

**UNIVERSIDADE EVANGÉLICA DE GOIÁS – UNIEVANGÉLICA
CAMPUS CERES
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

REYDNER GONÇALVES CARDOSO

**REVITALIZAÇÃO DA GO - 230, QUE LIGA OS MUNICÍPIOS DE
RIANÁPOLIS - GO E SANTA ISABEL – GO**

PUBLICAÇÃO N°: 05

**CERES / GO
2023**

REYDNER GONÇALVES CARDOSO

**REVITALIZAÇÃO DA GO- 230, QUE LIGA OS MUNICÍPIOS DE
RIANÁPOLIS - GO E SANTA ISABEL – GO**

PUBLICAÇÃO Nº: 05

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA.**

ORIENTADOR: Ma. JÉSSICA NAYARA DIAS

CERES / GO:

2023

FICHA CATALOGRÁFICA

CARDOSO, GONÇALVES REYDNER;

Revitalização da GO - 230, que liga os municípios de Rianópolis – GO e Santa Isabel – GO. 2023

(ENC/UniEVANGÉLICA, Bacharel, Engenharia Civil, 2022).

TCC – UniEVANGÉLICA

Curso de Engenharia Civil.

1. Pavimentações

2. CBUQ

3. Recuperação

4. Revitalização

I. Uni-Evangélica

II. Revitalização da GO - 230, que liga os municípios de

Rianópolis – GO e Santa Isabel – GO. 2023

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CARDOSO, G. R; REGÍS, f, J, A. Revitalização da GO - 230, que liga os municípios de Rianópolis – GO e Santa Isabel – GO. Publicação ENC. PF-001A/23, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Ceres, GO, 21 p. 2023.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: REYDNER GONÇALVES CARDOSO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:

Revitalização da GO - 230, que liga os municípios de Rianópolis – GO e Santa Isabel – GO.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2023

É concedida à UniEVANGÉLICA a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

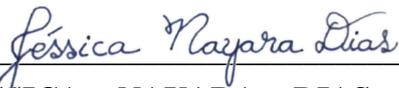
Reydner Gonçalves Cardoso
76320000 – Santa Isabel/GO - Brasil

REYDNER GONÇALVES CARDOSO

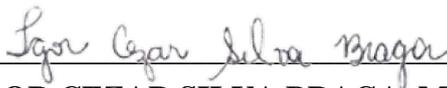
**REVITALIZAÇÃO DA GO - 230, QUE LIGA OS MUNICÍPIOS DE
RIANÁPOLIS – GO E SANTA ISABEL – GO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL.**

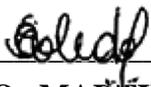
APROVADO POR:



**JÉSSICA NAYARA DIAS, Mestra (Universidade Evangélica de Goiás –
UniEVANGÉLICA, Campus Ceres)
(ORIENTADORA)**



**IGOR CEZAR SILVA BRAGA, Mestre (Faculdade Evangélica de Goianésia – FACEG)
(EXAMINADOR EXTERNO)**



**EDUARDO MARTINS TOLEDO, Mestre (Universidade Evangélica de Goiás –
UniEVANGÉLICA)
(EXAMINADOR EXTERNO)**

DATA: CERES/GO, 11 de dezembro de 2023.

REVITALIZAÇÃO DA GO - 230, QUE LIGA OS MUNICÍPIOS DE RIANÓPOLIS – GO E SANTA ISABEL – GO

Reydner Gonçalves Cardoso¹

Jéssica Nayara Dias²

RESUMO

Dentre os inúmeros serviços que podem ser realizados pelo profissional da Engenharia Civil tem-se a pavimentação, que é um revestimento instalado e tratado de maneira a suportar os diversos e constantes esforços e compressões, provocadas em sua estrutura pelo trânsito de veículos de deslocamento terrestre. Neste trabalho, o objetivo foi acompanhar o processo de Revitalização da GO-230, que interliga os municípios de Rianópolis – GO e Santa Isabel – GO, com o intuito de analisar a eficácia do método empregado, comparando a prática com a teoria presente na literatura, e apresentar o resultado final pós recuperação. De modo a atingir o objetivo proposto, foi realizado um estudo de caso, com acompanhamento *in loco* de todos os processos para revitalização do trecho mencionado. A pesquisa foi de natureza exploratória, que é realizada através da análise de exemplos que promovam a compreensão, incluindo a revisão bibliográfica, que foi realizada, ainda, com o intuito de comparar o que é especificado pela literatura com o que efetivamente foi realizado na obra. Por intermédio do acompanhamento da obra foi possível registrar cada etapa realizada, os materiais e equipamentos empregados e os papéis que estes tiveram no resultado final. Foi possível compreender o porquê da escolha do CBUQ como material de revestimento empregado. Diante do exposto, concluiu-se, com base na pesquisa, que o processo de revitalização seguiu os procedimentos prescritos por órgãos competentes, como DNIT, e os resultados foram muito satisfatórios. Diante do observado, pôde-se comprovar a eficácia do uso do CBUQ e que agilidade do processo, quando do seu emprego, permitiu que a obra em estudo fosse entregue dentro do tempo previsto em projeto, evitando desgastes e prejuízos para os municípios interligados pela via.

Palavras-chave: Pavimentação. CBUQ. Recuperação. Revitalização.

¹ Discente do curso de Engenharia Civil da Universidade Evangélica de Goiás (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: reydnercardoso@hotmail.com

² Mestra, professora do curso da Universidade Evangélica de Goiás (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: jessicadias.engenharia@gmail.com

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1 Pavimentação	6
2.1.1 Pavimentos Asfálticos Flexíveis	6
2.1.2 Pavimentos Asfálticos Rígidos	7
2.1.3 Pavimentos Asfálticos Semi-Rígidos	8
2.2 Revestimentos Asfálticos.....	8
2.2.1 Concreto Betuminoso Usinado A Quente – CBUQ.....	9
3 MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1 Material	10
3.2 Métodos	11
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
4.1 Patologias presentes na Via em estudo	11
4.2 Processos de Recuperação do Revestimento da Via.....	12
4.2.1 Corte do Revestimento Deteriorado.....	12
4.2.2 Imprimação Betuminosa.....	14
4.2.3 Lançamento dos Agregados para a Mistura Asfáltica.....	15
4.2.4 Compactação.....	17
4.2.5 Sinalização	18
5 CONCLUSÃO.....	18
REFERÊNCIAS	20

1 INTRODUÇÃO

É perceptível que a pavimentação no Brasil ainda é um problema relacionado a infraestrutura. No passado as estradas não eram desenvolvidas para o transporte de pessoas, tendo em vista os fins mais usados contemporaneamente, e sim para o transporte de cargas CNT (2019). O sistema de transporte do Brasil é fortemente dependente de rodovias, que facilitam o deslocamento de 95% dos passageiros e 61% das mercadorias, conforme relatado pela CNT (2019). Em termos de geração de riqueza para o país, essa infraestrutura rodoviária revela-se um contribuinte significativo no curto e médio prazo, desempenhando um papel indispensável no desenvolvimento econômico do país.

Atualmente no Brasil, a extensa rede rodoviária abrange cerca de 1.720.700 km, compreendendo 213.453 km (12,4%) de estradas pavimentadas e 1.349.938 km (78,5%) de estradas não pavimentadas. Das rodovias pavimentadas, a divisão federal e estadual é de 30,6% e 69,4%, respectivamente (CNT, 2019). Na última década, a malha rodoviária federal pavimentada cresceu 6,7%, passando de 61,3 mil km para 65,4 mil km.

Convencionalmente, o pavimento rodoviário é dividido em duas categorias fundamentais: o rígido e o flexível. No entanto, nos tempos modernos, o uso dos termos "pavimentos de concreto de cimento Portland" e "pavimentos de asfalto" ganhou popularidade para diferenciar os dois tipos de revestimentos. No Brasil, os pavimentos flexíveis são os mais procurados, compostos por uma mistura de agregados e ligantes asfálticos. O pavimento é executado em camadas, com a mistura asfáltica aplicada diretamente onde há contato de rodagem dos veículos. Estradas de pavimento flexível são estruturas complexas de múltiplas camadas que são construídas em uma superfície de terraplenagem preparada e várias camadas, incluindo subleito, reforço do subleito (se necessário), sub-base, base e revestimento.

Sendo um dos revestimentos asfálticos mais usados no Brasil, a mistura a quente de agregados minerais e ligante asfáltico, chamada CBUQ (concreto betuminoso usinado a quente), é produzida em uma usina misturadora para obter uma mistura homogênea. A qualidade deve ser suficiente para garantir que a mistura resultante atenda aos critérios necessários de impermeabilidade, flexibilidade, estabilidade, durabilidade, trinca térmica, resistência à derrapagem e fadiga, de acordo com o clima e o tráfego previstos para o local. (Bernucci, *et al*, 2008).

As misturas asfálticas quentes são categorizadas com base no seu grau de agregado, que são ainda classificadas em três tipos de categorias predominantes: graduação densa, aberta e descontínua. No mundo da construção, os materiais de temperatura quente desempenham um papel crucial. Estes são classificados em vários tipos com base em padrões granulométricos e requisitos mecânicos, dependendo da aplicação específica para a qual são utilizados e aos seus destinos. O mais nobre de todos os revestimentos flexíveis sem dúvida é o CBUQ, a combinação perfeita de agregado meticulosamente selecionado e betume medido com precisão é o que o diferencia.

A pavimentação é um mecanismo criado para otimizar e proporcionar um maior conforto ao transporte de uma via. O dimensionamento e a aplicação do revestimento CBUQ na pavimentação são partes importantes que integram o processo. Desse modo, o objetivo do presente trabalho foi acompanhar, por meio de um estudo de caso, o processo de Revitalização da GO - 230, que interliga os municípios de Rianópolis – GO e Santa Isabel – GO, com o intuito de analisar a eficácia do método empregado, comparando a prática com a teoria presente na literatura, e apresentar o resultado final pós recuperação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Pavimentação

Segundo o DNIT (departamento nacional de trânsito), o pavimento é um processo essencial do desenvolvimento da infraestrutura, considerado uma superestrutura confeccionada por múltiplas camadas de espessuras limitadas, estabelecidas na superfície do solo de fundação, considerado um subleito. O pavimento é construído após a execução da terraplanagem, com diferentes camadas, referentes a sua resistência, tecnicamente construído para suportar a força e tensão de veículos motorizados, condições climáticas e fornecer desempenho e conforto ideal aos usuários das vias. A criação de rodovias e ruas pavimentadas tem um impacto significativo no avanço socioeconômico das regiões, resultando em melhoria da qualidade de vida da população, transporte público acessível e centros populacionais estrategicamente distribuídos (BERNUCCI, 2008).

As camadas que compõem um pavimento normalmente são categorizadas da seguinte forma: a camada de revestimento, que tem como principal finalidade proporcionar a criação de uma superfície impermeável, com a intenção de receber diretamente o tráfego designado e, em última análise, facilitar a melhoria. É crucial, o aumento da durabilidade, juntamente com o fornecimento de medidas de segurança, resultando em maior resistência ao desgaste. A camada construída para suportar forças verticais é comumente conhecida como camada de base e é essencial para garantir a durabilidade da estrutura ao longo do tempo. A sub-base é uma camada que complementa a camada de base na construção de estradas. É usado quando o solo do subleito é inadequado para suportar o peso da estrada. A camada de sub-base ajuda a distribuir a carga do tráfego em uma área mais ampla, reduzindo o estresse nas camadas de base e subleito. A camada logo abaixo da sub-base, comumente conhecida como camada inferior, fica em uma elevação mais baixa do que a camada logo acima dela. O reforço do subleito, ou a camada abaixo do pavimento, deve ter uma espessura consistente em toda a camada. Se necessário, a camada de revestimento pode ser feita acima da regularização, exigindo recursos tecnológicos que superam os de regularização.

O método de escolha que será aplicado no pavimento de uma via leva em consideração fatores como o fluxo e o tipo de tráfego esperado e as condições meteorológicas da região. As camadas superficiais que estabelecem um pavimento apresentam sua resistência aos esforços do tráfego de veículos e transfere-o para a camada mais inferior. Uma estrutura bem planejada e projetada suportará as deformações e tensões as quais estará sujeita e não possibilitará que os possíveis deslocamentos gerados por essas cargas causem ruptura ou deformação excessiva (PINTO; PREUSSLER, 2012)

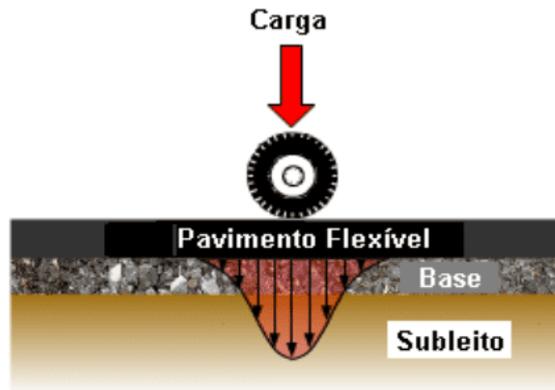
2.1.1 Pavimentos Asfálticos Flexíveis

Segundo Senço (2001), quanto à sua categorização, os pavimentos podem ser divididos em: flexíveis (asfálticos), rígidos (de concreto-cimento) e semirrígidos (com base cimentada revestida por uma camada asfáltica). Os pavimentos asfálticos flexíveis são constituídos, segundo Bernucci (2008), por ser uma camada de superfície betuminosa (revestimento), apoiado na fundação, leito da estrada e camada de reforço do leito da estrada, composto por material granular, solo ou misturas de solos. A quantidade necessária de camadas vai depender do tamanho do fluxo da via, a capacidade de carga do subleito, a rigidez, a espessura do subleito e condições ambientais.

Ainda segundo Bernucci (2008), os revestimentos betuminosos podem combinar o agregado com o material betuminoso de duas formas, por penetração ou por mistura. Penetração é a medida do tamanho da partícula através de uma ou mais operações de aplicação de material

asfáltico e o mesmo número de camadas de agregados pavimentados e compactados adequadamente. Na pavimentação por mistura, o agregado é pré-envolvido com material asfáltico antes da compactação, quando a pré-embalagem é feita na fábrica, ela é chamada de pré-mistura pronta para a pista.

Figura 1: Representação da carga no pavimento flexível.



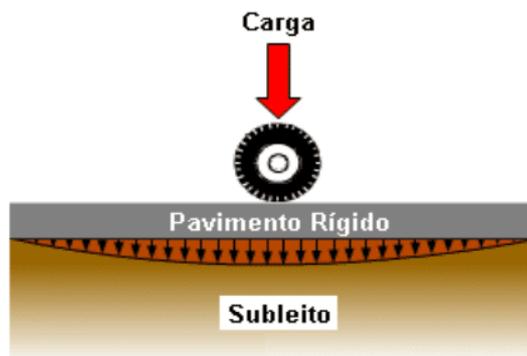
Fonte: Araújo (2016)

Dessa forma, os pavimentos flexíveis consistem em uma camada superficial betuminosa, o chamado revestimento, suportada por uma camada de base, sub-base e reforço do leito da estrada, consistindo de material granular, solo ou mistura de solo, sem adição de ligantes, e submetido à deformação elástica de todas as camadas sob carga, ou seja, a carga é distribuída em partes aproximadamente iguais e a pressão é concentrada, como mostra a Figura 1 (BERNUCCI, 2008).

2.1.2 Pavimentos Asfálticos Rígidos

Pavimentos rígidos são pavimentos cujo revestimento é constituído por lajes de concreto de cimento Portland. Devido à resistência à flexão da laje de concreto, este revestimento possui uma alta rigidez e uma espessura fixa em relação à camada subjacente, assim, quase absorve a carga aplicada por ela, estas lajes de cimento Portland são colocadas no solo de fundação ou sub-base, onde desempenham as funções de revestimento, e base, e podem ou não ser reforçadas com reforço de aço (ARAÚJO, 2016). As placas então espalham as tensões forçadas pelo carregamento de forma praticamente uniforme, como apresentado na Figura 2.

Figura 2: Representação da carga no pavimento rígido.



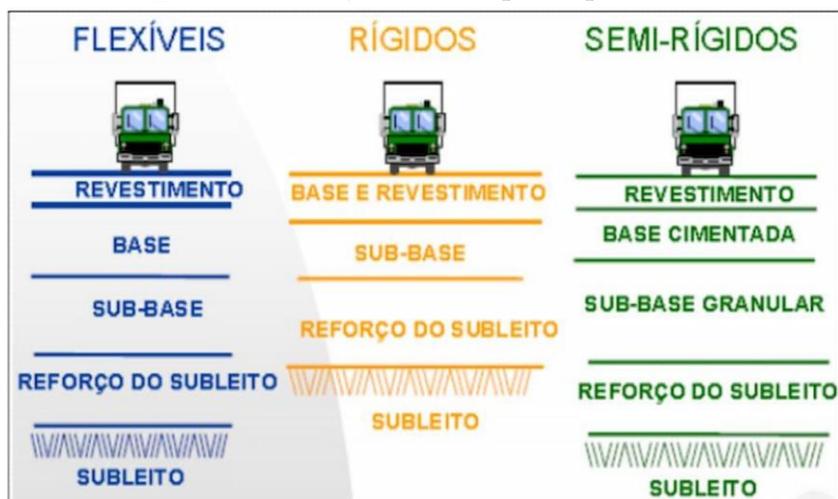
Fonte: Araújo (2016)

Os principais materiais utilizados em pavimentos rígidos são o cimento Portland CP-I, CP-II, CP-III e CP-IV, agregado graúdo e miúdo, água, aditivos, materiais de vedação de juntas, fibras plásticas ou de aço e reforços CA-50, CA-60 e CA-25 (DNIT, 2004). O revestimento dos pavimentos rígidos é o concreto, que pode ser preparado por pré-moldado ou produção no local, dos tipos de pavimentos rígidos existentes, os pavimentos de concreto simples são os mais comuns na colocação de estradas (BALBO, 2009)

2.1.3 Pavimentos Asfálticos Semi-Rígidos

Os pavimentos Semi-rígidos são considerados como um caso intermediário entre rígido e flexível, onde é feito o revestimento asfáltico e camada de base, como solo de cimento e solo de cal, logo sua resistência à tração é ligeiramente aumentada. O pavimento semi-rígido é caracterizada por uma base de cimento químico, e são constituídos pelos seguintes elementos: revestimento, base cimentada, sub-base granular, reforço do subleito e por fim subleito. Contudo, o que diferencia os pavimentos semi-rígidos dos flexíveis é a presença de aditivos em sua liga, como o cimento Portland ou cal hidratada, com a intenção de intensificar a rigidez para que o pavimento aguente maiores cargas nas vias (ARAÚJO, 2016). A Figura 3 permite a análise das diferenças entre os três tipos de pavimentos.

Figura 3: Diferenças dos três tipos de pavimentos



Fonte: Masterplate (2020)

2.2 Revestimentos Asfálticos

O revestimento asfáltico, segundo Bernucci (2008), é determinado como a camada superior com a tarefa de resistir frente às ações do tráfego e espalhá-las de forma reduzida nas camadas inferiores, calafetando o pavimento, além de melhorar as condições de conforto e segurança. Os revestimentos betuminosos são constituídos de materiais agregados e betuminosos, isso pode ser feito de duas maneiras principais, por penetração ou mistura (BERNUCCI, 2010).

Via penetração, refere-se à passagem por uma ou mais aplicação de material asfáltico e o mesmo número de operações espalhando e comprimindo a camada agregada com a granularidade adequada. Já quando feito pela mistura, os agregados são pré-embalados com material betuminoso, antes da compressão. Um dos tipos mais utilizados no Brasil e o mais flexível é o Concreto Asfáltico (CA) também conhecido como CBUQ (concreto betuminoso usinado a quente). Ele é contituido por uma mistura íntima de agregados para atender a requisitos rigorosos, específicos e com dosagem adequada de asfalto. A mistura é produzida na

fábrica sob rigoroso controle de granulometria, certo teor de betume, uma correta temperatura do agregado e do betume, transporte, aplicação e compressão, sendo o processo mais rigoroso que é executado na fase de pavimentação, porém com mais facilidade em sua acessibilidade e manuseio em relação as outras opções. Em razão disso, o concreto betuminoso tem sido preferido para revestimento das estradas e vias expressas (BERNUCCI, 2008).

2.2.1 Concreto Betuminoso Usinado A Quente – CBUQ

Segundo Senço (2007), o revestimento CBUQ é conhecido por sua flexibilidade em altas temperaturas, normalmente, o agregado ligante usado no CIP (Cimento Asfáltico de Petróleo) está inter-relacionado. O processo de separação do petróleo bruto em seus vários componentes é conhecido como destilação do petróleo. O tipo de pavimento construído com uma combinação de asfalto e agregado é chamado de "flexível" devido à sua flexibilidade estrutural.

Devido ao impacto das cargas do tráfego, o pavimento pode sofrer um fenômeno conhecido como "capotamento". Isso é particularmente comum em estruturas de pavimentos flexíveis, normalmente, esses materiais consistem em múltiplas camadas que são capazes de acomodar a flexão. O revestimento asfáltico é o tipo mais comum de pavimentação para estradas. Isso se deve ao fato de que a maioria das estradas pavimentadas são revestidas com asfalto. Como ligante oferece flexibilidade ao estabelecer uma forte união entre os agregados, o produto pode ser controlado de forma eficaz, graças às suas qualidades impermeáveis e duráveis, bem como à sua resistência à maioria dos ácidos, essa substância pode ser utilizada no estado aquecido ou emulsionado, com ou sem aditivos, e é composta por álcalis e sais (BERNUCCI, 2006)

O CBUQ pode ser definido como pela combinação que é produzida em usinas fixas, onde os agregados aquecidos são misturados para formar uma mistura utilizando um produto derivado de material betuminoso. O CBUQ é um revestimento comumente usado para a construção de estradas e rodovias, além de oferecer excepcional confiabilidade, durabilidade e acabamento de alta qualidade, também oferece desempenho único.

Para garantir um procedimento rápido e eficiente, é necessário que um determinado volume de vazios com ar esteja presente na aplicação do AC (Asphalt Cement), que é o ligante asfáltico. A estabilidade do fluxo de tráfego e a resistência à deformação causada pela fluência são considerações importantes para qualquer estrutura. A disposição desses fatores é crucial para garantir que a estrutura permaneça intacta e funcional. Se as partículas forem bem graduadas, o teor de ligante asfáltico na mistura não deve ser alto para manter o nível adequado de vazios, normalmente entre 3 a 5%, para a camada de pavimento, a composição do ligante em materiais de construção depende da forma dos agregados e da densidade do material. De acordo com Bernucci (2008) a porcentagem de viscosidade e tipo de ligante em uma substância é tipicamente entre 4,5% e 6%.

Para garantir a boa execução, as misturas asfálticas devem ser dosadas de forma que assegure alguns requisitos, como a capacidade da mistura de resistir à fadiga, manter a durabilidade e resistir à deformação plástica, outro fator também importante a ser considerado são as condições climáticas, de tráfego e da estrutura do pavimento (CERATTI, 1997). A compactação das camadas de concreto tem as seguintes finalidades: manutenção da constância volumétrica, ou seja, a camada espalhada e compactada não deve sofrer alterações, pois a compactação do solo pode ser agravada pelo tráfego intenso, levando a efeitos adversos, também as deformações presentes na superfície de rolamento podem causar desconforto aos veículos que tragegam em velocidades maiores. A durabilidade do pavimento está diretamente relacionada à camada de impermeabilização, que garante sua longevidade, o objetivo é diminuir

ou erradicar os efeitos da água no asfalto ligam as partículas de agregados CERATTI (1997). A Figura 4 apresenta o processo de execução do concreto betuminoso usinado a quente CBUQ.

Figura 4: Processo de execução do concreto betuminoso usinado a quente CBUQ



(a)

(b)

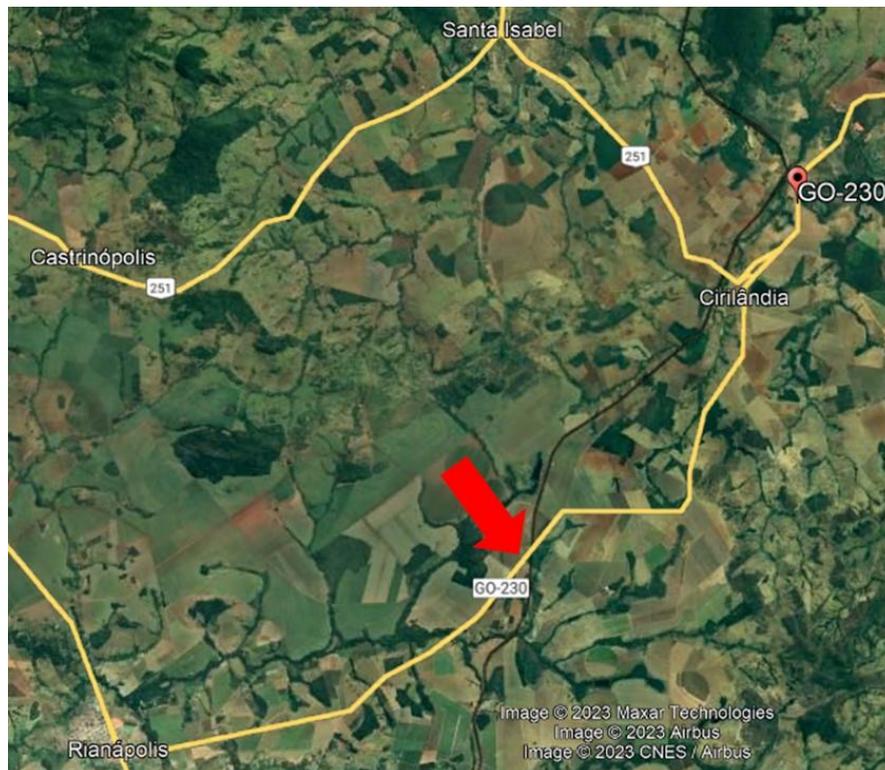
Fonte: Construfenix (2023)

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

O objeto de estudo deste trabalho é o trecho da GO-230 (Figura 5), que interliga Rianópolis à Cirilândia, que é um distrito de Santa Isabel – GO. O local passou por um processo de revitalização e as etapas, desde a terraplanagem, preparo do solo, até a aplicação do revestimento asfáltico concreto usinado a quente CBUQ, foram realizadas no local.

Figura 5: Localização no mapa do trecho da GO-230 em estudo.



Fonte: Google Earth Pro (2023)

3.2 Métodos

O presente trabalho é um estudo de caso, uma metodologia científica que permite investigar um dado fenômeno em profundidade dentro do seu contexto real. Dessa forma, foi realizado um acompanhamento de todos os processos de revitalização do trecho da GO-230 que interliga os municípios do estado de Goiás, Rianópolis e Santa Isabel.

De forma a alcançar os objetivos do trabalho, o acompanhamento do processo foi realizado *in loco*, com registro fotográfico de todas as etapas que foram realizadas no local, pesquisas bibliográficas visando comparar o que é especificado pela literatura com o que efetivamente foi realizado na obra, avaliando ainda os dados fornecidos pelos profissionais responsáveis pelo projeto e execução da mesma.

A pesquisa foi de natureza exploratória, que é realizada através da análise de exemplos que promovam a compreensão, incluindo a revisão bibliográfica. Como meios de pesquisa, utilizou-se de livros, artigos científicos, dissertações, teses e normas técnicas relacionadas ao tema abordado no trabalho.

A obra foi executada pela empresa GOINFRA (Agência Goiana de Infraestrutura e Transporte), que é um departamento do estado. A empresa autorizou o acompanhamento do processo executivo para a análise realizada neste trabalho, e os profissionais responsáveis pela obra, engenheiros, explicaram os processos e comparativos que são apresentados neste trabalho. A obra, bem como seu acompanhamento, aconteceu no mês de agosto do ano de 2023.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Patologias presentes na Via em estudo

A via apresentava sérios danos, como o desgaste ou desagregação, apresentados na Figura 6. Essas patologias estão diretamente relacionadas às ações do tráfego e do intemperismo, e são caracterizadas pelo desprendimento de agregados da superfície da pista. Suas principais causas são a utilização de materiais não apropriados, erros no processo de construção ou má ligação entre os componentes da mistura betuminosa utilizada. Na Figura 6 também é possível observar a presença de trincas e fissuras no pavimento.

Figura 6: Patologias de trinca e desgaste.



Fonte: Pinheiro (2019)

O principal dos problemas encontrado na via é apresentado pela Figura 7, que são as panelas ou buracos. Estas patologias são cavidades que se formam na via, sendo um avanço dos problemas citados anteriormente, e apresentados na Figura 6. São mais comuns nos períodos chuvosos, pois ocorre o amolecimento do pavimento devido à compressão da água.

Figura 7: Buracos ou panelas



Fonte: Mota (2019)

4.2 Processos de Recuperação do Revestimento da Via

As etapas empregadas no processo de recuperação da via em estudo são apresentadas nos tópicos seguintes. Segundo os profissionais responsáveis pela obra, os danos da via foram provenientes do tempo e condições de uso, principalmente a fatores como o excesso de cargas aplicadas no pavimento, devido a passagem de veículos pesados, e o processo de fadiga que o mesmo sofreu com o uso.

4.2.1 Corte do Revestimento Deteriorado

O primeiro passo realizado no processo de recuperação foi a retirada do revestimento danificado, que apresentava como patologias fissuras e infiltrações. Esse processo se deu pelo corte do concreto betuminoso, que foi totalmente retirado em alguns trechos da via e em outros, que estavam em melhor estado, foi reaproveitado. O processo é realizado por uma máquina denominada fresadora de asfalto (Figura 8) que é utilizada para remoção de pavimentos asfálticos, através de corte e desbaste de uma ou mais camadas.

Após o corte do asfalto pela fresadora, o material foi descarregado em um caminhão caçamba que realiza o transporte para o destino final, seja para o descarte ou para a usina de reciclagem. Os procedimentos descritos, tanto de corte quanto de descarte, estão de acordo com o Manual de Restauração de Pavimentos elaborado pelo DNIT (2006), que descreve, inclusive, quando reaproveitar e quando descartar o material de revestimento da via original.

Segundo Gewehr (2012), quando ocorre uma demora para o início do processo de reparo da via, é inviável realizar o reaproveitamento do material de revestimento asfáltico, sendo a única opção a remoção total do mesmo, e seu descarte para fazer uma nova mistura asfáltica com novos agregados e ligantes.

Figura 8: Fresadora de asfalto.



Fonte: Próprio autor (2023)

O processo de reciclagem do revestimento recebe o nome de reciclagem a quente, sendo um processo em que se retira o revestimento por completo, ou partes do mesmo, dependendo do seu estado ou local a ser aplicado. É feita então uma mistura a quente do material removido e novo agregado, sendo importante também o uso de algum agente de reciclagem, conhecido como agente rejuvenescedor (KANDHAL; MALLICK, 1997).

Após o processo de corte do material grosso do asfalto antigo, utilizou-se um equipamento denominado Bobcat, adaptado com vassoura, apresentado na Figura 9, que remove o material remanescente que não pôde ser retirado diretamente no procedimento anterior.

Figura 9: Bobcat com vassoura



Fonte: Próprio autor (2023)

Segundo Balbo (2007), após a fresagem do pavimento, ficam materiais soltos, finos ou granulares, sobre a superfície restante. Com a liberação da pista ao tráfego, esses materiais tendem a ser levantados pela passagem dos veículos, o que acarretaria na formação de uma cortina de pó sobre o leito da estrada. Outro fator que pode ocorrer é o lançamento de partículas remanescentes, devido a ação de forças horizontais entre pneus de veículos e superfície de pavimentos, que podem colidir com outros veículos circulantes ou até pessoas que, por ventura,

estejam nas proximidades. Esses materiais soltos, segundo o autor, podem ainda atuar desfavoravelmente aos veículos em casos de frenagem brusca. A Figura 10 mostra o resultado da realização dos procedimentos acima descritos, ou seja, a via após fresagem e remoção de resíduos.

Figura 10: Via após corte de retirada do revestimento e remoção de resíduos



Fonte: Próprio autor (2023)

4.2.2 *Imprimação Betuminosa*

Após a realização dos processos de corte e remoção de materiais remanescentes no pavimento, realizou-se o processo de imprimação betuminosa (Figura 11), que consiste em aplicar o material asfáltico betuminoso sobre a superfície da base, antes de começar a camada de revestimento asfáltico. No caso apresentado, como é retirada a camada de revestimento se faz necessário a aplicação da imprimação antes de refazer o mesmo. A mistura foi aplicada logo após a retirada da camada de revestimento, sendo essa uma etapa indispensável, pois tem o objetivo de impermeabilizar, permitir condições de aderência entre o revestimento e a base, e ainda conferir a coesão superficial. O tempo de espera para o início da aplicação das camadas do revestimento foi de 24 horas, que é o tempo mínimo exigido pelo DNIT.

Figura 11: Processo de Imprimação



Fonte: Próprio autor (2023)

Um dos objetivos da imprimação é impedir que a base absorva a penetração de excesso de umidade das possíveis chuvas ocorrentes antes da aplicação do revestimento. A imprimação tem a finalidade de unir e promover a ligação entre a base e o revestimento, impossibilitando o deslizamento do pavimento de revestimento sobreposto com a base (RABELO, 2006).

4.2.3 Lançamento dos Agregados para a Mistura Asfáltica

Após a imprimação, a área destinada a disposição dos resíduos é demarcada topograficamente. O material empregado nas camadas no processo de recuperação da via foi o concreto usinado a quente CBUQ, que apresenta como principais vantagens a rapidez na sua execução, que com o emprego de maquinários e mão de obra adequados pode ser realizado em poucos dias, e é ainda considerado um dos melhores tratamentos superficiais pela sua qualidade e praticidade durante a aplicação. A aplicação da primeira camada do revestimento foi realizada após o aguardo do tempo mínimo exigido. Nessa etapa, os agregados graúdos com misturas do concreto usinado foram despejados, foi utilizada a brita nº 1 com os ligantes asfálticos para fazer a camada mais espessa do revestimento.

O procedimento executivo acontece nas seguintes etapas: a máquina vibroacabadora, também chamada de pavimentadora de asfalto, percorre a via onde será feito o revestimento, seguida por um caminhão caçamba que despeja o agregado graúdo na máquina. O equipamento, por sua vez, aquece e mistura os ligantes asfálticos aos agregados recém despejados, aplicando a mistura na via. O processo de nivelamento e pré-compactação do concreto asfáltico também é realizado, simultaneamente, pela máquina pavimentadora. Durante a execução desse processo, alguns trabalhadores realizam o acompanhamento de modo a corrigir possíveis erros, como o excesso de material acumulado na via ou falhas na camada aplicada. A Figura 12 mostra o processo de aplicação da primeira camada do revestimento descrita. A Figura 13, por sua vez, mostra o procedimento de regularização e nivelamento manual do revestimento.

Figura 12: Aplicação da primeira camada do revestimento



Fonte: Próprio autor (2023)

É imprescindível verificar a temperatura do CBUQ enquanto ele ainda está na caçamba, que deve ser mantida constante não inferior a 127 °C. A mistura asfáltica é despejada somente após ter sido submetida a uma temperatura constante de 177 °C. Somente após a verificação desses aspectos o processo de aplicação pode ser iniciado. Para garantir a consistência, o material aplicado deve ser distribuída uniformemente com o auxílio de rasteleiros. Antes de

aplicar a mistura, é necessário certificar-se de que a pavimentadora foi devidamente ajustada (DNIT, 2006).

Figura 13: Regularização e nivelamento manual do revestimento



Fonte: Próprio autor (2023)

Após a realização da primeira aplicação, descrita anteriormente, foi realizada uma nova aplicação do material (Figura 14), que possui características divergentes daquele primeiro aplicado, uma vez que destina-se ao acabamento da via trazendo uma melhor impermeabilização e qualidade na superfície da pista de rolamento. Essa nova camada é composta por material betuminoso misturado a brita nº 0, ou seja, um agregado mais fino.

Figura 14: Aplicação final do CBUQ



Fonte: Próprio autor (2023)

Em caso de reciclagem e reaproveitamento do antigo pavimento, o departamento nacional de infraestrutura de transporte (DNIT) exige que a segunda camada aplicada seja obrigatoriamente de um novo material. Essa camada vem para regularizar a primeira camada, tratado como a etapa de acabamento do revestimento, para que possa se ter a aderência necessária para o tráfego dos veículos (DNIT, 2006).

4.2.4 Compactação

A última etapa do processo é a de compactação da superfície da via (Figura 15), que é realizada com o auxílio de um rolo pneumático e um rolo metálico, através do processo de laminação de baixa pressão, que começa com um mínimo de 35 libras por polegada quadrada (lb/pol²). Para alcançar o resultado desejado, é necessário aumentar gradativamente a pressão até 120 lb/pol². De modo a garantir o bom funcionamento, é imprescindível que o equipamento utilizado tenha capacidade para realizar a tarefa, e trabalhar com as misturas asfálticas enquanto elas estiverem dentro da faixa de temperatura designada, conforme especifica a Confederação Nacional do Transporte – CNT (2018).

Figura 15: Compactação do revestimento



Fonte: Próprio autor (2023)

No processo de recuperação descrito, o material reciclado ou o novo material foi aplicado com uma espessura de 8 cm; em seguida foi aplicado o ligante e a pintura de ligação (imprimação), e, por fim, uma camada de CBUQ de 5 cm, o que totalizou 13 cm de revestimento. Após o processo de compactação, ocorreu uma perda de espessura, e a camada final ficou com cerca de 10 cm.

O processo de compactação, com a utilização de rolos compactadores, é uma etapa vital para o revestimento, sendo executada assim que as camadas forem aplicadas para alcançar a densificação necessária. Os rolos devem acompanhar o mais próximo da vidroadadora para que essa etapa seja feita em imediato da outra. Inicialmente começará com o rolo liso laminado, sem vibrações, com a finalidade de somente selar a superfície para reduzir a perda de temperatura, em seguida finaliza a compactação com o rolo pneumático (GOINFRA, 2020).

4.2.5 Sinalização

Após finalizado o processo da aplicação do CBUQ, e finalizado o processo de cura, a última etapa foi a execução da sinalização da via, com a pintura das faixas ou realocação de placas, nos pontos onde isso se fez necessário. O procedimento foi realizado com o auxílio de um caminhão acoplado por uma máquina automatizada que percorreu todo o perímetro da via fazendo a pintura em ambos os lados. A Figura 16 mostra o procedimento de pintura da via em estudo sendo realizado.

Figura 16: Sinalização da via



Fonte: Próprio autor (2023)

O Artigo 88 do Código de Trânsito Brasileiro (CBT), diz que não pode ser entregue nenhuma obra de construção ou restauração de uma rodovia pavimentada logo após o seu término, enquanto esta não estiver devidamente sinalizada, vertical e horizontalmente, de forma que garanta as condições adequadas de segurança no tráfego de veículos e pedestres (CBT, 1997). Como os principais fatores que influenciam os acidentes são as pessoas e as estradas, é possível melhorar a interface e sinalização entre estes dois agentes. A sinalização é uma fonte de informação para os usuários das rodovias e como o motorista se comporta (WANG FANG, 2003).

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo acompanhar o processo de recuperação do trecho da GO-230 que liga dois municípios localizados no estado de Goiás. De acordo com os profissionais responsáveis pela obra, o processo de recuperação completo da via foi necessário devido a mesma já apresentar patologias graves e permanentes, o que se deve à falta de manutenção com o tempo de uso. E, segundo estes mesmos profissionais, processos convencionais de recuperação, como a operação tapa buracos, não surtiriam o efeito desejado. Representatividades locais abordavam os riscos iminentes de acidentes pelo estado da via.

A definição da conduta para a via em estudo foi definida por especialistas, que avaliaram a capacidade do solo e da via, mediante testes específicos. O procedimento adotado foi o de uso

do revestimento CBUQ, pela qualidade do material e necessidade de agilidade da obra, o que, segundo a GOINFRA, se mostrou tendo um melhor custo benefícios.

O estudo realizado neste trabalho, apresentando o procedimento que foi realizado no local em comparação ao que é indicado pela literatura, mostra que o processo de revitalização seguiu os procedimentos prescritos por órgãos competentes, como DNIT, e os resultados foram muito satisfatórios. Diante do observado, pôde-se comprovar a eficácia do uso do CBUQ em vias brasileiras, principalmente levando-se em consideração a dificuldade da realização de obras de infraestrutura no país devido a fatores como as mudanças climáticas e as condições de tráfego que se observa.

Levando em consideração todos esses fatores e pela agilidade no processo, uma vez que a obra foi entregue dentro do tempo previsto em projeto, foi possível constatar, neste trabalho, o ótimo custo benefício do uso do CBUQ em obras de pavimentação asfáltica. Uma vez que, em se tratando de uma via intermunicipal, cuja paralização traria sérios prejuízos aos municípios interligados, não foram observados grandes transtornos com a realização da obra.

REFERÊNCIAS

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de restauração de pavimentos asfálticos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **DNIT 136/2010 – ME**. Pavimentação asfáltica - Misturas asfálticas – Determinação da resistência à tração por compressão diametral – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **DNIT. Manuais técnicos**. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/custosepagamentos/sicro/manuais-de-custos-de-infraestrutura-de-transportes/volume-10-manuaistecnicos/volume-10-manuais-tecnicos>>. Acesso em 20 de nov. de 2023.

ARAÚJO, Marcelo Almeida; et. al. Análise Comparativa de Métodos de Pavimentação – Pavimento Rígido (concreto) x Flexível (asfalto). **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo Do Conhecimento**. Ano 01, Edição 11, Vol. 10, pp. 187-196, novembro de 2016. ISSN: 2448-0959

BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica: Materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BERNUCCI, L. B.; et al. Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: Petrobras – Petróleo Brasileiro S. A.; Abeda – Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfaltos 2008.

Código de Trânsito Brasileiro – CTB – **LEI Nº 9.503**, DE 23 DE SETEMBRO DE 1997.

CNT Transporte Atual. OCDE **alerta para a necessidade de investimentos em infraestrutura no Brasil**. CNT, 28 de fev. de 2018. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/ocde-necessidade-investimentos-infraestruturabrasil>. Acesso em: 14 de jun. de 2020.

CONSTRUFENIX. **Pavimentação CBUQ**. Disponível em: <https://www.construfenix.com.br/pavimentacao-cbuq.php>. Acesso em: 20 abril. 2023

GEWEHR, J. **Fresaduras de asfalto**. Asfalto de qualidade. Porto Alegre. 2012

GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. Ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOINFRA (Goiás). **ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO: Pavimentação – Camadas de Misturas Asfálticas Usinadas a Quente**, 2020.

KANDHAL, P. S.; MALLICK, R. B. **FHWA Pavement Recycling Guidelines for State and Local Governments**. Federal Highway Administration, U. S. Department of Transportation. FHWA-SA-98-042. Washington, 1997.

MASTERPLATE. **O que é pavimentação semi-rígido**. Disponível em: <https://masterplate.com.br/o-que-e-pavimento-semi-rigido/>. Acesso em: 21 abr. 2023.

MOTA, T. **Defeitos em pavimentos: você sabe a diferença entre eles?** 03 de Jul. de 2019. Disponível em: <https://canteirodeengenharia.com.br/2019/07/03/defeitos-em-pavimentos/>. 15 de nov. de 2023.

PINHEIRO, I. **As Patologias Mais Comuns nas Estradas**. 09 de set. de 2019. Disponível em: <https://www.inovacivil.com.br/as-patologias-mais-comuns-nas-estradas/>. 15 de nov. de 2023.

RABÊLO, A. N. **Contribuição ao estudo da imprimação betuminosa das bases rodoviárias do estado do Ceará**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 204 fl, 2006.

TRACSUL. **Vibroacabadoras de Asfalto: o que são, para que servem e modelos**. 29 de ago. de 2022. Disponível em: <https://tracsul.com/maquinas-pesadas/vibroacabadoras-de-asfalto/>. 20 de nov. de 2023.

WANG FANG. Study on signs comprehension and driving safety Based on drivers' psychology perception. **Research Institute of Highway**, MOC. ICTCT Extra Workshop, Beijing, p. 298-304, 2003.