

Faculdade Impacto de Porangatu - FIP
Departamento de Engenharia Civil
Trabalho de Conclusão de Curso

Pavimentação Em CBUQ Em Vias Urbanas: Avenida Goiânia

PORANGATU-GO
2024

DOUGLAS RODRIGUES DE MORAIS

Pavimentação Em CBUQ Em Vias Urbanas: Estudo de caso Avenida Goiânia.

Artigo apresentado como requisito
Trabalho de Conclusão de Curso de
Engenharia Civil da Faculdade Impacto
de Porangatu - FIP

Orientador (a): Prof. (a) Esp.
LEONARDO BORGES TAFFAREL

DOUGLAS RODRIGUES DE MORAIS

Pavimentação Em CBUQ Em Vias Urbanas: Estudo de caso Avenida Goiânia.

Artigo apresentado como requisito
Trabalho de Conclusão de Curso de
Engenharia Civil da Faculdade Impacto
de Porangatu - FIP

Porangatu-GO, 26 de Abril de 2024

Banca Examinadora

Prof. LEONARDO BORGES TAFFAREL
Orientador

Prof. (a) ELI JUNIOR MARQUES DE JESUS
Examinador

Prof. (a) ZILDA MARIA LEVERGER VASCOCELOS PIERRE
Examinador

Pavimentação Em CBUQ Em Vias Urbanas: Estudo de caso Avenida Goiânia.

Douglas Rodrigues De Moraes¹

Prof. (a) Esp. Leonardo Borges Taffarel¹

Resumo

Pavimentação constitui sobre uma base horizontal composta por uma ou mais camada sobreposta, alicerçado sobre a terraplenagem e é destinada a resistir esforços verticais de tráfego, melhorar condições de rolamento e resistir aos desgastes da superfície. Existem dois tipos de pavimentações suas composições são classificadas com materiais e durabilidade versáteis, eles se classificam basicamente em: Rígidos (Concreto) e flexível (Asfalto). Foi acompanhado a utilização de um pavimento flexível composto basicamente de agregados e ligantes asfálticos no caso o Concreto Betuminoso usinado a quente (CBUQ) que é um dos mais nobres pavimentos asfálticos e se destaca pela sua durabilidade. Na sua fabricação tanto agregados como ligantes são previamente aquecidos para depois serem misturados. O presente trabalho consiste em uma análise da utilização do concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) em vias de tráfego leve de um Avenida do município de Porangatu-GO. Tomou-se como foco as técnicas e os materiais empregados. O CBUQ consiste na obtenção do melhor revestimento asfáltico, podendo ter uma vida útil longa levando em consideração a quantidade de tráfego e de chuvas na região. Os resultados obtidos com o CBUQ foram bons, indicando que a aplicação desse revestimento atingiu as expectativas e os requisitos de projeto.

Palavras-chave: CBUQ, mistura asfáltica, tráfego terrestre leve, flexível e durável.

Abstract

Paving constitutes on a horizontal base composed of one or more overlapping layer, resting on the earthwork and is intended to withstand vertical traffic loads, to improve rolling conditions and to withstand surface wear. There are two types of pavements, their compositions are classified with versatile materials and durability, they are basically classified in: Rigid (Concrete) and Flexible (Asphalt). It was accompanied by the use of a flexible floor composed basically of aggregates and asphaltic binders in the case of Hot-Rolled Bituminous Concrete (CBUQ) which is one of the most noble asphalt pavements and stands out for its durability. In their manufacture both aggregates and binders are preheated and then mixed. The present work consists of an analysis of the use of hot-rolled bituminous concrete (CBUQ) in light traffic ways of a condominium in the city of Porangatu, Goiás. The focus was on the techniques and materials used. CBUQ consists of obtaining of the best asphalt coating, and can have an extremely long life taking into account the amount of traffic and rainfall in the region. The results obtained with the CBUQ were good, indicating that the application of this coating reached the expectations and the design requirements.

Keywords: CBUQ, asphalt mixtures, light land traffic, flexible and durable.¹

¹Graduando em Engenharia Civil pela Faculdade Impacto de Porangatu - FIP.
E-mail: douglasmorais384@gmail.com

¹Especialista em Engenharia Civil da Faculdade Impacto de Porangatu - FIP.
E-mail: leonardobtaffarel@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

As ruas sofrem constantemente processo natural de envelhecimento e desgaste. Com a deterioração dos pavimentos asfálticos começam a ser gerados transtornos à população. Para solucioná-los na maioria das vezes são executados serviços sem planejamento técnico adequado, gerando resultados indesejados e prejuízos. É necessário analisar a forma com que as obras de pavimentação são realizadas, pois é imprescindível que o serviço seja de alta qualidade, tanto no projeto quanto na execução DNIT (2006).

De acordo com Senço (2007), o concreto betuminoso usinado a quente, “CBUQ”, é o mais nobre dos revestimentos flexíveis. Consiste na mistura estabilizada de agregados, satisfazendo rigorosas especificações, e betume devidamente dosado. A mistura asfáltica é executada em usina apropriada, com rigoroso controle de granulometria, teor de betume, temperaturas do agregado e do betume, transporte, aplicação e compressão, sendo mesmo o serviço de mais acurado controle dos que compõem as etapas da pavimentação."

Tendo em vista a necessidade de melhorias na pavimentação das vias urbanas de tráfego leve no município de Porangatu- GO, e possuindo uma Usina de CBUQ, o projeto enfatiza a execução do pavimento de revestimento com Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ).

2 METODOLOGIA

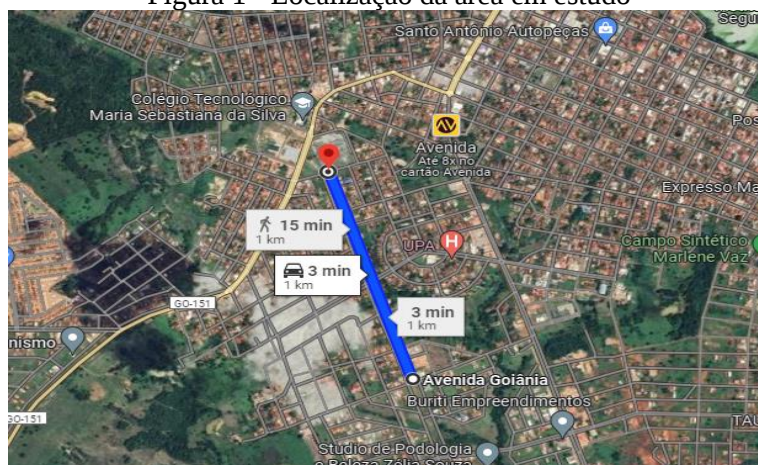
O desenvolvimento deste trabalho iniciou-se realizando a revisão bibliográfica utilizando como referência livros, monografias, dissertações de mestrado, normas, artigos científicos, apostilas e notas de aulas.

Para o desenvolvimento do estudo do caso proposto foram realizadas visitas técnicas para acompanhar a execução da pavimentação em CBUQ na avenida Goiânia em Porangatu-GO.

Em cada visita foi feita uma documentação fotográfica da obra. Em seguida foram catalogadas todas as imagens das etapas de construção da via.

Para esse estudo de caso, foi escolhido a avenida Goiânia localizada no setor Jardim Brasília em Porangatu-Go, avenida de pista dupla com 928m de comprimento em cada um dos sentidos, na qual foi feita uma pavimentação em CBUQ.

Figura 1 - Localização da área em estudo



Fonte: Google Maps (2023)

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Pavimentação: Definições E Conceitos

Segundo Senço (vol.1, 2001) pavimento é a estrutura construída sobre a terraplanagem e destinada econômica, técnica e simultaneamente a resistir e distribuir os esforços verticais oriundos do tráfego; melhorar as condições de rolamento quanto ao conforto e segurança e resistir ao desgaste. A estrutura do pavimento executado pode variar quanto a espessura, aos materiais utilizados e também com a própria função que a via poderá exercer.

De acordo com Balbo (2007) as funções dos pavimentos são: apresentar uma superfície mais regular, onde haja melhor conforto para passagem do veículo, uma superfície mais aderente, com mais segurança para pista úmida ou molhada e uma superfície menos ruidosa, com menor desgaste ambiental nas vias urbanas e rurais.

Conforme Danieleski (2004) o pavimento possui quatro objetivos principais: conforto de rodagem, capacidade de suportar cargas previamente dimensionadas, segurança e conforto visual, sendo este último ligado à sua estética. Dessa forma, sob o parecer técnico e do usuário, um pavimento adequado é aquele cuja superfície de rolamento esteja apropriada, suportando cargas, possuindo ligação segura entre pneu e superfície, tanto no rolamento quanto na frenagem, possuindo ainda, uma aparência agradável.

Segundo Balbo (2007) o pavimento rodoviário é composto pelas seguintes camadas: •

- Subleito: é a camada mais interna do pavimento, sendo considerada a fundação do pavimento, ou seja, é o material natural da região onde se pretende inserir o pavimento.
- Reforço do subleito: é a camada com espessura variável, melhora a capacidade de suporte de carga do subleito, com característica técnica inferior à da camada superior (sub-base), e superior à do material do subleito. Sendo usado se a capacidade de suporte à carga do material de subleito for muito baixa.
- Sub-base: é a camada que possui a mesma função da base, é executada sobre o subleito ou o reforço do subleito.
- Base: é a camada de pavimentação destinada a receber os esforços verticais do tráfego e distribuir as camadas subjacentes.
- Revestimento: é a camada que recebe cargas verticais e horizontais oriundas do tráfego, transmitindo-as às camadas subjacentes. Além de melhorar a superfície de rolamento quanto às condições de conforto e segurança, deve resistir aos desgastes.

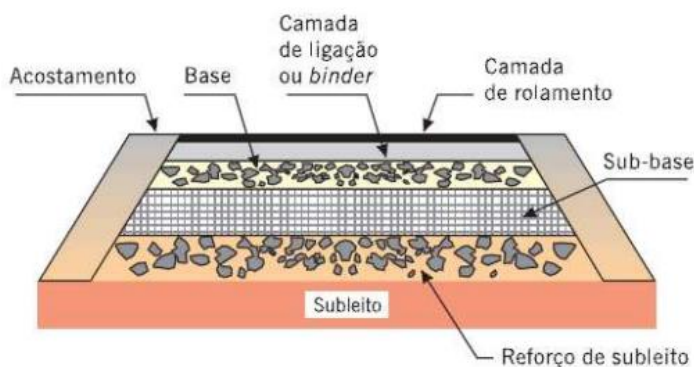
De acordo com Bernucci et all. (2006) os pavimentos são classificados tradicionalmente em três tipos, sendo eles: rígidos, semirrígido e flexíveis.

Segundo Senço (vol.1, 2001), nos pavimentos rígidos o revestimento é de concreto de cimento Portland, sua espessura é obtida em função da resistência das placas de concreto e da resistência de suas camadas inferiores, recebendo estas, o nome de sub-base e subleito. As placas de concreto nesse pavimento podem ser armadas ou não com vergalhões de aço, possuindo o concreto a resistência suficiente para suportar os esforços do revestimento e da base.

Os pavimentos Semirrígidos possuem uma definição semelhante à dos flexíveis, no entanto a base do pavimento é constituída de material estabilizado quimicamente, como: solo-cimento, solo-cal e brita graduada tratado com cimento (SENÇO, 1997).

Os pavimentos flexíveis são aqueles em que o revestimento é composto de uma mistura de agregados e ligantes asfálticos. É composto por camadas de revestimento, base, sub-base, reforço de subleito (se necessário) e subleito, como pode ser visualizado na Figura 2. O revestimento pode ser composto pela camada de rolamento (diretamente ligada aos pneus dos veículos) e camadas intermediárias, denominadas de binder. Conforme o dimensionamento, o tráfego e os materiais disponíveis na região podem-se excluir algumas das camadas citadas (SENÇO, 1997).

Figura 2 – Pavimento Flexível (corte transversal)



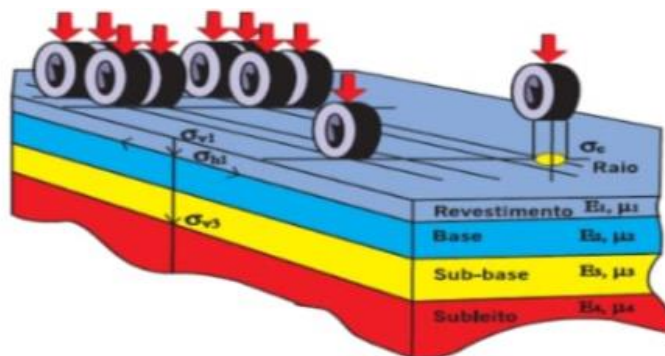
Fonte: Bernucci et al. (2006)

Dessa forma, o revestimento asfáltico, conforme Bernucci et al, (2010. P. 9-10 Apud Medina 1997) “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)”.

Devido muitas das rodovias receberem pesos excessivos, com o passar do tempo começam a surgir patologias do tipo fissuras, trincamento, panelas ou buracos, desgaste entre outros.

Bernucci et al, (2010) retrata que na pavimentação as camadas base, sub-base e reforço do subleito são de extrema relevância, pois tem papel estrutural, responsáveis por distribuir os esforços aplicados ao revestimento para o solo apresenta na figura 3.

Figura 3: Ilustração do sistema de camadas de um pavimento



Fonte: Bernucci et al. (2010, p. 10 apud Albernaz, 1997).

3.2 Maquinários Utilizados

Durante o processo de pavimentação, são usados vários equipamentos, cada um com sua função. Com base em nossos estudos e acompanhamentos durante a execução da pavimentação, iram ser citados os tipos de maquinários que foram utilizados durante esse processo de pavimentação.

Segundo Mudrik(2006),em função do tipo de solo, da profundidade de escavação da caixa, será determinado o equipamento mais adequado à execução do serviço, que poderá ser composto por escavadeira ou trator de lâmina, trator de grade, pá carregadeira, etc.

A motoniveladora (Figura 4) é utilizado para a escavação até que atinja as cotas determinadas em projeto. Todo material escavado, inservível, deverá ser removido.

Figura 4 – Motoniveladora



Fonte: Autor (2023)

Os materiais provenientes das demolições serão carregados em caminhão basculante por pá carregadeira de pneus, para assim serem transportados ao local fixado pela fiscalização (MUDRIK,2006).

Para a execução da base ou sub-base de solo utilizam-se veículos tipo caminhões-basculantes para o transporte dos materiais, motoniveladoras para acabamento e escarificação, caminhões pipa, com capacidade mínima de 10.000 litros, tratores com arados de disco.

Os equipamentos de compactação são rolo pé-de-carneiro estático ou vibratório, rolo de rodas metálicas, rolo de rodas pneumáticas e compactadores vibratórios portáteis para compactação em locais em que não é possível compactar com os rolos anteriores (SENÇO, 2001). Rolo compactador pé-de-carneiro (Figura 5) é usado para terraplenagem, depois que a patrol (motoniveladora) deixa a camada de material pronta, ou no 20 greide, para compactar o material no número de feixes necessários para atingir o grau de compactação de projeto.

Figura 5 – Rolo compactador pé-de-carneiro⁶



Fonte: Autor (2023)

A retroescavadeira é uma das máquinas mais utilizadas em obras. Tem a função de escavar valas e redes, transportar materiais e carregar caminhões. A escavadeira hidráulica tem a função de produzir aterros e desaterros, conformar taludes, carregar caminhões e escavar redes de diâmetro maior de DN 800. É uma máquina de alta produtividade.

A pá-carregadeira tem a função de carregamento de caminhões em pátio de estocagem, trabalhos de carregamento em usina de asfalto, usina de solos e terraplenagem. A mini pá-carregadeira, ou Bobcat, tem a função de transportar materiais e agregados. Trata-se de uma máquina versátil pelo tamanho e consegue entrar em espaços confinados (SENÇO, 2001).

Figura 6 – Pá Carregadeira



Fonte: Autor (2023)

A motoniveladora (Figura 4), é um equipamento específico para terraplenagem, com a função cortar ou aterrar subleitos, sub-base e bases de acordo com as estacas de marcação topográficas. É um equipamento de muita força que consegue espalhar ou cortar grandes volumes de material (SENÇO, 2001).

Figura 7 – Caminhão Basculante



Fonte: Autor (2023)

O caminhão pipa (Figura 8) tem a função de umedecer o material para que ele atinja a umidade ótima para a compactação. Também tem a função de molhar a obra em épocas de seca, quando o movimento de máquinas levanta poeira. O caminhão pipa também auxilia distribuindo água para toda obra, lavando peças que são concretadas, e molhando as lajes e tabuleiros já concretados e que estão em processo de cura, MOTTA, L.M.G. (1995). A irrigação da superfície faz com que o material de enchimento seja conduzido pela água até a parte inferior da camada de agregado graúdo, deixando novamente aparentes as frestas na parte superior dessa camada. Após essa operação, deve-se aguardar o tempo necessário para que se evapore a água da parte superior. Essa operação é seguida de nova compressão (SENÇO, 2001).

Figura 8 – Caminhão pipa



Fonte: Autor (2023)

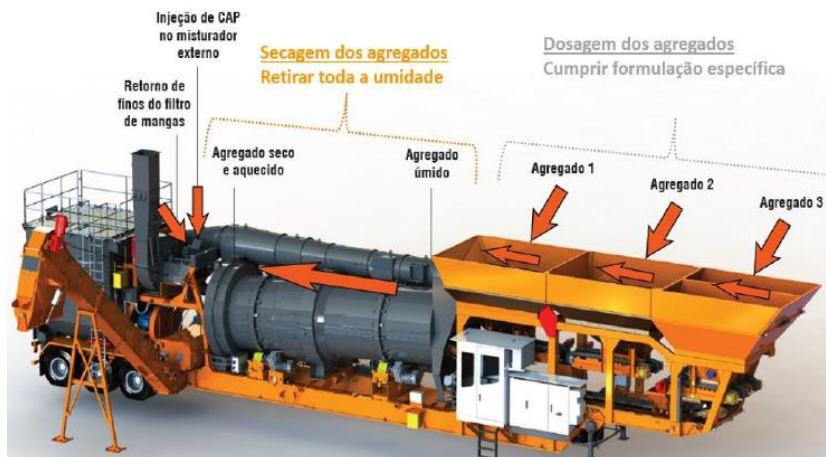
3.3 Execução Do Concreto Betuminoso Usinado A Quente

A mistura betuminosa a quente sai do misturador diretamente para os caminhões basculantes, que a transportam para a estrada, devendo chegar ao local da descarga de tal maneira, que a temperatura da mistura não seja menor que 120°C (NOGUEIRA, 1961).

A garantia da temperatura da aplicação do CBUQ em pista depende de alguns fatores, como: a distância entre a usina e o local de aplicação, as condições climáticas no dia, a proteção do material na caçamba do basculante. Esses fatores permitem inferir se a viscosidade do material ainda permite o seu espalhamento e sua compactação, sem prejuízo ou perda de suas capacidades ligantes (BALBO, 2007).

Dentre os tipos de revestimento dos pavimentos flexíveis, existem as misturas usinadas. Para Bernucci et al. (2008), essa mistura de agregados e ligante é feita em uma usina estacionária, e posteriormente transportada para o local de utilização.

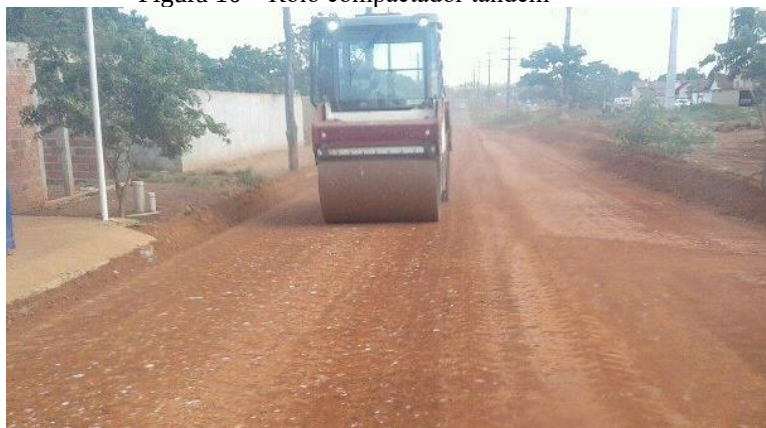
Figura 9: Usina estacionária de CBUQ.



Fonte: CIBER (2018)

Antes de aplicar a mistura asfáltica, o local terá de ser limpo com vassourão e/ou compressor de ar, para remover agregados dispersos, pó ou outras substâncias prejudiciais à aplicação. A pintura de ligação deve apresentar película homogênea e promover adequadas condições de aderência.

Figura 10 – Rolo compactador tandem



Fonte: Autor (2023)

3.4 Processo Executivo

O processo executivo do CBUQ é dividido em várias etapas, e de acordo com a Especificação de Serviço do Concreto Asfáltico – 031/2006 (DNIT, 2006), sendo elas:

Imprimação: o ligante betuminoso, geralmente é asfalto diluído de petróleo, CM-30 ou CM-70, sendo aplicado por um caminhão com bomba reguladora de pressão e

sistema de aquecimento, logo após o perfeito adensamento da base e a varredura da superfície com vassoura mecânica. O ligante deve ser absorvido pela base em 72 horas, tendo como objetivo a impermeabilização do solo através da penetração do material betuminoso. A taxa de aplicação é definida em laboratório, variando entre 0,8 l/m² a 1,6 l/m².

Figura 11: Aplicação do CM-30, Imprimação.



Fonte: Autor (2023)

Pintura de ligação: após sete dias entre a execução da imprimação e a do revestimento, a pintura de ligação deve ser feita. O material betuminoso utilizado tem uma taxa recomendada pelo DNIT de 0,3 l/m² a 0,4 l/m², e as mais usadas são as emulsões Asfálticas: RR-1C e RR-2C. O objetivo da sua aplicação é promover melhor condição de aderência entre a superfície da base e o CBUQ.

Figura 12: Aplicação do RR-2C, Pintura de ligação



Fonte: Autor (2023)

Após o tempo de cura da emulsão, aplica-se o CBUQ com a vibro acabadora nivelando, compactando e unindo simultaneamente a mistura, produzindo uma superfície perfeitamente nivelada, que se mantém após a compactação com o rolo pneumático e o

rolo tandem e após a ação do tráfego. As vibro acabadoras modernas apresentam distribuidor vibratório que permite a regulação a laser, da altura entre a face inferior da mesa de pré compactação e a superfície existente (BALBO, 2007).

Distribuição do CBUQ: o CBUQ deve ser distribuído sobre a superfície já imprimada e pintada, com auxílio de caminhões basculantes adequados e vibro acabadoras. Os materiais utilizados não devem exceder a temperatura de 177°C.

Figura 13: Distribuição do Asfalto CBUQ.



Fonte: Autor (2023)

Compactação do CBUQ: ao término da distribuição, a compactação deve ser iniciada pelos bordos, longitudinalmente, continuando em direção ao eixo da pista. Porém, em superelevação deve-se começar a compactação sempre pelo lado mais baixo para o ponto mais alto da curva. Esse processo é feito com o rolo pneumático e rolo metálico liso. Com o fim da compactação o tráfego só é aberto após o completo resfriamento.

Figura 14: Compactação CBUQ



Fonte: Autor (2023)

A compactação ou compressão constitui uma das etapas mais importantes para a boa execução do revestimento de concreto betuminoso. É recomendado que a velocidade do rolo não ultrapasse 7km/h, e que na mudança de sentido da marcha, não haja movimento brusco, pois poderia ocasionar depressões na massa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para o estudo de caso foi escolhido a Avenida Goiânia na cidade de Porangatu-GO, durante um período de 08 meses foi feito o acompanhamento de todo o processo da pavimentação, desde a terraplenagem até o revestimento com o CBUQ. A primeira visita foi no dia 28/08/2023, neste dia estava iniciando o processo de nivelamento de todo o terreno, corte e aterro.

Figura 15: Motoniveladora



Fonte: Autor (2023)

No primeiro dia de visita como mostra a Figura 14 Motoniveladora (patrol) foi um dos equipamentos que estavam sendo utilizados, sua função foi cortar e aterrar subleitos, sub-bases e bases.

Para este estudo de caso ser realizado, foi preciso acompanhar a obra no mínimo 3 vezes por semana, para termos base e aprendermos sobre todo o processo da pavimentação com uso do CBUQ.

5 CONCLUSÃO

Durantes os estudos sobre as propriedades dos materiais que constitui o Concreto betuminoso usinado a quente, pode se notar que a escolha pelo uso desse revestimento interfere no custo e benefício gerados por este. Vale lembrar que o CBUQ é um tipo de revestimento mais resistente, porém com um custo maior, sua composição é formada por agregados minerais (britas e o pó-de-pedra e filer).

Durante o acompanhamento percebemos o cuidado e eficácia em todas as etapas desde o início até a conclusão, com a aplicação do revestimento na Avenida e a agilidade dos maquinários durante cada processo, assim o pavimento irá suportar chuvas intensas, pressão do tráfego e intempéries do tempo.

Concluindo- e que cada etapa da aplicação torna o CBUQ é viável, pois sua durabilidade é de aproximadamente 10 a 20 anos. Enquanto outros sofrem defeitos com menor tempo, causando trincas e fissuras e assim necessitam de uma manutenção com um menor prazo.

Logo depois de ser executada a pavimentação com este tipo de revestimento, deve expor condições de durabilidade, conforto e resistência, evitando assim patologias na pista de rolamento.

REFERÊNCIAS

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

BERNUCCI, Liedi Bariani et al. **Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobras: Abeda, 2008.

BERNUCCI, L. B. et al. **Pavimentação Asfáltica**. 3ª. ed. Rio de Janeiro: ABEDA, 2008.
DNIT 095/2006 – EM: **Cimentos asfálticos de petróleo – Especificação de material**. Rio de Janeiro, 2006.

BERNNUCI et al. **Pavimentação asfáltica: Formação básica para engenheiros**. 1. Ed. Rio de Janeiro, ABEDA, 2010.

DANIELESKI, Maria L. **Proposta de metodologia para avaliação superficial de pavimentos urbanos: aplicação à rede viária de porto alegre**. 2004. 187 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transporte) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em:
http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/publicacoes/maria_luiza_danieleski.pdf Acesso em: 20 NOV. 2023.

DNIT. **Manual de Pavimentação**. 3º. ed. Rio de Janeiro: Printed in Brazil, 2006.

DNIT. Pavimentos flexíveis - Concreto asfáltico. Rio de Janeiro: [s.n.], 031/2006.

MOTTA, L.M.G. (1995). **Considerações a respeito de pavimentos e tráfegos em vias urbanas**. In: REUNIÃO DE PAVIMENTAÇÃO URBANA, 6ª. 1995, Santos. Anais...Santos, Associação Brasileira de Pavimentação, Santos. p 25-52.

MUDRIK, C. Caderno de encargos: **Terraplenagem, pavimentação e serviços complementares**. 2ª. ed. [S.l.]: Edgard Blucher, v. 1, 2006.

NOGUEIRA, Cyro. **Pavimentação: projeto e construção**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1961.

SENÇO, Wlastermiller de. **Manual de técnicas de pavimentação**. São Paulo: Pini, 1997.

SENÇO, Wlastermiller de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. vol. 2. 2. ed. São Paulo: Pini, 2001.

SENÇO, W. D. **Manual de técnicas de pavimentação**. 2. ed. São Paulo: Pini, v. 1 e 2, 2007.