



CONVÊNIO SICONV Nº 925635/2021

OBJETO: PAVIMENTAÇÃO EM ÁREAS RURAIS NO MUNICÍPIO DE PARINTINS-AM.

ESTUDO DE ALTERNATIVA DE CONCEPÇÃO DE PROJETO

PARINTINS – AM



SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	3
2. CRITÉRIOS DO PROJETO	3
3. DESCRIÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO DO MUNICÍPIO	3
4. ESTUDO DE CONCEPÇÃO DE ALTERNATIVAS	4
4.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
4.2. AGREGADOS.....	5
4.3. LIGANTES ASFÁLTICOS	7
4.3.1. Cimentos asfálticos	8
4.3.2. Asfaltos diluídos.....	9
4.3.3. Emulsões asfálticas	10
4.4. TIPOS DE REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS.....	10
4.4.1. Revestimento por penetração	11
4.4.1.1. Penetração direta	11
4.4.1.2. Penetração invertida.....	12
4.4.2. Revestimento por mistura	12
4.4.2.1. A quente.....	12
4.4.2.2. A frio.....	14
4.5. TIPOS DE DEGRADAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	16
4.5.1. Trinamento	17
4.5.2. Afundamento de trilha de roda	18
4.5.3. Perda de adesividade	19
5. ANÁLISE COMPARATIVA DOS PAVIMENTOS	20
6. ESCOLHA ALTERNATIVA	21
6.1. INTERVENÇÃO 1: RECONSTRUÇÃO DE VIAS	21
6.2. INTERVENÇÃO 2: PROJETO DE RECAPEAMENTO.....	21
6.3. INTERVENÇÃO 3: PROJETO DE DRENAGEM SUPERFICIAL E PROFUNDA.....	22
6.4. INTERVENÇÃO 4: PROJETO DE SINALIZAÇÃO HORIZONTAL E VERTICAL	23



1. APRESENTAÇÃO

Este relatório tem por finalidade apresentar o estudo de Concepção, que é parte integrante do convênio Nº 925635/2021 que tem por objeto a “Pavimentação em áreas rurais no município de Parintins-AM”.

A seguir estão apresentados os projetos previstos neste contrato:

- Projeto de Reconstrução de Vias;
- Projetos de Recapeamento;
- Projetos de Drenagem superficial e profunda;
- Projetos de Sinalização Horizontal e Vertical.

2. CRITÉRIOS DO PROJETO

Os critérios foram definidos de acordo com as normas da ABNT, necessidades do sistema viário do município e diretrizes estabelecidas no manual para apresentação de propostas – programas – 2054 – Planejamento Urbano (Infraestrutura Urbana), portaria MCIDADES nº 27/2013 e demais legislações disponíveis no site do ministério das cidades.

3. DESCRIÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO DO MUNICÍPIO

O município de Parintins, assim como a maioria dos municípios de pequeno porte, apresenta sua infra-estrutura precária, necessitando de grandes investimentos nessa área, para que ocorra uma melhora na qualidade de vida de seus munícipes.

A Vila apresenta um sistema viário composto por vias públicas pavimentadas com concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), assentes sobre terreno de pouca resistência. Tal pavimento apresenta imperfeições, as quais deverão ser sanadas após a realização do sistema proposto.

Os dados referentes à topografia foram obtidos com base no levantamento topográfico planialtimétrico das vias propostas no arruamento básico, realizados por equipe de topografia da Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos – SEMOSP.



4. ESTUDO DE CONCEPÇÃO DE ALTERNATIVAS

Com as informações técnicas das inspeções de campo realizadas e seguindo os critérios de projeto, foram avaliadas as soluções técnicas de engenharia para atendimento ao objeto de convênio e concebida a proposição de intervenções.

A Vila possui clima quente e úmido típico da região amazônica. Tem predomínio de precipitações aliado ao fato do local ser uma ilha favorecendo a contínua alta umidade do subleito e das outras camadas do pavimento, condicionando a opção por um pavimento dotado de bom revestimento betuminoso de camada não tratada. Tal tipo de pavimento tem durabilidade mais elevada e manutenção mais econômica ao longo da vida útil do projeto. O método de dimensionamento do pavimento utilizado foi do DNER, pelo Engº Murillo Lopes de Souza - 1966- Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis.

A definição do parâmetro de tráfego (número “N”) foi baseada em informações da Prefeitura, na hierarquização das ruas envolvidas dentro do sistema viário municipal e na projeção do tempo de projeto.

O tráfego é predominantemente local composto de automóveis, camionetes e caminhões. Isto posto, considerando-se a vida útil determinada para o pavimento, chega-se a um número “N” médio de 106 repetições de eixo padrão, para o caso das ruas em projeto.

Porém, respeitando-se o planejamento para o desenvolvimento do sistema de tráfego, dentro do sistema viário municipal, que inclui as vias coletoras e os roteiros, composto por uma frota mista, isto é, os veículos comerciais (ônibus, caminhões, etc.) tem maior ponderação, optou-se por estabelecer um referencial diferenciado.

O revestimento de pavimentação com base em cimento asfáltico é o mais popular em todo o país, não sendo diferente no estado do Amazonas. Entretanto, nota-se que ocorre a ruptura prematura do pavimento em algumas regiões, o que acarreta em diversos problemas para quem faz uso das vias. O aumento do tráfego acentua os problemas citados, exigindo estudo e desenvolvimento de materiais mais resistentes.

Muitos fatores influenciam na resistência do revestimento, entre eles os agregados, os ligantes



e as misturas asfálticas. Os agregados são importantes por compor maior parte do volume da mistura, que dependendo da granulometria adotada, influenciam em quase todas as propriedades físicas da mistura. Os ligantes são importantes por garantirem a união dos agregados e por funcionar com flexibilidade controlável.

Existem diversos métodos de dosagem de mistura asfáltica e a mais utilizada no Brasil, assim como no estado, é a dosagem Marshall. Esse método é baseado nas medidas de estabilidade e fluência Marshall e considera as propriedades volumétricas da mistura.

Mesmo sendo o método mais usado no país, os problemas no pavimento asfáltico são recorrentes e identificados frequentemente. Isso porque existem poucos estudos que relacionam diversas misturas, agregados e ligantes levando em consideração dados extraídos da região metropolitana de Manaus para melhor avaliar a qualidade do revestimento asfáltico desenvolvidos nas proximidades.

4.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste item são apresentados dados teóricos para embasamento desta pesquisa. Os assuntos abordados são: agregados para pavimentação, ligantes betuminosos, tipos de revestimento asfáltico, dosagem de misturas asfálticas, propriedades mecânicas e tipos de degradação do revestimento.

4.2. AGREGADOS

Woods (1960) define agregado como sendo uma mistura de pedregulho, areia, pedra britada, escória ou outros materiais minerais usados em combinação com um ligante para formar concreto, uma argamassa etc. A proporção de agregados em misturas asfálticas é de aproximadamente 93 a 97% em peso. Esse dado demonstra a importância dos agregados para o desempenho da mistura, e a preocupação que se deve ter para a escolha correta do agregado.

Para que seja executado um pavimento asfáltico com qualidade há a necessidade da perfeita conexão entre seus componentes, ligantes asfálticos, agregados e outros. Por isso é importante que se tenha um controle de qualidade dos agregados.

O agregado indicado para ser usado em um dado empreendimento deve apresentar propriedades que permitam suportar tensões tanto na superfície quanto no seu interior (BERNUCCI et al., 2008). Essa resposta é obtida através dos ensaios laboratoriais.

Os agregados são classificados de diferentes formas, podendo ser classificados quanto à natureza, ao tamanho e à distribuição de grãos, conforme apresentado na Figura 01.



Figura 01 – Classificação de Agregados

Classificação dos agregados quanto à natureza das partículas:

Agregados naturais: São todos aqueles de origem de uma fonte natural sendo extraídos por processos de desmonte, escavação e drenagem. São exemplos pedregulhos, britas e seixos;

Agregados artificiais: São todos aqueles de origem residual (resíduos industriais). São exemplos a escória de alto forno e de aciaria, ou aqueles fabricados especificamente com o objetivo de alto desempenho, como argila expandida; Estudo comparativo de concreto betuminoso usinado... 14 D. D. OLIVEIRA; G. S. ANDRADE; L. A. LAPERCHE Capítulo 2

Agregados reciclados: São todos aqueles provenientes de reuso de variados materiais. Está sendo muito comum a utilização do resíduo de construção civil em locais com ausência de agregados pétreos.

Classificação dos agregados quanto ao tamanho:



Agregados graúdos: São aqueles que ficam retidos na peneira de nº 10 (dimensões maiores que 2,0 mm). São exemplos as britas, cascalhos, etc.;

Agregados miúdos: São aqueles que ficam retidos na peneira de nº 200, mas que passam na de abertura nº 10 (dimensões entre 0,075mm e 2,0mm);

Agregados de enchimento: São aqueles onde pelo menos 65% das partículas são menores que 0,075mm.

Classificação quanto à graduação dos grãos:

Agregados de graduação densa: São os agregados que estão próximos a densidade máxima, ou seja, apresentam distribuição granulométrica contínua;

Agregados de graduação aberta: São os agregados que apresentam alto volume de vazios por não possuírem grande quantidade de grãos menores que 0,075 mm e que apresentam uma distribuição granulométrica aberta. Nas frações de menor tamanho a curva granulométrica é abatida e próxima de zero;

Agregados de graduação uniforme: São os agregados que apresentam a maioria de suas partículas com tamanhos em uma faixa sem muitas variações. A curva granulométrica é íngreme;

Agregados com graduação descontínua: São os agregados que apresentam baixa porcentagem de agregados com tamanhos intermediários, formando um patamar na curva granulométrica correspondente às frações intermediárias. Por serem muito sensíveis à segregação, quando usados em misturas asfálticas, devem ser trabalhados adequadamente.

4.3. LIGANTES ASFÁLTICOS

No Brasil, aproximadamente 95% das estradas pavimentadas são de revestimento asfáltico. Isso se deve às propriedades do asfalto que proporcionam forte união dos agregados, funcionando como um ligante com flexibilidade controlável. Além disso, o asfalto é impermeabilizante, durável e resistente à ação da maioria dos ácidos, álcalis e sais, podendo ser utilizado aquecido, diluído ou emulsionado em amplas combinações (BERNUCCI et al., 2008).



O betume é uma mistura de hidrocarbonetos solúvel no bissulfeto de carbono e o asfalto e, por ser um material que contém betume, é um ligante betuminoso. O asfalto utilizado em pavimentação é proveniente da destilação do petróleo e possui a propriedade de adesivo termoviscoplastico, ou seja, passa do estado líquido para o sólido de maneira reversível, além de impermeável à água e pouco reativo, entretanto, tais características não evitam o seu envelhecimento por oxidação lenta devido ao contato com ar e água (BERNUCCI et al., 2008).

Segundo o extinto Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), atualmente denominado de Departamento de Infraestrutura de Transportes (DNIT), em serviços de pavimentação são empregados os seguintes tipos de materiais betuminosos: cimentos asfálticos, asfaltos diluídos, emulsões asfálticas e alcatrões, sendo que esses últimos não são mais utilizados.

4.3.1. Cimentos asfálticos

No Brasil, a denominação cimentos asfálticos de petróleo (CAP) é utilizada para designar ligantes semissólidos a temperaturas baixas, viscoelásticos a temperatura ambiente e líquido a temperaturas altas (BERNUCCI et al., 2008). O CAP é o asfalto obtido especialmente para apresentar características adequadas ao uso na elaboração de revestimentos, podendo ser obtido pela destilação do petróleo em refinarias ou do asfalto natural, encontrado em jazidas (DNER, 1996).

O cimento asfáltico de petróleo recebe o símbolo de CAP e o cimento asfáltico natural recebe o símbolo de CAN. São semissólidos à temperatura ambiente, e necessitam de aquecimento para terem consistência apropriada ao envolvimento de agregados. Possuem características de flexibilidade, durabilidade, aglutinação, impermeabilização e elevada resistência à ação da maioria dos ácidos, sais e álcalis (DNER, 1996).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), pela NBR 7208 (ABNT, 1990), CAP é o asfalto obtido pela refinação do petróleo, de acordo com métodos adequados, de maneira a apresentar as qualidades necessárias para a sua utilização em construções de pavimentos asfálticos. Para a classificação dos CAP's utiliza-se o seu "índice de dureza" retratado no ensaio de penetração. A penetração de um CAP é determinada através do ensaio



de penetração, regularizado pela norma brasileira NBR 6576 (ABNT, 2007). O Instituto Brasileiro de Petróleo e o DNER especificam quatro tipos de CAP, pela sua penetração: CAP 30/45, CAP 50/70, CAP 85/100 e CAP 150/200 (BERNUCCI et al., 2008).

Foi estabelecido pela Resolução nº 19 de 11 de julho de 2005 da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, republicada no Diário Oficial da União de 13 de julho de 2005, novas especificações de CAP, em todo o território nacional, consoante às disposições contidas no Regulamento Técnico ANP nº 03/2005 de 11 de julho de 2005. Em função da necessidade de atualização das especificações dos cimentos asfálticos de petróleo comercializados por diversas empresas e fabricantes, fica especificado que os cimentos asfálticos são classificados segundo a penetração, sendo: CAP 30/45, CAP 50/70, CAP 85/100 e CAP 150/200, normalizados pela NBR 6576 (ABNT, 2007). Além disso, os produtores, importadores e distribuidores de CAP devem assegurar que: a temperatura do produto não ultrapasse 177°C e não seja inferior a 40°C, durante o manuseio e o transporte e, o produto não apresente espuma quando aquecido até 177°C, durante o carregamento e o recebimento, para a avaliação de contaminação pela presença de água.

4.3.2. Asfaltos diluídos

Os asfaltos diluídos (ADP) são produzidos através da adição de um solvente ou diluente volátil derivado do petróleo ao cimento asfáltico, com o objetivo de reduzir a viscosidade do CAP e permitir o seu uso a temperaturas próximas da ambiente. Após o contato do ADP com os agregados ou com o material da base, ocorre a evaporação do solvente, deixando o resíduo de cimento asfáltico na superfície aplicada (BERNUCCI et al., 2008). Essa evaporação do solvente recebe o nome de cura e é classificada de acordo com a velocidade basicamente em:

Cura Rápida (CR ou RC, em inglês): Asfalto diluído composto de cimento asfáltico e um diluente de alta volatilidade do tipo nafta ou gasolina;

Cura Média (CM ou MC, em inglês): Asfalto diluído composto de cimento asfáltico e um diluente de média volatilidade do tipo querosene; • **Cura Lenta (CL ou SC, em inglês):** Asfalto diluído composto de cimento asfáltico e óleos de baixa volatilidade.



4.3.3. Emulsões asfálticas

Emulsão é definida como uma dispersão estável de dois ou mais líquidos imiscíveis. No caso da emulsão asfáltica (EAP) os dois líquidos são o asfalto e a água (BERNUCCI et al., 2008). A EAP é uma dispersão coloidal de uma fase asfáltica em uma fase aquosa (direta), ou, então, uma fase aquosa dispersa em uma fase asfáltica (inversa), com ajuda de um agente emulsificante. São obtidas combinando água e asfalto aquecido, em um meio intensamente agitado, e na presença dos emulsificantes, que têm o objetivo de dar certa estabilidade ao conjunto, de favorecer a dispersão e de revestir os glóbulos de betume de uma película protetora, mantendo-a em suspensão (DNER, 1996).

Na fabricação das emulsões são utilizados equipamentos que realizam uma agitação intensa obtendo dispersões mais finas e mais estáveis possíveis. São utilizados na fabricação os moinhos coloidais, moinhos de bolas, homogeneizadores, agitadores mecânicos, misturadores, emulsionadores por injeção, etc. (DNER, 1996). A fim de garantir o transporte e armazenagem, as emulsões devem ter um mínimo de estabilidade à ruptura, que é garantida pela quantidade e qualidade do emulsificante utilizado. Quanto à velocidade de ruptura, as emulsões asfálticas classificam-se em:

Ruptura Rápida (RR): emulsões asfálticas aniônicas de ruptura rápida;

Ruptura Média (RM): emulsões asfálticas aniônicas de ruptura média;

Ruptura Lenta (RL): emulsões asfálticas aniônicas de ruptura lenta.

4.4. TIPOS DE REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS

Em um pavimento, o revestimento é a camada superior que irá receber de forma direta a carga dos veículos e a ação climática. Este revestimento deve garantir algumas propriedades à estrutura do pavimento, como impermeabilidade, flexibilidade, durabilidade, estabilidade e resistência à fadiga (BERNUCCI et al., 2008), além de segurança e conforto aos usuários. Quando um pavimento asfáltico absorve as cargas nele aplicadas, elas devem ser distribuídas para todas as outras camadas de forma aproximadamente equivalente, que resulta de uma deformação elástica de todas as camadas (DNIT, 2006). Segundo a sua composição, os

revestimentos asfálticos são uma associação de agregados e materiais betuminosos. Esta associação pode acontecer das formas mostradas na Figura 02.

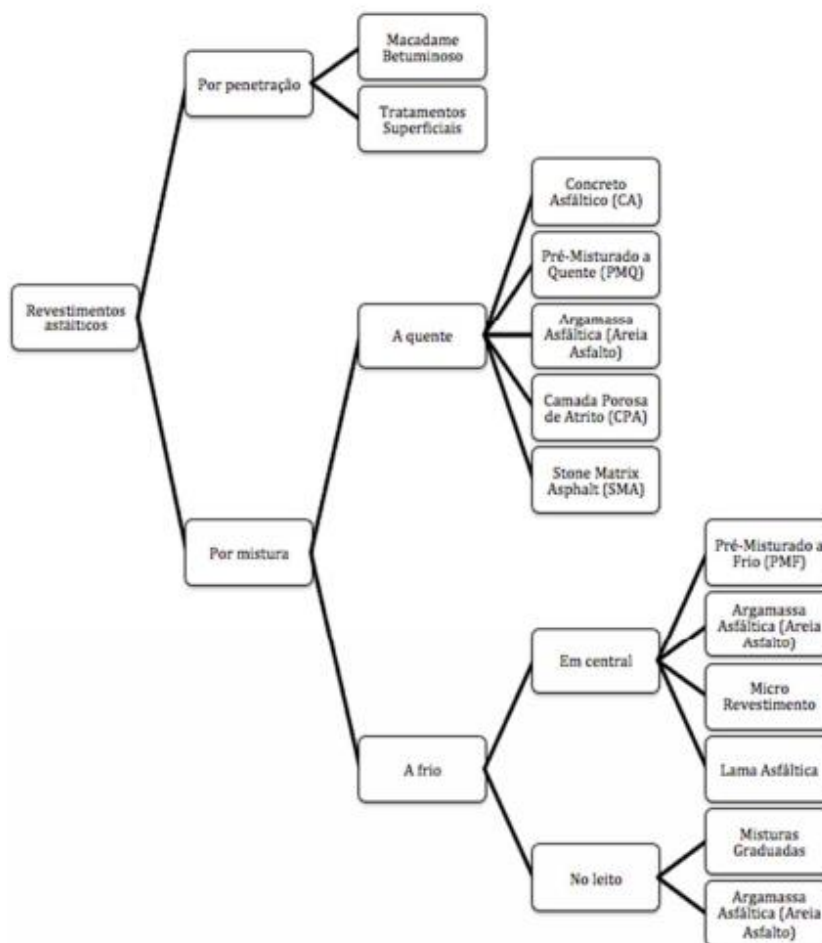


Figura 02 – Classificação dos Revestimentos asfálticos

4.4.1. Revestimento por penetração

Os revestimentos por penetração são classificados segundo o tipo de penetração: direta ou invertida.

4.4.1.1. Penetração direta

São os revestimentos cuja execução consiste no espalhamento de camadas de agregado com granulometria apropriada, sendo cada camada compactada seguida da aplicação de material betuminoso. O material betuminoso penetra nos vazios do agregado de cima para baixo. Por último, na camada final, é aplicado agregado miúdo.

Como exemplo de revestimento por penetração direta tem-se o macadame betuminoso, que é



frequentemente usado como camada de base. Ele também comporta espessuras maiores quando comparado ao Tratamento Superficial Duplo, devido ao número de camadas e das faixas granulométricas correspondentes.

4.4.1.2. Penetração invertida

São os revestimentos cuja execução consiste na aplicação de material betuminoso, seguida de espalhamento de agregado de granulometria apropriada. Este processo se repete na quantidade de camadas definidas, sendo que a cada nova camada o agregado deve ter diâmetro menor que o da camada anterior. Por último é feita a compactação de todo o revestimento. Neste processo, o material betuminoso envolve o agregado de baixo para cima. Sua espessura é aproximadamente igual ao diâmetro do agregado empregado. Os exemplos mais comuns de revestimento por penetração são os Tratamentos Superficiais Simples, Duplo e Triplo, tendo eles uma, duas e três camadas, respectivamente, da combinação material betuminoso/agregado.

4.4.2. Revestimento por mistura

Os revestimentos por mistura são aqueles em que o agregado é pré-envolvido pelo revestimento betuminoso antes da compressão. Eles podem ser classificados pela graduação (aberta ou densa), pelo local onde a mistura é feita (usina ou pista) ou ainda pelo tipo de ligante (à quente quando usado CAP, ou à frio quando usada EAP).

4.4.2.1. A quente

A confecção das misturas de agregados e ligante à quente é realizada em usina estacionária. Posteriormente esta mistura é transportada para a pista por caminhão e lançada por equipamento apropriado. Após o espalhamento, é compactada, ainda aquecida, até atingir um arranjo estrutural estável e resistente às deformações elásticas e permanentes a que estará submetida.

Essas misturas podem ser empregadas como revestimento de pavimento de qualquer volume de tráfego, devido às suas características de resistência a deformações e fadiga. As misturas têm seus vários tipos definidos de acordo com a função e aplicação a que se destina, variando o padrão granulométrico empregado e as características mecânicas exigidas. Dentre os padrões granulométricos existentes, são destacados os seguintes três tipos, mais usuais entre as misturas



a quente:

Graduação densa: a curva granulométrica é contínua e bem-graduada, proporcionando um esqueleto mineral com poucos vazios;

Graduação aberta: a curva granulométrica é uniforme, ou seja, os agregados possuem quase exclusivamente um mesmo tamanho, proporcionando à mistura um elevado volume de vazios. Assim, a mistura asfáltica se torna drenante, pois permitirá a percolação de água em seu interior;

Graduação descontínua: a curva granulométrica mostra uma maior concentração dos agregados de maior dimensão em relação aos de dimensão intermediária, proporcionando um esqueleto mineral com maior contato entre agregados graúdos.

O concreto asfáltico (CA), também conhecido como concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) é uma mistura densa, composta de agregado graúdo, agregado miúdo, fíler e material betuminoso. Seu controle tecnológico, no que se trata de granulometria, teor de betume, estabilidade, vazios, temperatura e equipamentos é bem rigoroso. Ele pode ser convencional, com CAP e agregados, ou então ter o ligante asfáltico modificado por polímero, asfalto-borracha ou ainda misturas de módulo elevado. Quando modificado com polímero ou asfalto-borracha, o revestimento se torna mais resistente e durável. Já as misturas de módulo elevado são assim chamadas por apresentar módulo de resiliência elevado e alta resistência à deformação permanente.

São chamados de pré-misturados a quente (PMQ) genericamente as misturas que são preparadas com limite máximo de dimensão de agregados graúdos, porém não Estudo comparativo de concreto betuminoso usinado... 21 D. D. OLIVEIRA; G. S. ANDRADE; L. A. LAPERCHE
Capítulo 2 atendem a requisitos granulométricos de camadas intermediárias ou de nivelamento. São geralmente usados para correção de desnivelamentos ou regularização de pavimentos existentes.

A areia asfalto usinada a quente (AAUQ), também conhecida como argamassa asfáltica, é uma mistura empregada em regiões onde a obtenção de agregados graúdos é difícil. Ela é composta de agregado miúdo, areia principalmente, fíler e ligante. Devido à sua composição granulometria, constituída predominantemente de material passante na peneira nº 10, a



superfície específica aumenta, demandando maior quantidade de CAP. Quando comparada a outros tipos de mistura a quente, esta apresenta menor resistência às deformações permanentes, e por isso é mais comumente usada em vias de tráfego não muito elevado.

A camada porosa de atrito (CPA) é um revestimento aberto e, portanto, possui um alto índice de vazios. Estes vazios, que podem chegar a 25%, interconectados possibilitam um rápido escoamento da água, o que torna o pavimento drenante e permeável. Além desta vantagem, esta camada reduz as distâncias de frenagem devido ao aumento de aderência entre pavimento e pneu, reduz o spray (efeito de borramento de água provocado pelos pneus dos veículos), aumentando a visibilidade, e reduz os ruídos. Porém deve sempre ser construída sobre camada de mistura densa e impermeável, para que a água não atinja as outras camadas da estrutura.

O “Stone Matrix Asphalt” (SMA), traduzido para o português como matriz pétrea asfáltica, é uma mistura composta de granulometria descontínua com elevada porcentagem de agregados graúdos, o que garante um maior contato entre os grãos. Os vazios deste revestimento são preenchidos pelo mastique asfáltico, composto por areia, fíler, fibras e ligante asfáltico. Ainda assim, devido ao alto índice de agregados graúdos, em sua superfície são formados pequenos canais, que facilitam o escoamento da água. Porém, diferentemente do CPA, o SMA é uma camada impermeável.

4.4.2.2. A frio

As misturas asfálticas a frio são aquelas compostas por agregado mineral e emulsão asfáltica, sendo a mistura e o espalhamento realizados a temperatura ambiente. Elas podem ser produzidas em usinas, mais simplificadas que as usadas nas misturas a quente, ou na pista. São comumente usadas para restauração e conservação de pavimentos, mas também podem ter função de revestimento final. Neste último caso, a qualidade é inferior às misturas mostradas até aqui.

Estudo comparativo de concreto betuminoso usinado... 22 D. D. OLIVEIRA; G. S. ANDRADE; L. A. LAPERCHÉ Capítulo 2 Suas vantagens técnicas estão ligadas principalmente ao uso de “equipamentos mais simples, trabalhabilidade à temperatura ambiente, boa adesividade com quase todos os tipos de agregado britado, possibilidade de estocagem e flexibilidade elevada” (ABEDA, 2001). Assim como as misturas a quente, também existem padrões granulométricos para classificar as misturas a frio. As principais são:



Densa: graduação contínua, bem graduada, com baixo volume de vazios;

Aberta: graduação aberta, com elevado volume de vazios.

São genericamente chamados de pré-misturados a frio (PMF) os revestimentos asfálticos que, em sua produção, o esqueleto mineral não atende a nenhum requisito granulométrico específico.

A areia asfalto a frio (AAF) difere da areia asfalto usinada a quente em sua composição pois, ao invés de cimento asfáltico é usada emulsão asfáltica de ruptura lenta, para que todos os agregados sejam envolvidos antes da ruptura. Possui baixa resistência a deformações permanentes e a camada compactada não deve exceder a 5 cm de espessura.

A lama asfáltica, apesar de não ser considerada revestimento, é muito empregada na manutenção de pavimentos, principalmente naqueles com desgaste superficial e pequeno grau de trincamento. Ela tem função rejuvenescedora e impermeabilizante, não corrigindo irregularidades e tampouco aumentando a capacidade estrutural. É uma mistura fluida, composta de agregados miúdos, fíler, emulsão asfáltica e água, produzida em usinas móveis e aplicada principalmente em ruas e vias secundárias.

Considerado uma evolução da lama asfáltica, o microrrevestimento asfáltico é uma mistura produzida pelos mesmos princípios e concepções, porém utiliza emulsão asfáltica modificada por polímero e, eventualmente, fibras, visando aumentar sua vida útil. É processado em usina móvel especial, que já faz o espalhamento do produto. É preparada de forma que sua ruptura se torne rápida após o lançamento, para que o tráfego seja liberado em pouco tempo. Tem como finalidade impermeabilização e rejuvenescimento, além de funcionar como camada antiderrapante ou intermediária, a fim de evitar a propagação de trincas.

As misturas graduadas são produzidas na própria pista e por isso são também chamadas de “road-mixer”. São compostas de agregados com granulometria previamente determinada e material betuminoso, que pode ser asfalto diluído ou emulsão. Semelhante às misturas graduadas, tem-se a areia asfalto produzida no leito. Neste caso, usa-se apenas o agregado miúdo e o ligante asfáltico.



4.5. TIPOS DE DEGRADAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

O desempenho de um pavimento é condicionado por um complexo conjunto de fatores, dentre eles as propriedades físicas e mecânicas das camadas que o constitui. Os defeitos de superfície podem aparecer precocemente (devido a erros ou inadequações) ou a médio ou longo prazo (devido à utilização pelo tráfego e efeitos das intempéries). Entre os erros ou inadequações que levam à redução da vida de projeto, destacam-se os seguintes fatores, agindo separada ou conjuntamente: erros de projeto; erros ou inadequações na seleção, na dosagem ou na produção de materiais; erros ou inadequações construtivas; erros ou inadequações nas alternativas de conservação e manutenção (BERNUCCI et al., 2008).

A degradação de pavimentos está associada a várias patologias, dentre elas: deformações permanentes excessivas, como consequência se dá o afundamento de trilha de roda, fissuras e perda de adesividade, resultando na perda de adesão entre o ligante e os agregados (desagregação). O afundamento de trilha de roda e surgimento de fissuras estão mais relacionadas com o tráfego atuante e a estrutura do pavimento, já a perda de adesividade está relacionada intimamente com as características dos materiais utilizados e as condições climáticas atuantes (SPECHT, 2004).

As misturas asfálticas são frequentemente utilizadas nos pavimentos como camadas de revestimentos. Os mais severos defeitos que ocorrem em estruturas flexíveis, se refletem no revestimento e permitem identificar dois modos distintos de solicitação mecânica: flexão repetida, responsável pela fadiga do material (associada ao trincamento do revestimento ou de camadas cimentadas) e a compressão simples, que conduz ao acúmulo de deformações permanentes (SPECHT, 2004).

Entretanto, antes da adoção de qualquer alternativa de restauração ou aplicação de qualquer critério numérico ou normativo para cálculo de reforços, um bom diagnóstico geral dos defeitos de superfície é imprescindível para o estabelecimento da melhor solução (BERNUCCI et al., 2008).

O uso do ligante CAP 50/70 para produção de misturas usinadas à quente é o mais comum na região metropolitana de Manaus. Em estudos já realizados, foram encontrados poucos casos de utilização de CAP 30/45 (em camadas de ligação) e AMP 60/85 (em uma obra de rodovia



federal) na região. Esse fato pode explicar a existência de defeitos ligados ao asfalto recorrentes nas vias da região metropolitana de Manaus, pois não são realizados estudos que comprovem o melhor desempenho desse tipo de ligante nas condições encontradas nessa região (COELHO JR.; ROCHA, 2013).

Apesar destes esclarecimentos, em Manaus não existem estudos a fim de encontrar o tipo de CAP mais adequado para a região de tal forma que não desenvolva fissuras no revestimento asfáltico antes da vida útil de projeto. Desta forma, esse trabalho busca iniciar esses estudos e analisar se o CAP 50/70 é o mais adequado para evitar os problemas mais comuns de fissuras, como trincamento, afundamento de trilha de roda e perda de adesividade, que serão descritos a seguir.

4.5.1. Trinamento

O defeito mais comum nos pavimentos asfálticos no Brasil é o trincamento na camada do revestimento. O trincamento se desenvolve pela flexão alternada da camada superficial apoiada em camadas granulares, geralmente bastante deformáveis elasticamente. Portanto, é fundamental conhecer as características de ruptura dos materiais utilizados na construção do pavimento, tendo em vista que o comportamento dos revestimentos sob solicitações à flexão e à compressão (SPECHT, 2004).

A repetição de cargas das rodas dos veículos solicita à flexão a camada de concreto asfáltico do revestimento betuminoso. Iniciam-se trincas, geralmente na parte inferior do revestimento, que se propagam para cima até atingir a superfície (MEDINA; MOTTA, 2005). Segundo Specht (2004), as possíveis causas para o aparecimento de trincas em pavimentos asfálticos são:

Fadiga: Decorrente da passagem repetida das cargas dos veículos, causando a ruptura da camada após determinado número de ciclos;

Retração: A adoção de camadas estabilizadas com ligantes hidráulicos (cimento, cal e outros produtos) e a ocorrência de temperaturas muito baixas provocam retração das camadas do pavimento, ocasionando, com isto, o surgimento de trincas;

Movimentação do solo de fundação (subleito): Os movimentos verticais e especialmente o

movimento diferencial entre os bordos da trinca também contribuem para o fenômeno. Isto é provocado por fenômenos como aumento de umidade, recalques, escorregamento, retração hidráulica e expansão;

Defeitos construtivos: Causados pela má composição das camadas do pavimento, pela má execução de juntas longitudinais ou pelo deslocamento de camadas que deveriam permanecer unidas para que o desempenho seja satisfatório.

O trincamento é o início de uma fase de deterioração estrutural que modifica o estado de tensões e deformações dos pavimentos asfálticos, diminuindo seu desempenho. Sabe-se, também, que misturas asfálticas com elevadas percentagens de volume de vazios são mais susceptíveis a trincamento, como ilustrado na Figura 03 (BERNUCCI et al., 2008)

4.5.2. Afundamento de trilha de roda

Afundamento de trilha de roda (ATR) é um fenômeno comum nas rodovias urbanas, como mostrado na Figura 03 São consequências de deformações permanentes seja do revestimento asfáltico ou de camadas subjacentes, incluindo o subleito (BERNUCCI et al., 2008).



Figura 03 – Afundamento plásticos nas trilhas de roda (ATR) (BERNUCCI et al., 2008)

A presença significativa de ATR pode levar ao comprometimento estrutural do pavimento e, também elevar o potencial para a ocorrência do fenômeno da hidroplanagem. Por isso, esforços consideráveis são feitos na etapa de projeto para permitir que as camadas dos pavimentos possam resistir à ocorrência de deformações plásticas excessivas. O afundamento da trilha de roda é resultante do somatório das deformações permanentes que ocorrem a cada passagem de

um veículo, sendo acumulativo.

Além das condições do tráfego e condições ambientais, as propriedades da própria mistura são de suma importância no entendimento do fenômeno e consequentemente no controle de sua ocorrência em campo. Destaca-se, também, a utilização de ligantes modificados na tentativa de melhorar o desempenho dos revestimentos asfálticos.

Specht et al. (2006) destacam que misturas asfálticas produzidas com reduzidos índices de volume de vazios levam a excessivas deformações permanentes, sendo que para misturas asfálticas densas o volume de vazios recomendado está na faixa de 3 a 5%.

4.5.3. Perda de adesividade

A perda de adesividade entre o ligante asfáltico e os agregados de uma mistura betuminosa está basicamente relacionada a dois mecanismos: perda de adesão e perda de coesão. A perda de adesão é entrada de água entre o ligante e o agregado e o consequente descolamento do filme asfáltico da superfície do agregado, conforme Figura 04. Já a perda de coesão está ligada à redução de rigidez do cimento asfáltico e ao enfraquecimento das ligações ligante/agregado. Estes dois fatores estão intimamente relacionados e, então, o dano causado pela umidade em misturas asfálticas é a combinação entre estes dois fatores.



Figura 04 – Falhas de adesividade ligante-agregado

A perda de adesão entre agregado e ligante está comumente relacionada a três fatores: a incompatibilidade entre a constituição mineralógica do agregado e a constituição físico-química do material betuminoso, a ocorrência de umidade e a presença de sujeira e finos na superfície



do agregado. Essa perda de adesão do ligante asfáltico com a superfície do agregado (fratura adesiva) bem como a fratura do próprio filme de ligante (fratura coesiva), quer seja na presença de água ou não, é a origem de muitos tipos de defeitos em pavimentos, incluindo trincamento por fadiga, deformação permanente e dano por umidade (LYTTON, 2004).

Vários fatores influenciam a adesividade ou o dano induzido pela umidade, Specht (2004) relata que um dos fatores importantes é o volume de vazios. Misturas com volume de vazios entre 6 e 13% (aproximadamente) não são nem impermeáveis, nem drenantes e são as mais susceptíveis ao dano por umidade induzida. Outro fator que deve ser mencionado é a eficiência do sistema de drenagem de um pavimento, capaz de evitar o acúmulo de água junto ao revestimento e a umidade ascendente por capilaridade.

5. ANÁLISE COMPARATIVA DOS PAVIMENTOS

Na escolha do tipo de pavimento a ser utilizado na pavimentação rodoviária, é de fundamental importância analisar as características técnicas de cada tipo de pavimento. Com isso, faz-se o comparativo técnico entre o pavimento flexível AAUQ e o pavimento flexível CBUQ, relacionando a características de construção, de manutenção, de comportamento, de segurança e de sustentabilidade.

CBUQ – Concreto Betuminoso Usinado a Quente: é uma mistura executada em usina apropriada, composta de agregado mineral graduado, material de enchimento (filer) e ligante betuminoso que será comprimido a quente. Os agregados e ligantes são normalmente aquecidos antes de serem misturados. Embora tenha um custo mais elevado, o CBUQ suporta maiores cargas respeitando as normas do DENIT. Para o projeto foi estimado uma vida útil de 8 anos para esse tipo de pavimento, pois trata-se de um “pavimento flexível que dura em torno de 10 anos com manutenção” (IBRACON, 2008)

AAUQ – Areia Asfalto Usinado a Quente: assim como o CBUQ, a Areia Asfalto também é uma mistura preparada a quente em usina apropriada, é composta por agregado miúdo, material de enchimento (FILER) e cimento asfáltico, comprimida e espalhada a quente. Levando em consideração o tempo de vida útil estimado para o CBUQ, foi determinada uma vida útil de 5 anos para a AAUQ.

6. ESCOLHA ALTERNATIVA

O concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) foi considerado a escolha mais apropriada para ser aplicada nas ruas do município em função da sua vida útil ser maior se comparada com a vida útil da areia asfalto usinado a quente (AAUQ). Além desse fator as ruas em que se pretende realizar o recapeamento são consideradas de grande fluxo de caminhões pesados e por esse motivo o revestimento asfáltico mais adequado é o CBUQ.

6.1. INTERVENÇÃO 1: RECONSTRUÇÃO DE VIAS

O projeto geométrico destinado à implantação das vias tem por objetivo definir a geometria e características técnicas tais como raios de curvaturas, rampas, plataforma, etc. De forma a permitir sua conformação espacial e sua quantificação (orçamento), corroborando para sua perfeita execução através de um adequado planejamento.

Todas as áreas de corte/aterro foram analisadas e quando necessário criou-se medidas que colabora- se no quesito ambiental para a reinserção das áreas alteradas da paisagem local, em observância aos instrumentos normativos estabelecidos pelos órgãos ambientais competentes.

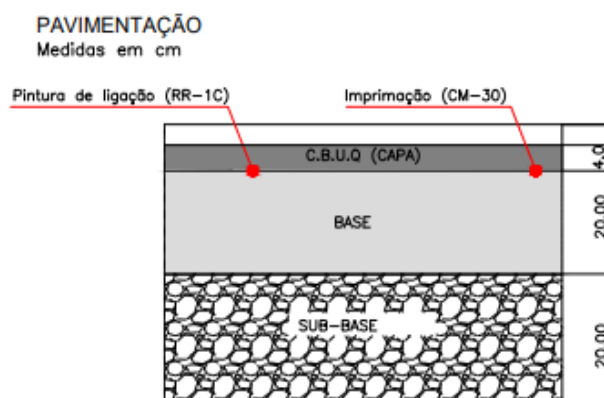


Figura 05 – Detalhe da pavimentação prevista

6.2. INTERVENÇÃO 2: PROJETO DE RECAPEAMENTO

O sistema proposto consiste na execução de pavimentação asfáltica com concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), onde o mesmo deverá ser disposto sobre o pavimento existente que será contemplado por serviços de tapa-buraco com recursos de contrapartida municipal.

A finalidade do projeto é de que após sua execução, o mesmo apresente viabilidade econômica e também, que venham proporcionar a comunidade beneficiada melhores condições de tráfego, principalmente atendendo ao sistema de transporte coletivo urbano, segurança dos pedestres e principalmente dos alunos, que por lá transitam.

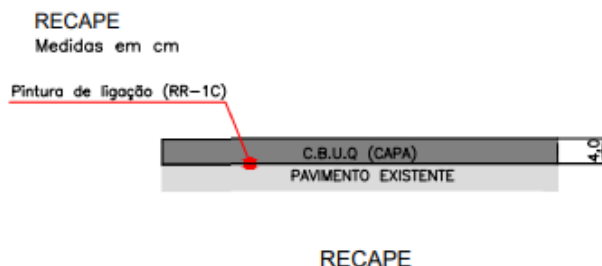


Figura 06 – Detalhe recape prevista

6.3. INTERVENÇÃO 3: PROJETO DE DRENAGEM SUPERFICIAL E PROFUNDA

Os elementos do projeto de drenagem foram projetados visando à captação e condução das águas precipitadas na rodovia e vias de acesso ao empreendimento. O sistema compreende a captação das águas através de sarjetas que as conduzirão em direção a bocas de lobo.

A rede coletora principal tem como função conduzir as águas captadas pelas bocas de lobo em direção ao local de deságue.

O diâmetro mínimo utilizado foi de 0,80 m para os tubos de ligação e 1,00 m para os bueiros indicados para a rede coletora. No projeto foram adotados os seguintes critérios:

- Altura mínima de recobrimento acima da geratriz superior dos bueiros tubulares de 0,80 m quando sujeita a influencia da carga do tráfego;
- Em todos os casos o apiloamento lateral e a compactação manual do material, foram previsto até a altura mínima de 0,60 m sobre a geratriz superior dos bueiros;
- Os tubos de concreto armado indicados foram do tipo ponta e bolsa sendo que as classes seguem tabela da ABNT em função da altura de aterro – NBR 9794.

Os dados referentes às áreas das microbacias alimentadoras de contribuição, de cada trecho da



tubulação, foram obtidas através observações em imagens, seguidas de levantamentos nos locais específicos, para a intervenção proposta.

6.4. INTERVENÇÃO 4: PROJETO DE SINALIZAÇÃO HORIZONTAL E VERTICAL

O projetos de sinalização visam a melhoria de tráfego na via, tantos para pedestres quanto motoristas. A sinalização atual, vertical e horizontal, detectada é deficiente, sendo observada em apenas alguns trechos durante o percurso.

Os dados foram detectados através dos levantamentos de campo, para que sejam aplicadas ações de urbanização, acessibilidade e segurança aos transeuntes.

Os projetos de sinalização prevêm sinalizações Horizontais e Verticais em todas as vias pavimentadas e recapeadas, seguindo as normativas do Código de Trânsito Brasileiro.

Parintins, 15 de novembro de 2023.

Responsável técnico:


Gedeon Jaderson Cardoso de Jesus
Engenheiro Civil
CREA - 14877 D - AM
SEMOSP