcançar os objetivos e as prerrogativas definidas. O local, base do estudo, é a BR 381 que liga o estado de São Paulo ao estado de Minas Gerais, operada e sob a concessão da ARTERIS S/A. Empresa esta, especializada em gestão de rodovias.

3. Referencial Teórico

3.1 A Engenharia de Pavimentação

Para Souza (1976), a atividade do engenheiro de pavimentação esta acondicionado a projetar e executar estradas, pavimentação rodoviárias, aeroportuárias e urbanas, tanto no processo de projetos, execução do arruamento, pavimentação e manutenção. Para o autor, trata-se de uma área profissional muito requisitada, e o sucesso está atrelado a dedicação e envolvimento.

De acordo com Paulo Bina, diretor técnico da Monobeton (TECHNE, 2011), para atuar nesta área são necessários as seguintes habilidades: conhecimento de projetos e dimensionamento das estruturas de pavimentos e de restauração, conhecimento de mecânica de solos, drenagem, geotecnia, estruturas, materiais, engenharia de tráfego e segurança rodoviária, atualização profissional visando novas tecnologias para tomadas de decisões buscando também a interação com profissionais de outras áreas, disponibilidade para viagens frequentes em canteiros de obras longe de suas residências e disposição para suportar volume intenso de trabalho.

Em relação à carga-horária muitas vezes pesada, o engenheiro de pavimentação tem uma rotina bastante dinâmica. "Trabalho em vários projetos simultaneamente, o que demanda visitas às obras, organização da agenda para conciliar as reuniões com os clientes e, principalmente, disciplina para organizar o avanço dos projetos para que todos os prazos sejam atendidos” revela a engenheira Andrea Severi, sócia diretora da Ecoword Consultoria e Administração (TECHNE, 2011).

Severi destaca, ainda, o profundo conhecimento técnico, o senso crítico para avaliar qualidade, a visão sistêmica e a capacidade de reconhecer, definir e solucionar problemas. Capacidade para gerenciar conflitos, organização e consciência ambiental.

De acordo com Marcos R. Ceccato, engenheiro e diretor da Trima Engenharia (TECHNE, 2011), o engenheiro de pavimentação possuí uma grande responsabilidade profissional uma vez que sua atividade está na construção de rodovias com fluxo intenso de pessoas que se mau projetada ou executada oferecem riscos a vidas.

Para o engenheiro, ingressar nessa área, o primeiro passo é buscar uma oportunidade de estágio em empresas de projeto ou de execução na área de pavimentação.

3.2 Fundamento do Projeto

De acordo com Freitas (2014), um projeto nasce da necessidade de resolver um problema específico. E é a partir da definição do problema se começa a formular e planejar o projeto.

Segundo, Freitas (2014) os métodos na montagem de um projeto seguem uma estrutura básica, sendo demonstrado da seguinte forma:

1 – Identifique a necessidade e defina o problema;

2 – Monte a equipe do projeto;

3 – Identifique limitações e critérios de sucesso;

4 – Busque soluções;

5 – Analise cada solução potencial;

6 – Escolha as melhores soluções;

7 – Documente as soluções;

8 – Comunique as soluções a gerência;

9 – Construa a solução;

10 – Verifique e avalie.

De acordo com o DNER (1996), um projeto de engenharia de rodovias possui três etapas:

a) Estudos preliminares – Consiste no estudo de reconhecimento e mapeamento de todas as condicionantes do projeto;

b) Anteprojeto - Definição de alternativas que permita a melhor escolha para execução do projeto e a estimativa do custo da obra;

c) Projeto Executivo – Faz o delineamento do anteprojeto e a representação da obra a ser executada. Vinculada ao plano de execução, listagem dos equipamentos, materiais e mão de obra em relação ao cronograma físico financeiro.

Nesta fase aplica-se os conhecimentos de disciplinas como projeto arquitetônico e geométrico de estradas, hidrologia, pavimentação, topografia, materiais de construção, responsabilidade social, entre outras.

3.3 Materiais e Equipamentos

Entre os materiais que compõem a infraestrutura da pavimentação estão:

a) O Solo – Como suporte da estrutura;

b) O cimento – Material de vasta aplicação na execução das bases;

c) O material asfáltico para a execução de tratamentos superficiais à frio e à quente (ARTERIS, 2021);

d) Os agregados, constituídos por rocha sã britada que apresente fragmentos duros, limpos e duráveis, livres de substâncias nocivas (ARTERIS, 2021).

Em análises gerais, os materiais asfálticos desempenham um papel importante na construção rodoviária com a realização dos mais diferentes tipos de ensaios para o recebimento e aplicação nas rodovias. Nos manuais operacionais da empresa gestora de rodovias - Arteris – os materiais asfálticos somente poderão serem executados mediante resultados dos ensaios, especificações recomendadas pela ANP – Agencia Nacional de Petróleo e se estiverem em conformidade às suas exigências.

Suas propriedades são:

a) Alta força adesiva;

b) Quimicamente é considerado um material inerte, pois não reage com a maioria dos materiais de construção - Cimento, cal, madeira, ferro, cerâmica;

c) Hidrofugante ou impermeável - pois repele a água naturalmente;

d) Alta plasticidade - capacidade de moldagem sob pequenas pressões;

O objetivo em qualquer caso é fornecer uma superfície de rolamento suave que seja estável e durável. Mas, o sucesso desses esforços depende principalmente dos agregados, dos asfaltos e de quaisquer outros materiais que sejam usados. Tais agregados devem incluir tanto partículas grossas quanto finas para ajudar a preencher os vazios entre as partículas maiores. A fórmula das partículas dos agregados é importante, pois suas fases irregulares proporcionam maior estabilidade. As vezes aditivos minerais tais como cimento *portland* ou cal são adicionados para resistência a desagregação. Se as partículas de agregados são lisas ou arredondadas ou se elas são todas do mesmo tamanho como bolas de goma não haverá Inter travamento e elas não se apoiarão umas das outras.

Para Senço (2007), em misturas betuminosas o asfalto é adicionado ao agregado e misturado para ligar entre si as partículas do agregado, mas a quantidade de asfalto deve ser correta. Se não houver asfalto suficiente ele não conseguira cumprir a sua função de ligar as partículas do agregado. Se houver uma quantidade superior ele sobrecarrega as partículas de modo que elas escorregarão umas sobre as outras. Há uma responsabilidade importante no controle de materiais por meios de amostragem e ensaios de campo e de laboratório. Primeiramente deve-se assegurar de que as amostras sejam corretamente coletadas, isto inclui a amostragem dos agregados, amostragem do asfalto e amostragem das misturas betuminosas.

Devem se realizar certos ensaios no campo. Isto abrange ensaios dos agregados quanto a sua granulometria e outras características, como correta composição e dosagem a fim de atender as condições ideais.

Em seu manual, a empresa gestora de rodovias realiza o pré-envolvimentos dos agregados com o cimento asfáltico de petróleo com a finalidade de reduzir a influência de materiais pulverulentos na composição dos agregados e melhorar a adesividade (ARTERIS, 2021).

Para Senço (2007), os equipamentos empregados na execução de obras da pavimentação dependerão de suas fases. Em geral inclui;

a) Veículos para transporte de agregados;
b) Distribuidores, de preferência mecânicos;
c) Rolos compressores de três rodas metálicas com peso de 10 a 12 t.;
d) Vassouras manuais e mecânicas;
e) Equipamentos variados para execução de pequenos acertos;
f) Distribuidores de asfalto, com dispositivo de aquecimento próprio e bomba para distribuição sob pressão.
g) Escavadoras ou pás-carregadoras para a escavação e carga do solo;
h) Veículos de transporte dos materiais;
i) Moto niveladoras;
j) Escarificadores leves;
k) Irrigadeiras de 5.000 litros
l) Pulverizadores;
m) Rolos compactadores;
n) Compactadores vibratórios;
o) Pulvomisturadores;
p) Entre outros.

Quanto as instalações, é adotado; ARTERIS (2021)

a) Instalações para materiais asfálticos, com capacidade de 30 ton. Na execução de tratamento asfáltico à quente, deverá ser capaz de aquecer o ligante nas temperaturas especificadas e de evitar superaquecimento localizado. Todas as tubulações e acessórios deverão ter diâmetro mínimo de 75 mm e devem ser dotados de isolamento térmico a fim de evitar perdas de calor. A bomba de recalque deverá ter potência mínima de 15 HP. Devem possuir agitadores e sistema de recirculação

b) Mecânicos, de forma a garantir a circulação e homogeneidade, desembaraçada e contínua, do depósito ao misturador durante todo o período de operação;

c) Instalações de agregados localizadas em locais secos e ao abrigo de chuva, poeira ou qualquer tipo de material particulado originário do tráfego de vias próximas. Os agregados deverão ser armazenados de forma a se evitar a mistura entre eles, bem como evitar quaisquer contaminações;

d) Usina para misturas asfálticas à quente, com proximidades da obra;

e) Peneiras classificadoras móveis para a classificação dos agregados;

3.4 PREPARO E REFORÇO

3.4.1 Normas Gerais

3.4.1.1 Pavimento, suas funções e classificações

De acordo com o DNIT (2006), define como pavimento como uma superestrutura composta por camadas de espessuras finitas assentes sobre o subleito ou semi-espaço infinito.

Segundo o Professor Geraldo Luciano de Oliveira Marques (TECHNE, 2011), os pavimentos possuem como funções:

a) Resistir a esforços;

b) Transferir ao subleito tensões com a capacidade de suporte;

c) Contribuir para um tráfego seguro, confortável e econômico.

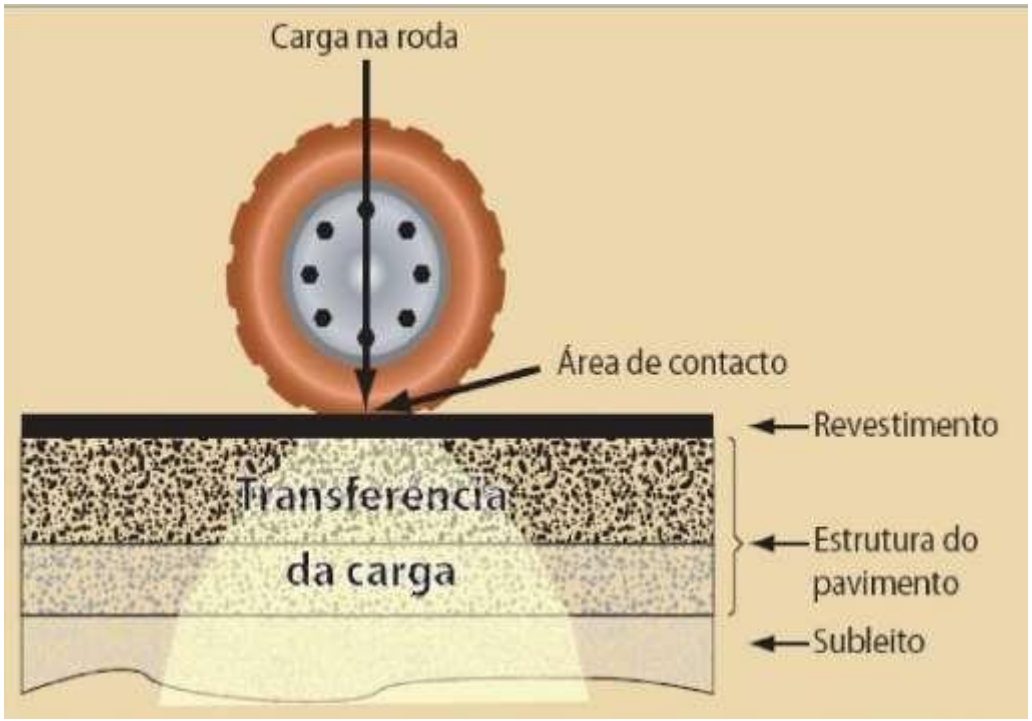
As classificações das estruturas de pavimento, conforme figura 1, se subdividem em;

a) Flexíveis: Aquele em que suas camadas sofrem deformação sob seus diversos carregamentos aplicados;

b) Semi-rígido: Base cimentada por aglutinantes com propriedades cimentícias;

f) rígido: Revestimento que eleva a rigidez em relação as camadas inferiores e que absorve as tensões do carregamento aplicado.

Figura 1 - Distribuição da carga da roda através da estrutura de pavimento



Fonte: Disponível em:<https://www.ufjf.br/pavimentacao/files/2009/03/Notas-de-Aula-Prof.-Geraldo.pdf>Acesso em: 10 nov.2021.

3.4.1.2 Da elaboração do Projeto

O projeto de rodovia e sua respectiva pavimentação, de uma forma abrangente, pode ser considerado como instrumento de prevenção e controle dentro das técnicas construtivas. Dentro das fases do projeto, a análise de determinados elementos é fundamental para o estudo e bom desempenho da rodovia, especialmente quanto a ação de agentes associados a intempéries, como chuva, radiação solar e a presença de partículas sólidas (sujidades e poluição). Nesta fase, o DNER (1999), define e especifica serviços como a drenagem poderá ser desenvolvida, onde deverá constar;

a) Concepção de estrutura de drenagem superficial e subsuperficial;

b) Dimensionamento estrutural;

c) Preparo de notas de serviço com indicação de localização, tipo, tamanho e extensão da obra.

3.4.1.3 Da regularidade ambiental e Limpeza do terreno

De acordo com instruções do DNIT (2009), a regularidade ambiental para a execução da pavimentação deverá ser solicitada autorizações de licenças junto aos órgãos ambientais estaduais e municipais responsáveis pelo controle dos padrões ambientais estabelecidos das áreas selecionadas e em projeto para abertura de trilhas, caminhos de serviços e estradas de acesso. Nas recomendações para desmatamento a fim de se obter a regularidade ambiental as principais são:

a) Não interferir com vegetações raras ou em extinção;

b) Não interferir com sistemas naturais em espaço domiciliar de espécie de fauna;

c) Não interferir com espécie de fauna raras ou em extinção.

Para a limpeza do terreno compreendida a capina, roçada e destocamento, será realizada na faixa de terreno julgada necessária, ao longo dos cortes aterros e raspagem, conforme ficou estabelecido em projeto.

As normas do DNIT (2009), ainda mencionam que as áreas de desmatamento e limpeza não deverão situar-se próximas a nascente de curso d'água e os respectivos materiais resultantes da roçada e da capina terão igualmente que ser removidos para fora dessa faixa e jamais serem lançados dentro de talvegues e de corpos d'água.

Quando o projeto prever a execução de serviços de paisagismo, posteriormente, a terra vegetal de boa qualidade será depositada em local designado pela fiscalização, para posterior reaproveitamento.

3.4.1.4 Estudos Complementares

Segundo as diretrizes do DNER (1999), é fundamental obter estudos complementares com o objetivo de subsidiar além dos projetos básicos, a adequação da capacidade operacional e de pavimento que cobrirá a extensão da obra. Os principais estudos complementares de referência são;

a) Estudo e projetos existentes;
b) Estudo de tráfego e capacidade;
c) Estudos geológicos;
d) Estudos hidrológicos;
e) Estudo de topografia e planialtimétrico;
f) Estudos geotécnicos
g) Estudos ambientais;
h) Estudos geométricos; e;
i) Estudos de operação plena.

3.4.1.5 Preparo da Caixa Para Pavimentação

Senço (2007), ressalta que os serviços de terraplenagem necessários para executar a caixa de pavimentação, tais como: corte, aterro, compactação, proteção de taludes, etc. devem observar as indicações do projeto, quanto a níveis, declividade e greide.

A locação dos serviços de pavimentação e a sua amarração por meio de marcos serão executadas pela gestora da rodovia que fará também a marcação das cristas dos cortes e das saias de aterros.

A gestora da rodovia fica obrigada a conservar de abalos, os marcos de amarração e as referências de nivelamento nas posições que lhes foram entregues, e a manter permanentemente o estaqueamento de locação dos serviços.

Os serviços de terraplenagem necessários para executar a caixa de pavimentação, tais como, corte, aterro, compactação, e etc., devem observar as indicações do projeto.

3.4.1.6 Preparação do Sub-Leito

Diante as diretrizes do DER/SP (2005), o sub-leito deve ser preparado nos greides, transversal e longitudinal, especificados no projeto, descontando-se a altura necessária à sub-base e à base, as quais, segundo o projeto apresentado, são de macadame hidráulico, macadame betuminoso, concreto asfáltico, solo cimento ou de concreto magro, seguidas de placas de concreto. A cada 200m2 aproximadamente devem ser realizados testes de compactação.

Ainda de acordo DER/SP (2005), nas regiões onde o grau de compactação for inferior ao especificado no projeto, a compactação deve ser reexecutada; para tal, o solo deve ser escarificado até a profundidade de 15 cm., se não houver dispositivo em contrário no projeto, devendo então ser pulverizado e em seguida a sua umidade corrigida, a fim de fazer a compactação conveniente. No caso de ruas e estradas, o sub-leito compactado deve exceder à largura da pista de rolamento e aos eventuais acostamentos de 0,50 m de cada lado.

Quando houver a presença de solos inadequados, os mesmos devem ser movidos e substituídos por material que alcance o resistência mínima especificada em projeto, devendo-se neste caso combinar previamente o preço.

O novo aterro deve então ser efetuado em camadas paralelas, as quais não devem apresentar espessura superior a 25 cm. após compactadas.

3.4.1.7 Material

Os materiais constituintes do reforço do subleito devem apresentar as características estabelecidas na alínea “d” da subseção 5.1 - Material, da Norma DNIT 108/2009- ES: Terraplenagem – Aterros – Especificação de Serviço, quais sejam, a melhor capacidade de suporte e expansão ≤ a 2 %, cabendo a determinação dos valores de CBR e de expansão pertinente, por intermédio dos seguintes ensaios: Ensaio de Compactação – Norma DNER-ME 129/94, na energia do Método B, ou maior que esta; Ensaio de índice Suporte Califórnia – ISC – Norma DNER-ME 49/94, com energia do Ensaio de Compactação. Os materiais constituintes são solos ou mistura de solos, de qualidade superior à do subleito.

Quando submetidos aos ensaios de caracterização DNER-ME 080/94, DNER-ME 082/94 e DNER-ME 122/94, o Índice de Grupo (IG) deverá ser, no máximo, igual ao do subleito indicado no projeto; Índice Suporte Califórnia - ISC - igual ou maior aos indicados no projeto, e Expansão ≤ 1%, determinados através dos ensaios: Ensaio de Compactação - DNER-ME 129/94, na energia de compactação indicada no projeto.

3.4.1.8 Equipamento

São indicados os seguintes tipos de equipamento para a execução de regularização:

a) Moto niveladora pesada, com escarificador;

b) Carro tanque distribuidor de água;

c) Rolos compactadores autopropulsados tipos pé- de-carneiro, liso-vibratórios e pneumáticos;

d) Grades de discos, arados de disco e tratores de pneus;

e) Pulvi-misturador. Os equipamentos de compactação e mistura devem ser escolhidos de acordo com o tipo de material empregado.

3.4.1.9 Condições e reforço de conformidade e não conformidade

Todos os ensaios de controle e determinações relativos aos insumos, à execução e ao produto, realizados de acordo com o Plano de Amostragem, devem cumprir as condições gerais e específicas. Quando especificado valor ou limite mínimo e/ou máximo a ser(em) atingido(s), devem ser verificadas as seguintes condições:

a) Condições de conformidade; e,

b) Condições de não conformidade.

O reforço do subleito deve ser medido em metros cúbicos, considerando o volume efetivamente executado. Não devem ser motivos de medição em separado: mão de obra, materiais, transporte, equipamentos e encargos, devendo os mesmos ser incluídos na composição do preço unitário; no cálculo dos volumes de reforço do subleito devem ser consideradas as larguras e espessuras médias da camada obtidas no controle geométrico.

3.5 ESTUDO DE SOLO E ENSAIOS

3.5.1 Estudo de Solo

De acordo com DNIT (2006), o estudo do solo é fundamental para a durabilidade da rodovia pós-pavimentação, sabendo que todas as etapas desta construção são indispensáveis para sua perfeição. Para Senço (2018), a definição do estudo do solo, parte da geotecnia, sendo a parte do projeto que analisa o comportamento dos elementos do solo no que se refere diretamente à obra. Os estudos geotécnicos, de um modo geral podem ser divididos em estudos correntes e estudos especiais.

Nos estudos correntes temos o reconhecimento do subleito, estudos de jazidas, estudos de material de empréstimos e sondagens para obra de arte. Nos estudos especiais temos os estudos de fundações, estudos especiais de taludes, estudo maciço para tuneis.

Os estudos geotécnicos para um Projeto de pavimentação compreendem:

a) Reconhecimento do Subleito;
b) Estudos de Ocorrências de Materiais para Pavimentação.

Ainda de acordo com DNIT (2006), para o dimensionamento de um pavimento rodoviário é indispensável o conhecimento do solo que servirá para a futura estrutura a ser construída. Este solo de fundação, chamado subleito, requer atenção especial, através de estudos geotécnicos, que possibilitam o seu reconhecimento, identificação e quantificação das suas características físicas e mecânicas assim como a obtenção dos parâmetros geotécnicos necessários ao dimensionamento da estrutura.

A espessura final do pavimento, assim como os tipos de materiais a serem empregados são função das condições do subleito. Quanto pior forem as condições do subleito, maior será a espessura do pavimento, podendo muitas vezes, ser requerida a substituição parcial do mesmo, com troca por outro de melhores condições.

Baseado no DNIT (2006), o estudo do reconhecimento do solo do subleito, normalmente é feito em estradas com terraplanagem concluída embora haja também, uma tendência no sentido de que todos os estudos tratados sejam feitos previamente à terraplanagem. Desta forma o projeto da rodovia englobaria os projetos de terraplanagem e pavimentação.

O estudo do subleito de estradas de rodagem com terraplenagem concluída tem como objetivo o reconhecimento dos solos visando à caracterização das diversas camadas e o posterior traçado dos perfis dos solos para efeito do projeto de pavimento (DNER, 1996).

Nestes estudos são fixadas as diretrizes que devem reger os trabalhos de coleta de amostras do subleito, de modo que se disponha de elementos necessários para o projeto de pavimentação.

O estudo do solo requer uma aplicação constante de estatística neste procedimento, pois do estudo são coletadas amostras para ensaios de forma que as informações adquiridas são importantíssimas para um perfeito dimensionamento das sub base e bases, também se utiliza a estatística na coletagem de informação para o estudo de trafego que é também de extrema importância, que a partir das estatísticas desse estudo serão determinadas as espessuras das camadas a serem aplicadas.

3.5.2 Ensaios

Para Senço (2018), estas amostras visam fornecer material para a realização dos ensaios geotécnicos e posterior traçado dos perfis de solos. São definidos a partir dos elementos fornecidos pela inspeção expedita do campo (DNER, 1996).

Ainda na execução de ensaios com corpos de prova podemos ver a aplicação da estatística, são feitas as coletas aleatórias e seguindo também normas para ensaios destrutivos.

Neste procedimento temos que atentar para alguns cuidados no recebimento e preparo de amostras de solos, sendo recebidas as amostras e devidamente registradas no livro próprio para tal fim, para preparação da amostra para ensaios temos algumas operações preliminares:

a) Secar a amostra ao ar livre ou através de secador de lâmpada infra-vermelha, atentando para nunca secar a amostra em estufa;

b) Destorroada do material colhido com uma mão de gral recoberta com borracha e almofariz de porcelana e alguns casos de especiais metálicos.

c) Homogeneizada com ajuda de uma colher de pedreiro ou jardineiro.

Os procedimentos seguintes são:

a) Determinar o teor de umidade de solos, análise granulométrica por peneiramento via úmida;

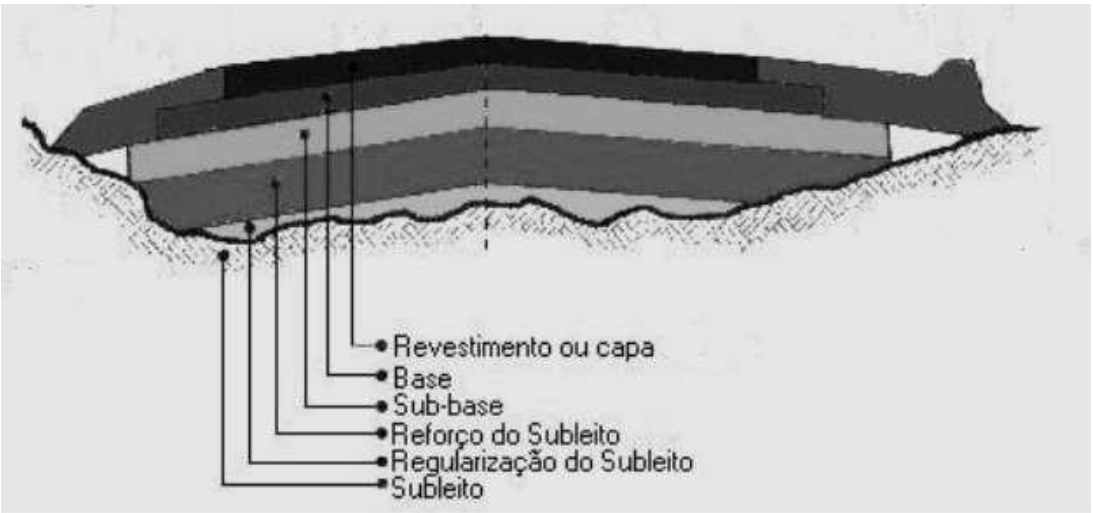
b) Determinar o limite de liquidez dos solos, determinar os limites de plasticidade e o cálculo do índice de plasticidade.

O ensaio de compactação Proctor simples, intermediário e modificado são os procedimentos mais utilizados e confiáveis. Nesta fase, aplica-se os conhecimentos das disciplinas química, física entre outras.

3.6 Processo de Construção

O processo de construção da pavimentação de rodovias se divide em algumas etapas necessárias antes, durante e após o projeto, essas estão interligadas umas às outras, a fim de garantir uma boa execução da mesma, possibilitando uma análise prévia do local, planejamento dos recursos e a fabricação dentro dos limites estabelecidos no projeto. Podemos citar essas etapas como: preparação do subleito, verificação do leito, nivelamento do subleito, reforço do subleito, preparação da sub-base, adequação da base, aplicação do revestimento e construção do acostamento.

Figura 02 – Camadas de preparação de estradas.



Fonte: Adaptado de (MARQUES, 2012)

Na preparação do subleito, necessário inicialmente a definição do tipo de veículos e quantidade estimada dos mesmos que irão trafegar por essa via, também é necessário a análise do solo, utilizando a verificação por meio de ensaios de sondagem do mesmo e estudos geotécnicos, há também análise do local onde, será construído essa via, se próximo a encostas, montanhas, lagos, rios, vegetação entre outros.

Quando da verificação do leito se faz necessário o acompanhamento a cada momento que é executado a preparação do subleito através da terraplanagem, pois é essa que garantirá o reforço à base e consequentemente ao revestimento da estrada para obter uma boa estrutura no projeto. Às vezes se faz necessário o nivelamento com adequações ao terreno para suportar a base, essas podem ser cortes e aterros para adequar as cotas de espessura da base da estrada. Outro fator importante também nesta fase é o reforço deste leito para corrigir possíveis imperfeições do subleito e proporcionando um leito adequado a base da estrada, este reforço pode muitas vezes ser feito utilizando de materiais como pedaços de rochas, pedras de mão, britas, areias e também argilas.

Após essa adequação do leito, se inicia a preparação da base, em primeiro verifica se é necessário a formação da sub-base para estabilizar a base da estrada, nesta etapa são utilizados materiais como britas, cimento ou cal para tentar corrigir as imperfeições menores, afim de garantir uma boa estabilidade, também neste momento é verificado se é necessário molhar a base e ou secar para deixar em uma condição adequada para o revestimento da estrada. A base também é que trará estabilidade e distribuição da carga originada do trafego dos veículos na estrada para o leito, mantendo a via em condições de uso rodoviário.

E por fim, tem-se a execução do revestimento da estrada ou também conhecido como camada ou capa, que pode ser tanto em asfalto como também em concreto ou paralelepípedos. É essa que sofre o contato direto com o trafego dos veículos, ela deve garantir certa resistência, impermeabilizar e também possibilitar suavidade no atrito dos veículos no movimento na estrada. E com a finalização do processo executa o acabamento juntamente com os acostamentos das vias, as canaletas para a água pluvial e as pinturas de demarcação da estrada.

3.7 GERENCIAMENTO DE PAVIMENTOS

Para o DNIT (2011), o gerenciamento na execução passa a ser rotineiro dentro de um estudo tecnológico mais avançado, aliado, a experiência cotidiana do engenheiro a todo o processo. É dever da gerência de pavimentos, realizar uma programação plurianual de investimento para todo o sistema de rodovias, determinando verbas e implementações adequadas ao seu bom e esperado desempenho.

Toda a criação de implantação, acompanhamento e desenvolvimento de um sistema eficiente de gerenciamento de pavimentos possui as seguintes etapas;

a) Decisão Inicial;
b) Organização de uma comissão de implantação e restauração;
c) Indicação da equipe para o sistema;
d) Seleção ou desenvolvimento do sistema de manutenção dos pavimentos;
e) Demonstração e funcionamento do sistema;
f) Implantação do sistema de gerência de pavimentos, aliado a revisão periódica.

4 TÉCNICAS CONSTRUTIVAS DE PAVIMENTOS

A conservação de um pavimento asfáltico compreende a correção rotineira de defeitos sob técnicas muito bem elaboradas. Quando seus custos anuais se tornam importantes ou defeitos como trincas, afundamentos plásticos e desgaste superficial começam a interferir com a serventia, deve-se restaurar o pavimento. A seguir, serão apresentadas algumas técnicas construtivas aplicáveis à conservação e manutenção de pavimentos executada pela concessionária de Rodovia ARTERIS no traçado da BR 381 - Rodovia Fernão Dias - de um segmento com 213 metros de extensão situado em Bragança Paulista/SP.

As Figuras 3 e 4 correspondem ao depósito de agregado graúdo e massa SPV 12,5 mm. Usina de concreto asfáltico usinado a quente do tipo SPV 12,5mm, carregando caminhões para transporte e aplicação no trecho em manutenção.

Figuras 3 e 4 – Depósito de agregado graúdo. Fonte: Arteris (2021).

As figuras 5 e 6 mostram a Dosagem em volume e espalhamento do SPV 12,5 mm, o concreto asfáltico. Usinado a quente do tipo SPV 12,5mm deve ser usinado com 1% de CAP (30-45) acima do teor ótimo (aproximadamente 5,8%) e deve atender todos os demais parâmetros estabelecidos conforme Especificação de Serviço Arteris CA- 027.

Figuras 5 e 6 – Dosagem em volume espalhada. Fonte: Arteris (2021).

Nas figuras 7 e 8, observar-se uma fresadora realizando a retirada do asfalto antigo, logo em seguida o subleito deve ser regularizado e selado com o rolo compactador vibratório liso.

Figuras 7 e 8 – Retirada de asfalto e selamento com rolo compactador.
Fonte: Arteris (2021).

As figuras 9 e 10 apresentam o material sendo descarregado e espalhado com o auxílio de uma escavadeira e moto niveladora dentro da faixa a ser recuperada.

Figuras 9 e 10 – Descarregamento e espalhamento de material. Fonte: Arteris (2021).

As figuras 11 e 12 mostram a compactação com a aplicação de 8 fechadas do rolo compactador vibratório pata curta e conformação da superfície realizado com a aplicação de 5 fechadas, utilizando um Rolo compactador vibratório liso.

Figuras 11 e 12 – Compactação e conformação da superfície. Fonte: Arteris (2021).

Nas figuras 13 e 14, tem-se a aplicação da camada de asfalto feita por vibro acabadora e rasteleiros dando acabamento nos cantos e locais onde a máquina não tem acesso.

Figuras 13 e 14 – Aplicação da camada de asfalto. Fonte: Arteris (2021).

As figuras 15 e 16 apresentam a compactação com rolo chapa para fechamento e correção das emendas da camada de asfalto antes da utilização do rolo de pneu para acabamento, após isso o tráfico pode ser liberado.

Figuras 15 e 16 – Compactação com rolo chapa. Fonte: Arteris (2021).

5 CONSIDERAÇÕES FINAS

Diante ao exposto na análise da engenharia de pavimentação e o conhecimento de suas técnicas construtivas, o trabalho contribuiu para o conhecimento na execução de obras de pavimentação. A observância quanto aos métodos, também levou aos estudiosos, ao aprimoramento das técnicas construtivas, equipando-os com instruções compatíveis com cada especialização exigidas em suas fases.

O gerenciamento na execução passa a ser rotineiro dentro de um estudo tecnológico mais avançado, aliado, a experiência cotidiana do engenheiro a todo o processo.

Concluiu-se ainda, que os elementos na construção de rodovias tiveram evolução considerável. Por outro lado, permitiu-se avaliar uma maior racionalização da distribuição de recursos e economia direta, pura e simples nos processos de pavimentação.

Corroborando o estudo de caso as revisões literárias, encontra-se atribuída a qualidade e eficiência na pavimentação de rodovias, um transporte rodoviário adequado as necessidades sociais, econômicas e estruturais de um país.

6 REFERÊNCIAS

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7182. Solo – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 2020.

REVISTA TECHNE. Edição 171. São Paulo. Junho/2011. Bimestral.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. Manual de Pavimentação. 3 ed. Rio de Janeiro. IPR. Publ. 2006.

DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM - Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico - Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários, Rio de Janeiro, 1999 – (PG185/95).

DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM - Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Especificação de serviços – Subleito, Rio de Janeiro, 1964 – (ME-47-64).

DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM - Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Especificação de serviços – Rio de Janeiro, 1994 – (ME-49-1994).

DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM - Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Especificação de serviços – Rio de Janeiro, 1994 – (ME-129-1994).

DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM - Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Especificação de serviços – Rio de Janeiro, 1994 – (ME-080-1994).

DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM - Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Especificação de serviços – Rio de Janeiro, 1994 – (ME-122-1994).

DER/SP - DEPARTAMENTO ESTRADAS DE RODAGEM – Secretaria de Transporte. Melhoria e preparo de subleito, São Paulo, 2005 – (ET-DE-P00/001).

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de pavimentação. 3. ed. Rio de Janeiro, 2006. (IPR. Publ., 719).

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - 148/2012 - ES: Pavimentação Asfáltica - Tratamento Superficial Triplo. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR, 2012.

FREITAS, Carlos Alberto de. Introdução a Engenharia.1a Edição. São Paulo. Editora Person, 2014. 160 p.

HOLTZAPPLE, M. T. Introdução à engenharia. Rio de Janeiro. LTC, 2006. 219 p.

MANUAL DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. (IPR. Publ. 720).

DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM - Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico - MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO. Rio de Janeiro, 1996. (IPR. Publ. 327 p.)

MANUAL DE TRATAMENTO SUPERFICIAIS: Simples, duplo e triplo. ARTERIS, 2021. (CDT/150-Rev. 00).

MARQUES, Geraldo Luciano de Oliveira. Notas de Aula da Disciplina de pavimentação. Universidade Federal de Juiz de Fora. 2012

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - 108/2009 – Terraplanagem – Aterros – Especificação de Serviços. ES (DNER-ES 287/97). Rio de Janeiro, 2009.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - 070/2006 – Condicionantes ambientais das áreas de uso de obras. (IPR-ES). Rio de Janeiro, 2006.

SENÇO, Wlastermiler de. Manual de técnicas de pavimentação. Vol. I. São Paulo: Editora Pini. 2007. 779 p.

SENÇO, Wlastermiler de. Manual de técnicas de pavimentação. 2 ed. Vol. II. São Paulo: Editora Pini. 2018. 688 p.

SOUZA, Murilo Lopes. Pavimentação Rodoviária. 2 ed. Rio de Janeiro : Livros Técnicos e Científicos, 1980.

GESTORA DE RODOVIAS ARTERIS – Disponível em: http://www.arteris.com.br (Acessado em 10/11/2021).

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – Manual de Gerência de Pavimentos. Rio de Janeiro, 2011. (IPR Publ. 745)