

ESTRADAS E PAVIMENTAÇÃO

SUMÁRIO

1-	PAVIMENTAÇÃO DE ESTRADAS FLORESTAIS	3
2-	AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS	19
3-	FUNÇÕES DO PAVIMENTO	24
4-	MÉTODOS DE ESTABILIZAÇÃO	27
5-	ASFALTO	33
6-	TIPOS DE REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS	41

REFERÊNCIAS

1- PAVIMENTAÇÃO DE ESTRADAS FLORESTAIS

Pavimentação de estradas florestais: emprego do alcatrão de madeira de eucalipto

As estradas florestais são as mais importantes vias de acesso às florestas, servindo para viabilizar o tráfego de mão-de-obra e os meios de produção, necessários para implantação, proteção, colheita e transporte da madeira e, ou, produtos florestais.

Estima-se, que a extensão da malha rodoviária florestal seja da ordem de 600 mil quilômetros, com uma tendência crescente em razão das novas ampliações de áreas plantadas das empresas florestais.

Nos últimos anos as exigências em termos de solicitações dessas estradas vêm aumentando, devido ao crescimento do volume de tráfego de veículos pesados e extra pesados, aumento das distâncias de transporte em rodovias de baixa qualidade, necessidade de trafegabilidade durante todo o ano com eficiência e segurança; e necessidade de estradas com maior vida útil. O que não condiz com o baixo padrão construtivo freqüentemente observado nestas obras que, em sua maioria, são estradas de terra ou cascalho não revestidas com misturas betuminosas.

Os principais problemas enfrentados na construção de estradas têm sido a durabilidade da superfície de rolamento e a escassez de solos com resistência adequada, pois os solos, em suas condições naturais, na sua grande maioria, não são suficientemente estáveis para suportar o tráfego de veículos, havendo a necessidade de aplicação de técnicas de estabilização para conferir-lhes as características de resistência mecânica solicitadas no projeto.

O desenvolvimento de novos métodos que alterem as propriedades do solo torna-se cada vez mais necessário, merecendo destaque especial a aplicação de técnicas de estabilização que podem facilitar, sobremaneira, a construção de estradas, permitindo fácil acesso às áreas florestais e melhorando o desempenho do transporte

florestal, em especial da estabilização química dos solos.

Como alternativa tecnológica, de baixo custo, o alcatrão de madeira de eucalipto, resíduo industrial subproduto do processo de produção do carvão vegetal, cujo potencial nacional de geração para as usinas integradas é da ordem de 140 a 800 mil t/ano, vem sendo pesquisado, pelo Grupo de Pesquisa da Universidade Federal de Viçosa, com vistas à sua aplicação na estabilização química de solos, para melhorar o padrão construtivo das rodovias e minimizar, através de sua recuperação, os impactos ambientais devido à redução da emissão de poluentes para o ar.

Materiais betuminosos

O termo betuminoso, do ponto de vista de rodovias, está restrito a materiais de caráter cimentício, por si ou pelos seus resíduos, e são incluídos nesta designação os conhecidos asfaltos e alcatrões. Os materiais betuminosos são definidos como sendo hidrocarbonetos, ou uma mistura de hidrocarbonetos, de origens natural e/ou artificial acompanhados ou não de seus derivados não-metálicos e completamente solúveis em bissulfeto de carbono (CS₂), com características aglutinantes e impermeabilizantes, desejáveis na pavimentação, pois promovem a ligação dos agregados e a impermeabilização do pavimento.

O interesse de se utilizar o alcatrão, em pavimentos flexíveis, se justifica pela: resistência dos alcatrões à ação da água, boa adesividade e poder de umectação. Como desvantagem, apresentam uma maior suscetibilidade térmica e maior oxidação que os asfaltos.

A obtenção do alcatrão vegetal baseia-se no aproveitamento das fumaças expelidas pelos fornos durante a carbonização, processo no qual a madeira é submetida a aquecimento em ambiente fechado com atmosfera controlada, pobre em oxigênio. Durante o processo de decomposição térmica da madeira, cada um dos seus

componentes sofre degradação pela ação da temperatura, resultando em um produto sólido, carvão vegetal, e em material volátil que por sua vez pode ser condensado gerando o líquido pirolenhoso, constituído por ácido pirolenhoso e alcatrão A.

O alcatrão A, de interesse para a estabilização, é oleoso, possui cheiro forte e penetrante de fumaça, com composição extremamente variável podendo conter até 50% de derivados fenólicos.

A estabilização de um solo compreende qualquer modificação introduzida no seu comportamento natural para adequá-lo às exigências de projeto de uma determinada obra de engenharia.

O emprego da estabilização química, uso de algum aditivo sólido ou líquido capaz de modificar as propriedades do solo, e da estabilização mecânica, emprego dos métodos mecânicos de estabilização de solos capazes de melhorar as qualidades geotécnicas destes sem, contudo, causarem alterações sobre suas propriedades inerentes, é um procedimento comum em se tratando de estradas. Esta constatação fundamenta-se em aspectos técnicos e econômicos.

Estabilização com materiais ligantes ou impermeabilizantes

- a adição de betume, em solos granulares, provoca aglutinação entre as partículas, aumentando a parcela de coesão, e, em geral, uma redução do ângulo de atrito interno. Em solos argilosos, provoca bloqueio dos vazios, impermeabilizando o solo e mantendo o seu teor de umidade de compactação. Os betumes mais comuns são os asfaltos e os alcatrões.

Estabilização com agentes aglutinantes

- estabilização solo-cal - técnica empregada na área de pavimentação, visando, principalmente, a melhoria permanente das características dos solos, obtendo, assim, um aumento de resistência à ação da água, uma melhoria do seu poder de

suporte, além de favorecer, em muito, a trabalhabilidade de solos argilosos.

- estabilização solo-cimento , o efeito do cimento, nos solos granulares, destina-se, principalmente, a criar ligações nos contatos intergranulares, de modo a garantir um aumento da parcela resistente relativa à coesão. Nos solos finos, os grãos de cimento comportam-se como núcleos, aos quais aderem as partículas que o rodeiam formando regiões de material floculado que apresentam ligações oriundas dos fenômenos de cimentação. Para estes autores, o cimento tem a função de desenvolver uma estrutura capaz de minimizar as variações de umidade do solo, que desenvolvem grandes forças de tração e compressão no interior de massas porosas.

Apesar da existência de vários relatos, na literatura internacional, na área de estradas, sobre o comportamento estático dos solos, misturas solo-cal e misturas solo-cimento, para fins rodoviários, observa-se que poucos estudos têm sido direcionados à análise da resposta dinâmica das misturas solos-resíduos industriais mesmo considerando-se os vários campos de aplicação da estabilização dos solos, em nível internacional.

Levando-se em consideração que o tipo de solo é de grande significância na avaliação do parâmetro reatividade solo-estabilizante, cresce o interesse em se desenvolver estudos de caráter regional para a análise das propriedades dinâmicas de misturas estabilizantes, particularmente em se considerando as aplicações no campo de estradas florestais.

Reforça-se esta necessidade no fato de que os materiais que compõem o pavimento rodoviário estão submetidos a cargas dinâmicas e transientes, tornando indispensável que se proceda a um estudo dos mesmos em laboratório, também sob condições dinâmicas, tentando reproduzir, tanto quanto possível, as condições de campo.

Assim, observa-se que a importância do estudo das características resilientes dos solos e misturas estabilizadas quimicamente justifica-se pela necessidade de se

conhecer o seu comportamento ao longo do tempo, sob a ação de cargas, quando constituinte do pavimento de estradas florestais.

Comportamento estático dos solos e das misturas

Utilizando-se do alcatrão nos quantitativos de 0; 0,25; 0,50; 1,00; 2,00; 4,00 e 6,00%, cal hidratada e cimento Portland, em conjunto com o alcatrão, na dosagem de 2%, considerando-se a energia de compactação AASHTO Normal.

Com base nos resultados verificou-se que:

o alcatrão agiu diferentemente em cada solo e em cada mistura solo-cal e solo-cimento; houve efeito tanto das dosagens quanto do período de cura (conforme se observa no Quadro 1);

do ponto de vista da resistência mecânica, aproximou-se das especificações do DNER para camadas de sub-base de pavimentos rodoviários em alguns tratamentos;

as misturas solo-cal-alcatrão e solo-cimento-alcatrão apresentaram melhorias substanciais nos parâmetros de resistência mecânica em relação aos solos. Ocorrendo, em alguns casos, a potencialização dos resultados de quando se trabalhou com as misturas solo-cal e solo-cimento ;

houve mudanças nas características mecânicas e hidráulicas do solo;

O solo VS, em seu estado natural apresentou um CBR de (13,6%), podendo ser utilizado somente como camada de reforço do subleito de acordo com DNER. A melhor reatividade solo-alcatrão foi observada para o solo VS na presença de 2% de cal e de cimento passando a índices de 40,67 e 63,61% devido, provavelmente, à uma potencialização da ação cimentante da cal e do cimento causada pelo alcatrão.

Análise da resposta dinâmica das misturas solo-resíduo industrial

Trabalhando com os melhores resultados avaliou-se a resposta mecânica do parâmetro módulo de resiliência de duas amostras de solos da Microrregião de Viçosa, Estado de Minas Gerais, Brasil, quando estabilizadas com alcatrão de madeira, cal-alcatrão e cimento-alcatrão para pavimentação de estradas florestais, segundo a metodologia de LEE et al. (1997), e propôs correlações entre o módulo de resiliência e outros parâmetros geotécnicos de fácil obtenção em laboratório.

Com base nos valores dos coeficientes de determinação (R^2), encontrados para algumas correlações do módulo de resiliência com os parâmetros de tensão correspondente à deformação de 1% e módulo tangente inicial, dos solos e/ou misturas estabilizadas quimicamente, concluiu-se que:

há uma grande possibilidade de se determinar o módulo de resiliência através do emprego de alguns parâmetros geotécnicos de fácil obtenção; merecendo destaque, a utilização da tensão correspondente à deformação de 1% e do módulo tangente inicial. Ambos os parâmetros ocorrem no ramo elástico das curvas tensão “versus” deformação e é justamente no regime elástico que o módulo de resiliência atua avaliando a rigidez do material;

a correlação de mais de um parâmetro com o módulo de resiliência também se apresenta bastante promissora;

com base nos valores obtidos de módulo de resiliência, é possível analisar o comportamento estrutural de um pavimento, empregando-se em algumas de suas camadas, os solos e/ou misturas utilizados no trabalho, a partir do uso de métodos racionais aplicados à mecânica dos pavimentos.

A Universidade Federal de Viçosa vem se tornando referência nacional na estabilização de solos com o uso de resíduos industriais, como uma alternativa

técnica de baixo custo. Testes com resíduos provenientes da indústria de celulose e papel merecendo destaque os trabalhos realizados com o licor negro Kraft, a lama de cal e o grits. Merece atenção também o uso de escória, principalmente a de alto-forno, que tem conduzido a resultados interessantes para os mais variados tipos de solos. Os aspectos ambientais e de distância de transporte da fábrica de deposição do resíduo até o local de aplicação, podem vir a ser um condicionante para esse tipo de estabilização.

Estes aditivos, subprodutos industriais, constitui-se numa alternativa técnica de baixo custo só que, até o presente momento, não possuem comprovada eficiência quando comparado com os estabilizantes tradicionais, ou seja, a cal, o cimento e o betume.

Custos de estradas em florestas plantadas

As estradas florestais são as mais importantes vias de acesso às florestas, servindo para viabilizar o tráfego de mão-de-obra e os meios de produção, necessários para implantação, proteção, colheita e transporte dos produtos florestais. Elas têm como principais características o baixo volume de tráfego, às vezes temporário, e o tráfego pesado e extrapesado, ocorrendo normalmente em um único sentido, por meio de veículos com capacidade de carga entre 30 e 40 toneladas e de veículos com carga acima de 40 toneladas, respectivamente.

Na década de 80, estimava-se a extensão da malha rodoviária florestal brasileira em 600 mil quilômetros, podendo este número ter aumentado consideravelmente com o decorrer das novas ampliações das empresas florestais. Também, aumentaram nos últimos anos as exigências em termos de solicitações dessas estradas, devido ao aumento do volume de tráfego de veículos de alta tonelagem; ao aumento das distâncias de transporte em rodovias de baixa qualidade; à necessidade de trafegabilidade durante todo o ano; e à necessidade de estradas com maior vida útil. Por isto, o setor de estradas tem adquirido grande importância dentro do empreendimento florestal, uma vez que os custos do binômio estrada-

transporte incidem, significativamente, sobre o valor final da madeira.

As estradas podem ser classificadas de acordo com a sua importância, o modo de construção e o material empregado. Existem no Brasil muitas divergências quanto à qualidade da rede rodoviária florestal entre as regiões e as empresas do setor, devendo ser ressaltado que poucas possuem um sistema de classificação próprio com seus respectivos padrões, em virtude da inexistência de uma classificação de estradas florestais em nível nacional.

Outro aspecto importante diz respeito ao padrão das estradas, uma vez que ele influencia os custos de construção, de manutenção e de transporte, especialmente através de suas geometrias horizontal e vertical, da qualidade da superfície da pista de rolamento e da largura. O padrão também influencia o desempenho energético dos veículos, a durabilidade dos pneus e a eficiência operacional dos veículos. Portanto, torna-se importante estabelecer um sistema de classificação de forma a permitir o diálogo sem problemas de terminologia e dar subsídios ao planejamento, visando a implantação, conservação e avaliação das estradas existentes.

Este trabalho teve como objetivos elaborar uma classificação com diferentes classes e tipos de estradas em florestas plantadas para a Região Sudeste do Brasil, estimar os seus respectivos custos de construção e aplicar esta classificação em uma empresa florestal.

Os critérios adotados para classificação das estradas florestais foram a combinação de alguns parâmetros de qualidade que influenciam o desempenho dos veículos de transporte e os custos de construção, as quais foram subdivididas quanto à classe e quanto ao tipo de estrada.

Foram combinados os seguintes parâmetros de qualidade para identificação das estradas quanto à classe: geometria horizontal, largura e tipo de revestimento da superfície da pista de rolamento. As classes de estradas obtidas foram hierarquizadas da melhor para a pior, utilizando como referência o desempenho do

veículo de transporte. Para tal, utilizou-se o sistema TRANSROAD, desenvolvido por Machado (1991), para simulação da velocidade média de um veículo 6X4 com 200 cv de potência e carregado com 20 toneladas de peso bruto total (PBT).

a) Geometria Horizontal

O índice de geometria horizontal (GH) é um fator calculado pela razão do raio médio de curvas de concordância horizontal de um segmento variável de estrada e o número de curvas por quilômetro, através da seguinte expressão:

em que R = raio médio da(s) curva(s) de um segmento variável de estrada (m); e
 NC = número de curvas por quilômetro.

Para classificar as estradas quanto ao índice de GH, utilizou-se a classificação subjetiva de Sessions & Sessions, transformada para o sistema métrico

b) Largura

- Estrada com pista simples: Possui pista de rolamento com faixa única e largura inferior a 5m, o que permite o tráfego de veículos em único sentido, mas com faixa de ultrapassagem distribuída ao longo da rodovia.

- Pista dupla: Possui pista de rolamento com duas faixas e largura superior a 7 m, o que permite que dois veículos possam cruzar ou ultrapassar, sem haver redução drástica da velocidade de operação.

c) Superfície da Pista de Rolamento

- Estrada pavimentada: É aquela revestida com concreto betuminoso ou concreto com cimento, o que permite o tráfego de veículos durante todo o ano.

- Estrada com revestimento primário: É aquela revestida com material granular

(saibros, cascalhos etc.), o que permite o tráfego de veículos durante todo o ano.

- Estrada sem revestimento: É aquela que não apresenta qualquer tipo de revestimento, portanto, geralmente, não ocorre o tráfego de veículos durante a época chuvosa.

Os critérios adotados para classificação, visando a obtenção dos custos de construção, foram a combinação dos seguintes parâmetros de qualidade: geometria horizontal, largura, tipo de superfície da pista de rolamento, relevo e tipo de solo do subleito da estrada. Os três primeiros foram os mesmos descritos anteriormente, enquanto para o greide e o tipo de solo de subleito procedeu-se da seguinte forma:

a) Greide

Os critérios de classificação quanto ao relevo foram convencionados em três tipos:

-Estrada com greide inferior a 5% (relevo plano).

-Estrada com greide entre 6 e 8% (relevo ondulado).

-Estrada com greide entre 9 e 15% (relevo montanhoso).

b) Solos de Subleito

Adotou-se a classificação "Highway Research Board" (HRB), dividindo-se os solos em dois grandes grupos:

- Solos granulares: Constituído por material granular contendo 35% ou menos de material com diâmetro menor que 0,074 mm.

- Solos Finos: Constituído por material silto e argiloso contendo mais do que 35% de material com diâmetro menor que 0,074 mm.

Custo de Construção de Estrada Florestal

O custo de construção foi estimado para cada tipo de estrada, por meio do somatório dos custos das atividades envolvidas na construção: levantamento topográfico; limpeza e terraplanagem; drenagem; e pavimentação (revestimento primário ou asfáltico).

a) Levantamento Topográfico

Os custos com levantamento topográfico referem-se aos serviços realizados por uma equipe de um topógrafo e três ajudantes.

b) Limpeza e Terraplanagem

Os custos de limpeza e terraplanagem referem-se às atividades de corte de árvores, destoca, remoção de resíduos, remoção da matéria orgânica, execução de corte e aterro e compactação.

c) Drenagem

Os custos de drenagem referem-se à construção de bueiros e sarjetas e à colocação de manilhas.

d) Pavimentação

Estes custos foram subdivididos em: pavimentação com revestimento primário (cascalho) obtido em jazida a uma distância média de 5 km e com 10 cm de espessura; e pavimentação com revestimento asfáltico, com espessura de 3 cm e base de 20 cm. Os custos de pavimentação asfáltica foram estimados a partir de informações do DER-MG, considerando as seguintes atividades: regularização do subleito, escavação de material de jazida, revestimento primário, imprimação, pintura de ligação e concreto betuminoso usinado a quente, conforme mostrado no Quadro 2.

A escavação de material de jazida referiu-se à obtenção e ao transporte do material até o local de utilização, enquanto o revestimento primário referiu-se à realização do espalhamento e à compactação desse material.

Classificação das Estradas

Foram consideradas todas as estradas da área de realização da pesquisa, sendo estas previamente agrupadas em três categorias: estradas principais, secundárias e terciárias. O procedimento para obtenção dos valores de GH, largura, tipo de superfície da pista de rolamento, greide e tipo de solo de subleito dentro de cada categoria foi:

a) Geometria Horizontal

Os índices de GH foram determinados pelo raio médio das curvas e o número de curvas por quilômetro, através de levantamento de campo. Para tal, foram utilizados de teodolito, mira e trena.

b) Largura

A largura foi obtida através de informações do banco de dados da empresa e por meio de levantamento de campo, para aferição.

c) Superfície de Rolamento

O tipo de revestimento da superfície de rolamento foi determinado através de mapa fornecido pela empresa e por meio de reconhecimento de campo para aferição.

d) Greide

O greide das estradas foi determinado mediante informações obtidas na empresa.

e) Solo de Subleito

A determinação do tipo de solo de subleito foi feita através de ensaios geotécnicos,

obedecendo às recomendações da NBR 6457/86. Para tal, efetuou-se a coleta de amostras, utilizando a carta de solos da empresa, que estava estratificava em seis perfis. Procedeu-se então à coleta de uma amostra dentro de cada categoria de estrada situada em cada perfil:

- Análise granulométrica conjunta: Foi realizada na porção do solo que passou na peneira de número 10, obedecendo à norma NBR 7.181/82 - Solos.

- Massa específica do solo: Foi realizada em todas as amostras de solos, seguindo a norma NBR 6.508/80 - Determinação da massa específica dos grãos de solo.

- Limites de Atterberg: As determinações dos limites de liquidez (LL) e de plasticidade (LP) seguiram às normas NBR 6.459/84 e 7.180/94.

- CBR: A capacidade de suporte dos solos foi determinada através do índice de CBR, conforme procedimento recomendado pela norma NBR 9895/87.

Os resultados da classificação de estradas possíveis de ocorrer no setor florestal foram subdivididos quanto ao tipo e à classe de estrada.

Quanto à Classe

Mediante a combinação dos parâmetros de qualidade, foram obtidas, de forma hierarquizada, com base no desempenho do veículo de transporte (velocidade operacional), 20 diferentes classes de estradas florestais, as quais foram compiladas no da melhor combinação para a pior.

Nessa classificação não foram consideradas as estradas florestais que apresentam pista simples revestida com pavimentação asfáltica, por serem elas de difícil ocorrência no setor florestal.

Quanto ao Tipo

Através da combinação dos parâmetros de qualidade que influenciam a construção, obteve-se uma classificação com 120 tipos diferentes de estradas de possível ocorrência no setor florestal. Como pode ser observado, as estradas com pista simples e pavimentação asfáltica não foram contempladas, em função de serem de difícil ocorrência.

Custos de Construção de Estradas Florestais

Com base nas atividades que fazem parte da construção: levantamento topográfico, limpeza e terraplanagem da faixa estradal, drenagem e pavimentação, foram obtidos os valores de custos de construção para cada tipo de estrada obtida na classificação do Quadro 4. A variação nos valores de custos de construção ocorreu, principalmente, em função do greide, da largura e do tipo de revestimento da pista de rolamento.

Nas estradas com pista dupla e pavimentação asfáltica, este tipo de revestimento representou 90,8, 89,3 e 87,8% dos custos totais de construção, quando em terrenos planos, ondulados e montanhosos, respectivamente. Nas estradas com pista dupla e revestimento primário, este representou 55,3, 43,0 e 35,3% dos custos totais de construção, quando em terrenos planos, ondulados e montanhosos, respectivamente. Já nas estradas com pista simples, o revestimento primário representou 51,6, 40,1 e 32,7% dos custos totais, quando em terrenos planos, ondulados e montanhosos, respectivamente. Pode-se verificar que este decréscimo se deve ao aumento dos outros custos de infra-estrutura, principalmente a drenagem.

Classificação e Custos de Construção de Estradas: Estudo de Caso

A Figura 2 mostra uma visão geral de todas as estradas da área de estudo, distribuídas segundo a categoria: estradas principais, secundárias e terciárias.

Utilizando a classificação de estrada elaborada, procedeu-se à sua aplicação em

todas as categorias de estradas na região de realização da pesquisa. Devido à semelhança das estradas dentro de cada categoria, os resultados foram generalizados por meio de um valor médio para todas as estradas.

A classificação de estradas da região da pesquisa encontra-se no Quadro 5. De acordo com os resultados, pode-se constatar que as estradas principais foram aquelas de melhor padrão de qualidade, devido, principalmente, às exigências de tráfego de veículos leves, pesados e extra-pesados. As estradas secundárias apresentaram um padrão de qualidade intermediário, onde a superfície de rolamento pôde ser considerada como parâmetro comprometedor, podendo impedir o tráfego de veículos em determinadas épocas do ano.

As estradas terciárias apresentaram um padrão de qualidade inferior, pois apresentam superfície da pista de rolamento sem qualquer tipo de revestimento e pista simples, podendo comprometer a trafegabilidade em determinadas épocas do ano, bem como o desempenho dos veículos de transporte.

Como pode ser observado, o custo de construção para as estradas principais foi mais elevado, pelo fato de elas receberem revestimento primário em toda a sua extensão, garantindo o tráfego de veículos de alta tonelagem. As estradas secundárias apresentaram um custo intermediário, uma vez que elas recebem revestimento em pontos específicos somente quando houver necessidade. As estradas terciárias apresentaram menor custo devido ao seu baixo padrão de construção e nível de tráfego, requerendo apenas reparos em pontos críticos quando do período chuvoso.

Quanto ao desempenho dos veículos de transporte nas três categorias de estradas encontradas que a velocidade média do veículo decresceu com o padrão de qualidade das estradas, o que pode contribuir para o aumento dos custos de transporte.

Como conclusão, a elaboração de um sistema de classificação de estradas florestais é importante para o planejamento do transporte, pois possibilita prever o desempenho dos veículos de transporte e os custos de construção, conservação e avaliação das estradas existentes.

Na área de realização do estudo, as estradas principais apresentaram custo de construção mais elevado, fato este devido ao seu melhor padrão de qualidade, exigido pelo elevado volume de tráfego de veículos leves, pesados e extra-pesados durante todo o ano.

De acordo com a classificação elaborada, as estradas principais, secundárias e terciárias da área estudo permitem uma velocidade média do veículo de transporte de 41,0 30,3 e 24,3 km/hora, respectivamente.

Os custos de construção de uma estrada de melhor padrão (GH excelente, topografia plana, pista dupla e revestimento asfáltico) foram de R\$ 44.210,00/km, enquanto para uma estrada de pior qualidade (GH ruim, topografia montanhosa, pista simples e sem revestimento) foram de R\$ 6.413,00/km.

2- AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

Impactos ambientais gerados por rodovias

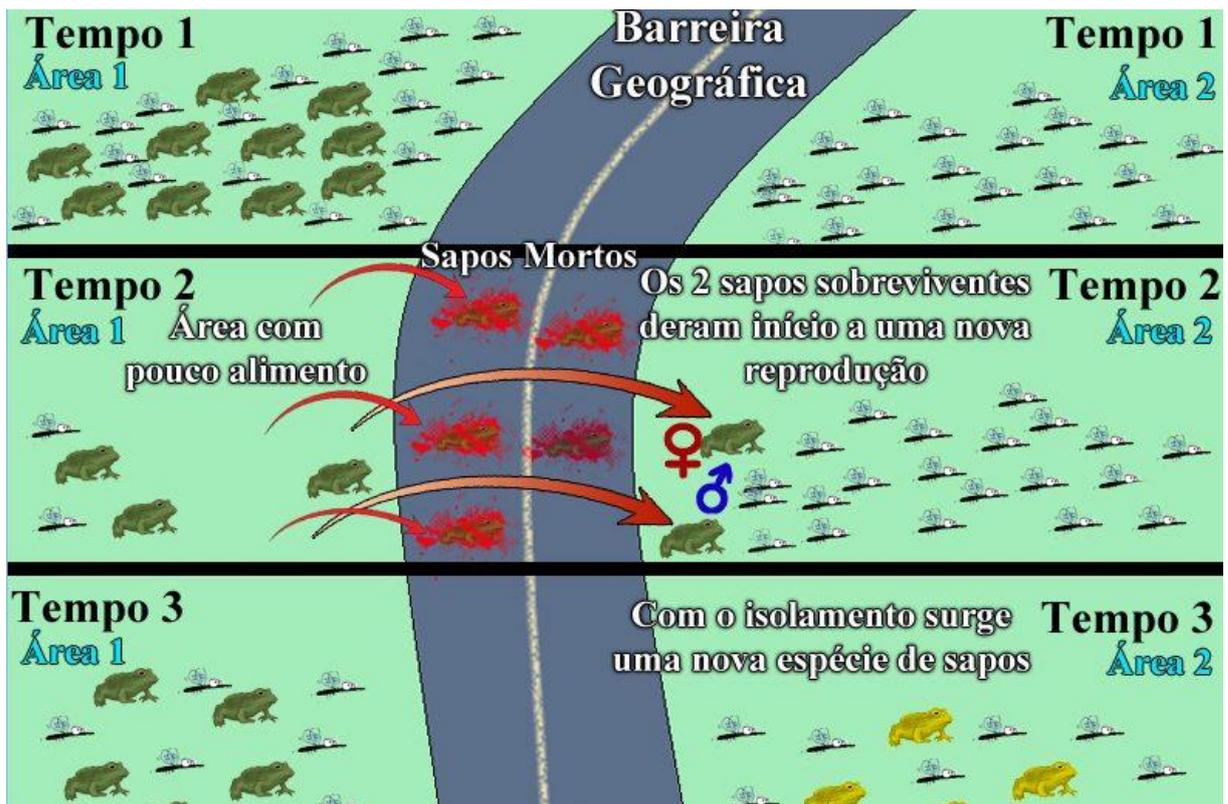
Para falar dos impactos ambientais de maneira geral, é preciso ter em mente que eles dependem da rodovia e de cada área/trecho dela. Há impactos que terão maior intensidade em determinadas áreas que em outras. Ainda, devem ser analisados os impactos não só ao final da construção da rodovia (fase de operação), mas também nas fases de projeto e de construção.

+ *Impactos negativos*

Meio biótico:

– **Supressão de vegetação e de ambientes terrestres e transitórios:** embora algumas rodovias tenham residências e pontos comerciais ou industriais no entorno, muitas foram construídas quando ali só existia vegetação, ou seja, foi necessário retirar a área verde para a obra.

– **Barreiras de deslocamento de animais e afugentamento da fauna:** As rodovias funcionam como um obstáculo que impede o animal de atravessar. Não é raro ver animais mortos nas pistas das rodovias. Anualmente, 475 milhões de animais são mortos, por ano, por atropelamento nas rodovias do país. Ainda, elas fragmentam o ambiente e podem acarretar o isolamento reprodutivo das espécies. A presença de humanos e de equipamentos/veículos também pode afugentar a fauna local.



– **Proliferação de vetores e reservatórios de doenças e acúmulo de resíduos:** retirar material do solo pode criar locais ideais para a reprodução de alguns vetores. Ainda, vale citar que o problema é agravado quando a população que utiliza a via joga nela resíduos, os quais podem acumular água. Os resíduos também podem atrair a fauna local para a rodovia.

Meio físico:

– **Alteração da superfície geomorfológica, erosão, assoreamento e inundação:** as obras modificam a superfície topográfica local. Além disso, a movimentação do solo e a perda da cobertura vegetal, a impermeabilização e a compactação do solo podem gerar impactos como erosão, assoreamento e inundação.



Imagem: hojerondonia.com

- **Alteração dos parâmetros físicos e químicos do solo:** a remoção de vegetação, a movimentação do solo e outros fatores podem ocasionar a desestruturação e compactação do solo, reduzindo a permeabilidade, a porosidade e outros parâmetros.
- **Contaminação dos solos:** causada por combustíveis e lubrificantes de máquinas e de veículos.
- **Alteração na qualidade das águas superficiais e subterrâneas:** a contaminação dos recursos hídricos pode acontecer tanto durante a obra quanto após a sua conclusão, pelas mais diversas formas.

Meio antrópico:

- **Acidentes:** as máquinas e veículos que circulam pela área da construção podem causar acidentes tanto para os trabalhadores como para os moradores da região.

– **Alteração no fluxo de veículos e pedestres e na malha viária:** o aumento do tráfego pode alterar a qualidade de vida da população. Um exemplo é o aumento da poluição atmosférica e da poluição sonora.



Imagem: g17.globo.com

– **Alteração de áreas produtivas:** dependendo da área, a construção da rodovia pode reduzir a produção agropecuária local.

– **Impactos em sítios arqueológicos:** a implantação da rodovia pode danificar o patrimônio cultural, histórico e arqueológico local.

+ Impactos Positivos

Como exemplo de impactos positivos, é possível citar a alteração das atividades econômicas, a maior mobilidade e a maior geração de empregos decorrente da alteração da economia local. Embora eles pareçam poucos, eles podem ser significativos e servem para justificar a construção de muitas rodovias pelo país.

+ Mitigação de impactos negativos e maximização de impactos positivos

Para minimizar os impactos negativos e ampliar os positivos, é necessário que a equipe responsável proponha medidas mitigadoras e programas (de controle de ruídos, particulados, controle de processos erosivos, de acidentes, de monitoramento

de recursos hídricos e outros). As medidas mitigadoras e compensatórias são, normalmente, descritas no Plano Básico Ambiental (PBA), na fase de requerimento da licença de instalação.

Só com esses exemplos já é possível ver que há uma lista enorme de impactos ambientais e de fatores que devem ser analisados no projeto da construção de rodovias. Isso já é justificativa suficiente para elaboração de um EIA/RIMA.

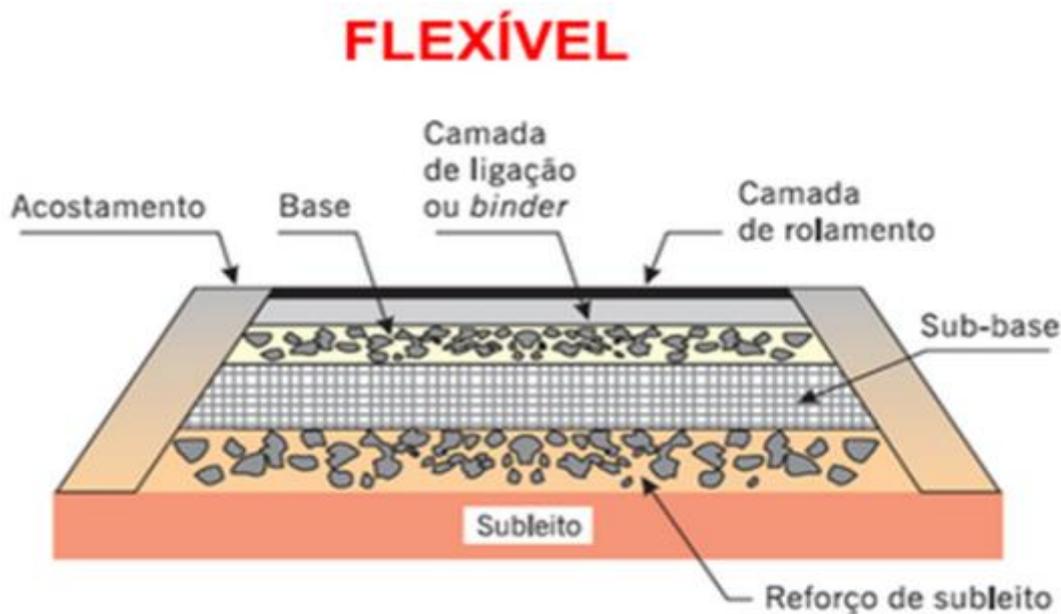
Cabe aos profissionais responsáveis pelo documento a análise correta dos impactos e a proposição de medidas e programas que serão realmente eficientes e cabe ao órgão ambiental a avaliação correta do EIA. A população também tem o direito de opinar a respeito do projeto na consulta pública. Todo esse processo visa tentar impor um equilíbrio entre o homem e o ambiente, de modo que o crescimento seja sustentável.

3- FUNÇÕES DO PAVIMENTO

O Pavimento é uma estrutura que não permanece por longo período de tempo, chamada por BALBO (2007) como uma estrutura não perene. Mais do que isso, o pavimento é composto por diversas camadas sobrepostas de diferentes materiais, que são compactados a partir do subleito. O subleito é chamada também de CFT – Camada Final de Terraplenagem – e caso você tenha já algum conhecimento de obras rodoviárias é o seu greide em um desenho geométrico viário.

Mas afinal, qual a função de um pavimento? O Pavimento tem por função proteger o subleito das solicitações horizontais e verticais, garantindo dessa forma conforto e segurança na via a um mínimo custo.

As camadas do pavimento são concebidas de forma a aliviar as tensões sobre as camadas inferiores, dessa forma a carga solicitada na primeira camada é aliviada para que o subleito receba apenas uma parcela dessa solicitação. Um bom dimensionamento das camadas do pavimento garantem durabilidade e conforto. O pavimento pode ser também dividido em duas categorias, os pavimentos flexíveis e os pavimentos rígidos. Os pavimentos rígidos são aqueles compostos por materiais de Cimento Portland. Os pavimentos flexíveis são aqueles compostos por materiais betuminosos. Nesse primeiro instante, abordaremos apenas os flexíveis, pois são os mais usualmente utilizados no Brasil.



De forma mais genérica, o pavimento pode ser definido nas seguintes camadas:

1. Revestimento
2. Base
3. Subbase
4. Reforço de Subleito
5. Subleito

Todo pavimento deve possuir no mínimo as camadas de revestimento e subleito. Dessa forma, o termo “pavimento de pontes” é considerado um termo incorreto por não possuir a camada de subleito, como destaca BALBO (2007) no livro “Pavimentação Asfáltica – Materiais, projeto e restauração”.

Entenda a estrutura básica de um pavimento de concreto

Para que um pavimento de concreto seja seguro, duradouro e resistente a todos os esforços causados pelo rolamento dos veículos, existe uma série de etapas que preparam o solo para o recebimento da estrutura. Basicamente, todo pavimento rígido é composto por duas camadas principais: revestimento de concreto e sub-base, além do subleito. O concreto é constituído por uma mistura de cimento Portland, areia, agregado graúdo e água, distribuído numa camada devidamente adensada.

Conheça abaixo as principais camadas que compõem o pavimento e suas funções específicas:



Subleito: consiste no terreno de natural que foi preparado para receber o pavimento. Essa preparação pode ser feita com solo local ou solo de empréstimo. Toda a camada deve estar limpa para receber as demais etapas de construção do pavimento.

Sub-base: a sub-base tem como papel assentar as placas de concreto. É executada com material e espessura definidos no projeto e não deve apresentar expansibilidade nem ser bombeável, assegurando às placas um suporte uniforme ao longo do tempo.

Revestimento de concreto: consiste na última camada do pavimento, que recebe diretamente a ação dos veículos. Tem como objetivos melhorar a segurança e a comodidade do rolamento e resistir aos esforços que atuam sobre ele.

4- MÉTODOS DE ESTABILIZAÇÃO

Como o estabilizante de solo aumenta a durabilidade das estradas

A água é a maior causa de deslizamentos de terra em taludes construídos. Por esse motivo, são utilizadas técnicas para a remoção da umidade do interior dos solos, tais como a drenagem e o uso de estabilizante de solo.

Esse tipo de estratégia é adotado especialmente no caso de estradas, em que a construção de taludes e a terraplenagem, procedimentos indispensáveis a esse tipo de obra, afetam a capacidade estrutural do solo. Este, por sua vez, é caracterizado pela presença de água, o que influencia enormemente na estabilidade do solo e da obra.

Diante disso, a impermeabilização do solo é indispensável para o sucesso da construção de obras como aterros sanitários, aeroportos e estradas. Veja no post a seguir como produtos inovadores ajudam a estabilizar e impermeabilizar solos e, ainda, reduzir os custos da obra.

O que é o estabilizante de solo

O estabilizante de solo faz parte de um processo de correção do solo nativo de modo a melhorar suas propriedades mecânicas para receber alguma construção. Qualquer obra, seja ela uma estrada, um aterro ou um aeroporto, requer o preparo adequado do terreno.

Isto porque, a exemplo das estradas, a pavimentação é uma estrutura de várias camadas (aterro, subleito, reforço de subleito, sub-base e base), construídas a partir da superfície terraplenada e arranjada de modo a resistir aos esforços a que será submetida – o peso da própria estrada e dos veículos que circularão sobre ela, principalmente.

Assim, o solo constitui a *sub-base* das construções. Para ser passível de utilização em construções, é necessário que o solo seja caracterizado. Com essas informações, é possível conhecer suas propriedades físicas e mecânicas, além de compreender seu comportamento.

No que tange *estabilidade*, alguns dos principais fatores são a porosidade e a composição granulométrica do solo. Porém, é comum que os solos naturais não

tenham as propriedades físicas e mecânicas adequadas à obra que se pretende construir. Diante disso, é necessária sua correção, processo também conhecido por *estabilização do solo*.

Essa atividade é a execução de um processo mecânico e/ou químico que melhore as propriedades do solo em termos de capacidade de suporte de cargas e ação climática. É possível adotar os procedimentos de forma combinada ou individual, dependendo da viabilidade técnica e econômica. Os principais métodos de estabilização do solo são:

- compactação;
- correção granulométrica;
- adição de estabilizantes químicos.

No caso do **estabilizante de solo químico**, acrescentam-se os chamados *aditivos estabilizantes*. Ao ser submetido a um processo de estabilização química, o solo tem sua estrutura alterada. Com isso, terá maior resistência mecânica, menor permeabilidade e compressibilidade reduzida em comparação com o solo natural.

A adição de estabilizador de solo ao terreno natural desencadeia reações químicas que preenchem os poros, melhoram as características de umidade e promovem a compactação do solo. Com isso, ocorrem melhorias nas propriedades do solo para fins de construções e obras.

Os tipos mais comuns de estabilizadores químicos são:

- produtos industrializados
- escória de siderurgia
- cimento Portland
- pozolana
- betumes
- cal

Com funciona um estabilizante de solo

O estabilizante de solo atua sobre as partículas finas do terreno, o que melhora sua capacidade de suporte ao reduzir sua expansão e sucção por causa da presença de água no solo. Este aditivo não requer o uso de materiais drenantes como britas ou outros agregados utilizados em processos de pavimentação.

O produto é aspergido sobre a área já terraplenada onde será construída a estrada e permanece sem ser mexido pelo período chamado de *curagem* do estabilizante. A camada seca de estabilizante de solo é dura e impermeável, além de reduzir a formação de lama em dias de chuva e a poeira em dias secos, por agregar as partículas finas de terra.

No caso de estradas rurais e florestais, esse estrato superior pode ser suficiente, dependendo do projeto. Para estradas com asfalto, o aditivo estabilizante de solo atua como um melhorador da capacidade de suporte, sendo por isso recomendado para as etapas de preparação de base e sub-base de rodovias de tráfego intenso.

O estabilizante de solo pode ser aplicado na preparação do solo em outras obras, tais como ferrovias, loteamentos, avenidas, aeroportos, aterros, entre outros.

Pode ser encontrado na forma de pó ou na forma líquida. Sua aplicação é feita com o uso de caminhão tanque ou caminhão pipa.

Como o estabilizante de solo ajuda a reduzir custos na obra

Em qualquer obra construída sobre a terra, presença de água no solo é problemática. Por esse motivo, será necessária a remoção de água do terreno para que a estabilidade do solo e da futura construção não seja comprometida. Uma das formas mais típicas de remoção de excesso de água é a drenagem. Porém, esse processo pode ser caro.

O uso do estabilizante de solo significa **redução nos custos de transporte**. Isto é, mesmo que haja necessidade de aporte de volumes de terra para a realização de terraplenagem, a aplicação local do estabilizante de solo permite que sejam utilizados solos locais, eliminando a necessidade de importação de substrato.

Tipicamente, a aplicação deste produto não requer maquinários especiais, podendo ser aplicado com o mesmo material já utilizado para a construção da estrada ou da obra. Por sua facilidade de aplicação, requer menos mão de obra.

Solos tratados com estabilizante de solo se tornam mais estáveis. Com isso, os **custos de conservação** de estradas pavimentadas reduzem, além de diminuir o **custo com manutenção das redes de drenagem** (limpeza de drenos, por exemplo).

Também, o uso de estabilizante de solo no preparo da base e sub-base substitui a necessidade do uso de agentes drenantes. Alguns produtos podem substituir até 76 caminhões de pedra ou cascalho, reduzindo o custo de transporte e com materiais. Portanto, o estabilizante de solo aumenta a durabilidade das estradas porque é capaz de agir com um substituto para agentes drenantes que precisam ser aplicados na base e sub-base da obra.

Estabilização de solos com cal – uma alternativa viável e econômica

O desempenho de longo prazo de qualquer pavimento depende da qualidade do subleito. Solos instáveis podem criar problemas significativos em estruturas de pavimentos e custos elevados de manutenção. Com o uso adequado de métodos de projeto e de construção, o tratamento dos solos com cal pode transformar quimicamente solos instáveis em bons materiais para fundação e estrutura do pavimento. Além disso, o acréscimo da capacidade de suporte do subleito pode reduzir o consumo de agregados na pavimentação e proporcionar vantagens econômicas e ambientais. A cal pode ser utilizada no tratamento de solos, em vários tipos e quantidades, dependendo dos objetivos do projeto. Uma pequena quantidade de cal pode ser empregada para secar e modificar temporariamente os solos. Já um teor mais elevado de cal pode promover estabilização estrutural permanente do solo.

MODIFICAÇÃO DO SOLO COM ADIÇÃO DE CAL

A cal é uma boa opção para a modificação das propriedades do solo no curto prazo, pois pode modificar quase todos os solos finos. No entanto, a melhora mais acentuada ocorre em solos argilosos de plasticidade moderada a alta. Após a mistura inicial, os íons cálcio (Ca^{++}) da cal migram para a superfície das partículas de argila e deslocam a água e outros íons. O solo torna-se mais friável e granular, melhorando a trabalhabilidade e a compactação. Assim, o índice de plasticidade do solo diminui drasticamente e também a sua tendência em expandir e retrair. O processo de floculação e aglomeração geralmente ocorre em questão de horas e quantidades, como 1 a 4 por cento em massa de solo seco, podem melhorar

as características de solos instáveis de graduação fina. As melhorias de modificação são geralmente temporárias e não produzirão resistência permanente em solos argilosos.

ESTABILIZAÇÃO DO SOLO COM ADIÇÃO DE CAL

A estabilização do solo ocorre quando a cal é adicionada a um solo reativo, para gerar acréscimo de resistência no longo prazo por meio de reações pozolânicas que podem continuar ocorrendo por um período de tempo muito longo, mesmo décadas - enquanto houver cal suficiente e o pH permaneça elevado (acima de 10). Em contraste com a modificação, a estabilização proporciona benefícios estruturais e pode ser empregada para a melhoria do subleito, assim como na execução de sub-bases e bases. As principais alterações registradas nos solos argilosos estabilizados com cal são as seguintes:

- (A) acréscimo da resistência à compressão de pelo menos 40 vezes;
- (B) acréscimo do módulo resiliente de pelo menos 10 vezes;
- (C) ganho contínuo de resistência com o tempo e de durabilidade, mesmo em condições ambientais severas.

A adição de cal entre três e seis por cento em massa, é usual para a estabilização do subleito. As quantidades apropriadas de cal e água devem ser determinadas nos projetos de dosagem para que o pH do solo aumente rapidamente em mais de dez vezes, o que permite que as partículas de argila se rompam e liberem as partículas de sílica e a alumina, que reagem com o cálcio formando os compostos que compõem a matriz de resistência dos solos estabilizados com cal. À medida que essa matriz se forma, o solo é transformado de sua estado natural, expansivo e indesejável, para um mais granular e relativamente impermeável, que compactado obterá significativa capacidade de suporte. Portanto, as reações pozolânicas controladas produzirão um novo material, mais durável, impermeável e resistente.

SUB-BASES E BASES ESTABILIZADAS COM CAL

A cal pode estabilizar permanentemente materiais que de maneira isolada não cumprem os requisitos mínimos para sub-base ou base. A estabilização de sub-bases e bases é utilizada para a construção de novas estradas ou mesmo a reconstrução de

estradas deterioradas e, em geral, exige a adição de 2 a 4 por cento em massa. A mistura pode ser realizada in situ por estabilizadoras ou em usinas estacionárias. O DER/SP possui uma Especificação de Serviço (ET-DE-P00/005) que estabelece os critérios para aplicação, produção, execução e aceitação de serviços de sub-base e base de solo-cal em obras rodoviárias.

CONSTRUÇÃO DE CAMADAS ESTABILIZADAS COM CAL

Os procedimentos construtivos de modificação ou estabilização são semelhantes e, em geral, a estabilização exige maior processamento e controle de qualidade. Após os ensaios e a dosagem, são realizadas de maneira combinada a pulverização, o umedecimento e a mistura geralmente na pista, de uma espessura apropriada. A compactação é então realizada por meio de rolos corrugados estáticos ou vibratórios e cuidado especial deve ser dirigido à cura da camada. A aplicação no Brasil das técnicas de modificação ou estabilização vem ocorrido com maior intensidade nas regiões Sudoeste e Centro-Oeste, principalmente pelo predomínio de argilas lateríticas. No entanto, como se verificam em países do hemisfério Norte, é extensiva a estabilização com cal de solos finos e úmidos com predomínio de solos residuais finos ou aluvionares, constituídos de siltes e argilas saprolíticas ou orgânicas.

5- ASFALTO

A definição de **asfalto** é uma substância preta ou marrom, semelhante a alcatrão, usada para cobrir estradas e geralmente é misturada com cascalho

O asfalto é qualquer uma das várias substâncias betuminosas sólidas, de cor escura, nativas em várias áreas da terra e compostas principalmente por misturas de hidrocarbonetos, cascalho, rocha triturada ou semelhante, usada para pavimentação.

O asfalto é o material preto e alcatrão que é frequentemente usado para pavimentar estradas ou preencher buracos.

O asfalto é uma substância popular para pavimentar estradas, estacionamentos e até pistas de aeroportos, porque é resistente e fácil de reparar. Quando estradas de asfalto antigas são arrancadas ou repavimentadas, o asfalto pode ser reutilizado em novos projetos de rodovias ou rodovias.

O asfalto geralmente é fabricado a partir de óleo ou petróleo.

O que é asfalto?

O asfalto é uma substância espessa, marrom ou preta, derivada do mesmo óleo bruto que produz querosene, gasolina e vinil.

Ele é literalmente raspado do fundo do barril após todos os outros produtos à base de petróleo terem sido refinados ou processados. Esta substância é pelo menos 80% de carbono, o que explica sua cor preta profunda.

O enxofre é outro ingrediente encontrado no asfalto semelhante ao alcatrão, bem como alguns minerais. É usado principalmente como selante para telhados e uma superfície durável para estradas, pistas de aeroportos, playgrounds e estacionamentos.

O alcatrão do petróleo bruto é geralmente misturado com areia ou cascalho (geralmente chamado agregado) para formar o produto final que chamamos de asfalto.

O alcatrão preto forma uma forte ligação adesiva com o agregado, o que o torna durável.

Quando usado na construção de estradas, o asfalto geralmente é derramado sobre um leito de agregado mais pesado em um estado aquecido e depois pressionado no lugar por um rolo a vapor extremamente pesado.

Quando esfria à temperatura ambiente, torna-se suficientemente resistente para o tráfego de automóveis.

O asfalto pode endurecer ainda mais ao longo dos anos, mas ainda mantém flexibilidade suficiente para acomodar variações naturais no leito da estrada.

O asfalto também é um selante popular para telhados. Quando aquecido, ele pode ser bombeado para o telhado de um novo prédio e colocado no lugar. Embora ainda seja flexível, os telhados podem espalhar uma camada uniforme para formar uma barreira quase impenetrável entre o prédio e os elementos. Com o tempo, o agregado pode sair do alcatrão, mas a integridade geral é comparável a outros métodos de cobertura.

Como o asfalto suporta muito bem o peso dos carros, ele se tornou um material muito popular para a construção de estacionamentos. O material pode ser aplicado rapidamente em uma superfície preparada, o que significa que um estacionamento pode ser classificado, derramado e pintado com pouco atraso.

Remendar é geralmente uma questão de trazer novo material para a área afetada e pressioná-lo contra as rachaduras ou buracos. Isso torna o asfalto preferível a materiais mais permanentes, como concreto.

As equipes de reparo podem resolver a maioria dos problemas sem bloquear o tráfego ou remover seções inteiras da estrada.

O asfalto tem algumas desvantagens como material de construção. Os vapores de enxofre liberados durante o processo de aquecimento podem ser perigosos para os trabalhadores e muito desagradáveis para os transeuntes.

O tráfego e a exposição constante aos elementos podem causar um desgaste da superfície mais rápido do que o previsto.

Como o solo sob o asfalto pode congelar e derreter repetidamente, as estradas feitas com ele são suscetíveis a rachaduras e formação de buracos. Mas, para durabilidade geral e baixos custos de produção, é difícil superar esse material em muitos projetos.

Quais são os diferentes tipos de asfalto?

O asfalto é mais conhecido como uma substância que é usado na estrada que cobre o concreto asfáltico mais tecnicamente denominado, mas existem algumas formas diferentes pelas quais a substância pode aparecer.

É um material que ocorre naturalmente presente no petróleo e em depósitos naturais, principalmente em torno de certos corpos de água e em areias oleosas.

Esta substância é encontrada na forma líquida ou semi-sólida na natureza e é caracterizada por sua alta viscosidade e aparência pegajosa e preta. Consiste quase exclusivamente em betume, uma substância composta de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos.

Os principais tipos utilizados na construção são: laminados e masticues.

O **asfalto laminado** é a variedade com a qual a maioria das pessoas provavelmente está familiarizada.

É feito de materiais agregados ou sólidos, como areia, cascalho ou concreto reciclado, com um ligante de asfalto.

Esse tipo é usado para fazer estradas e outras superfícies, como estacionamentos, sendo aplicado em camadas e compactado. Diferentes tipos são diferenciados de acordo com o processo usado para ligar o agregado ao asfalto.

O **concreto asfáltico** de mistura quente é produzido a 160 ° C. Essa alta temperatura serve para diminuir a viscosidade e a umidade durante o processo de fabricação, resultando em um material muito durável.

O concreto asfáltico de mistura quente é mais comumente usado para áreas de tráfego intenso, como rodovias e aeroportos movimentados.

O concreto asfáltico de mistura quente reduz a temperatura necessária para a fabricação adicionando emulsões, ceras ou zeólitos. Esse processo beneficia o meio ambiente e os trabalhadores, pois resulta em menor consumo de combustível fóssil e menor emissão de fumaça. No concreto asfáltico de mistura a frio, o asfalto é emulsionado em água com sabão antes de misturá-lo com o agregado, eliminando totalmente a necessidade de altas temperaturas. No entanto, o material resultante não é tão durável quanto o concreto asfáltico de mistura quente, e normalmente é usado para áreas de baixo tráfego.

O concreto asfáltico cortado é ilegal nos Estados Unidos desde a década de 1970, mas muitos outros países ao redor do mundo ainda o utilizam. Esse tipo de concreto é a opção menos ecológica, resultando em significativamente mais poluição do que as outras formas. É feito dissolvendo o aglutinante em querosene antes de misturá-lo com o agregado, reduzindo a viscosidade enquanto o concreto é estratificado e compactado. O querosene mais leve evapora mais tarde, deixando uma superfície endurecida.

O asfalto mastique, também chamado de asfalto de chapa, tem um teor menor de betume que as formas laminadas. É usado em algumas estradas e trilhas, mas também em coberturas e pisos. O asfalto mastique (SMA), outra variedade, está se tornando cada vez mais popular como alternativa. Seus benefícios incluem uma propriedade antiderrapagem e a ausência de bolsas de ar, mas se colocadas incorretamente, podem causar condições de estrada escorregadias.

O que é concreto asfáltico?

O concreto asfáltico, comumente chamado de asfalto, alcatrão ou cobertura preta, é um material compósito usado na construção de estradas e estacionamentos.

Este composto é uma mistura de subproduto do petróleo, betume asfáltico e materiais agregados. No concreto asfáltico, o betume asfáltico atua como uma espécie de cola que une as peças agregadas.

Embora o processo de pavimentação de ruas com alcatrão remonta ao século VIII em Bagdá, nenhuma mudança real ocorreu até o século XX trazer os primeiros automóveis para uso público.

Em 1901, Edgar Purnell Hooley patenteou um material chamado tarmacadam que se tornaria o precursor do concreto asfáltico moderno. O nome abreviado do material de Hooley, asfalto, é frequentemente usado para se referir ao concreto asfáltico, apesar do fato de que o concreto asfáltico moderno não contém alcatrão.

Historicamente, o concreto asfáltico tem sido usado para uma variedade de propósitos, incluindo navios de guerra britânicos à prova de balas no início dos anos 40.

O concreto asfáltico foi aplicado em uma camada grossa a uma placa de suporte de aço que foi anexada ao casco externo do navio.

Esse uso de concreto asfáltico foi chamado de armadura de plástico e foi bastante eficaz para deter as balas de perfuração de armadura da época.

O concreto asfáltico é misturado usando seis métodos principais. Cada um desses métodos tem seus próprios prós e contras.

Esses seis métodos são: mistura quente, mistura quente, mistura fria, redução, mastique e asfalto natural.

O asfalto da mistura quente e quente depende do calor para amolecer o betume asfáltico e fazer com que ele se ligue ao agregado. Embora ambos os processos produzam estradas suaves e duráveis, as temperaturas necessárias para trabalhar com o material misturado a quente podem ser proibitivas para a construção de estradas no inverno e podem exigir que grandes quantidades de combustíveis fósseis sejam usadas para gerar o calor necessário.

Por esse motivo, os materiais mistos quentes são geralmente preferidos porque se sustentam melhor durante a construção em clima frio, e as temperaturas reduzidas resultam em menos poluição.

O asfalto de mistura a frio é usado principalmente como remendo para superfícies de estradas. Misturado com água e sabão, o betume asfáltico é emulsionado e misturado com o agregado.

À medida que a água evapora da mistura, o asfalto endurece e assume as características do concreto asfáltico de mistura quente. O asfalto de corte utiliza o mesmo processo, mas, em vez de usar água e sabão, querosene ou produtos leves de petróleo são empregados para emulsificar o ligante de asfalto.

O asfalto de mástique é usado para caminhos de pedestres, coberturas, pisos e outros projetos de pavimentação de uso leve.

É produzido por cozimento do betume asfáltico em um misturador por várias horas antes de adicionar o agregado.

O agregado é adicionado após o betume atingir um estado líquido viscoso e a mistura é deixada cozinhar por mais seis a oito horas. Em seguida, é transportado para o local de trabalho para uso.

O asfalto natural ocorre como resultado do ressalto betuminoso. Este betume é uma substância que ocorre naturalmente em algumas áreas da Terra e existe abaixo da superfície.

À medida que o betume se infiltra em direção à superfície, viaja através da pedra sedimentar porosa e se aloja em uma forma de asfalto que ocorre naturalmente.

O que é rocha asfáltica?

A rocha asfáltica é formada quando as camadas de petróleo endurecem nos poros de outras rochas. A maioria foi formada naturalmente, há milhões de anos, embora seja possível aos engenheiros criar rochas asfálticas artificialmente. A rocha asfáltica é feita de asfalto endurecido, também conhecido como alcatrão, a substância formada quando o petróleo seca.

Este tipo de rocha é usado para estradas desde os tempos antigos.

Embora existam vários minerais que podem estar presentes nas rochas asfálticas, o petróleo é o componente principal.

Com o tempo, os componentes mais pesados do petróleo se assentam enquanto os componentes mais leves evaporam. O material deixado para trás varia em consistência, de um líquido espesso a uma areia ou pedra quebradiça. Essa substância mais pesada, quando líquida, é conhecida como asfalto. As peças sólidas do petróleo podem se transformar em rocha asfáltica.

O petróleo se transforma em rocha asfáltica à medida que endurece dentro dos poros de outras rochas, especialmente calcário e arenito. Somente cerca de 5% a 15% da composição total das rochas asfálticas é asfalto, sendo o restante a pedra na qual o asfalto é alojado. A extração de asfalto de outros tipos de rocha pode ser um processo caro e demorado.

O asfalto não é um componente de todos os depósitos de calcário ou arenito. Os mineiros fazem pequenos furos de teste em depósitos conhecidos desses tipos de rocha, a fim de descobrir se a rocha asfáltica está presente.

A maior parte da rocha asfáltica que ocorre naturalmente foi formada na era da Pensilvânia, cerca de 300 milhões de anos atrás, ou no período Cretáceo, entre 65 e 145 milhões de anos atrás.

O uso mais comum das rochas asfálticas é a construção de estradas, e os seres humanos usam asfalto nas estradas há muitas centenas de anos. A rocha asfáltica natural, que foi usada historicamente, mas que não é frequentemente usada nas estradas modernas, contém tanto uma pedra dura que forma uma superfície forte para a estrada quanto um material que une os pedaços de pedra esmagados.

Pode ser adicionado asfalto líquido adicional à rocha para ajudá-la a se ligar melhor. Pedaços de pedra esfarelados podem ser usados para uma estrada, com asfalto líquido adicionado para unir as peças.



6- TIPOS DE REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS

Segundo Bernucci et al. (2010), os pavimentos asfálticos são aqueles em que o revestimento é composto por uma mistura constituída basicamente de agregados e ligantes asfálticos, sendo formado por quatro camadas principais: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito. O revestimento asfáltico pode ser composto por camada de rolamento – em contato direto com as rodas dos veículos e por camadas intermediárias ou de ligação, por vezes denominadas de binder.

Bernucci et al. (2010) definem que o revestimento asfáltico é a camada superior destinada a resistir diretamente às ações do tráfego e transmiti-las de forma atenuada às camadas inferiores, impermeabilizar o pavimento, além de melhorar as condições de rolamento (conforto e segurança).

Os revestimentos asfálticos são constituídos por associação de agregados e de materiais asfálticos, podendo ser de duas maneiras principais, por penetração ou por mistura:

- Por penetração: refere-se aos executados através de uma ou mais aplicações de material asfáltico e de idêntico número de operações de espalhamento e compressão de camadas de agregados com granulometrias apropriadas;
- Por mistura: o agregado é pré-envolvido com o material asfáltico, antes da compressão.

Posto isso, segue abaixo uma lista dos diversos revestimentos asfálticos e os produtos NTA que podem compor os mesmos.

É um dos tipos de revestimentos asfálticos mais utilizados nas vias urbanas e rodovias brasileiras. Trata-se do produto da mistura convenientemente proporcionada de agregados de vários tamanhos e cimento asfáltico, ambos aquecidos em temperaturas previamente escolhidas, em função da característica viscosidade-temperatura do ligante.

As misturas a quente distinguem-se em vários tipos de acordo com o padrão granulométrico empregado e as exigências de características mecânicas, em função da aplicação a que se destina.

Produtos utilizados



NTAFLEX 60/85



ECO-NTAFLEX A



ECO-NTAFLEX B



LINHA NTA WARM MIX



NTAFLEX 50/65



NTAFLEX 55/75

REFERÊNCIAS

http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=368&subject=E%20mais&title=Pavimenta%E7%E3o%20de%20estradas%20florestais:%20emprego%20do%20alcatr%E3o%20de%20madeira%20de%20eucalipto>acesso em 05/08/2020

http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1574&subject=Tranporte&title=Custos%20de%20estradas%20em%20florestas%20plantadas>acesso em 05/08/2020

<https://engenharia360.com/quais-sao-os-impactos-ambientais-gerados-por-rodovias/#:~:text=Para%20falar%20dos%20impactos%20ambientais,de%20cada%20%C3%A1rea%20trecho%20dela.&text=Ainda%20C%20devem%20ser%20analisados%20os,de%20projeto%20e%20de%20constru%C3%A7%C3%A3o.>>acesso em 05/08/2020

<https://alemdainercia.wordpress.com/2017/02/13/qual-e-a-funcao-de-um-pavimento/>>acesso em 05/08/2020

<http://dynatest.com.br/entenda-a-estrutura-basica-de-um-pavimento-de-concreto/>>acesso em 05/08/2020

<http://blog.homyquimica.com.br/como-o-estabilizante-de-solo-aumenta-a-durabilidade-das-estradas/>>acesso em 06/08/2020

<https://www.roadexpertsla.com/pt-br/noticias/detalhes/estabilizacao-de-solos-com-cal-uma-alternativa-viavel-e-economica>>acesso em 06/08/2020

<https://www.portalsaofrancisco.com.br/quimica/asfalto>>acesso em 06/08/2020

[http://www.nta-asfaltos.com.br/por-tipo-de-revestimento-asfaltico#:~:text=\(2010\)%20os%20pavimentos%20asf%C3%A1lticos,base%20e%20refor%C3%A7o%20do%20subleito.<](http://www.nta-asfaltos.com.br/por-tipo-de-revestimento-asfaltico#:~:text=(2010)%20os%20pavimentos%20asf%C3%A1lticos,base%20e%20refor%C3%A7o%20do%20subleito.<)acesso em 06/08/2020