

Matheus, S. ¹

Graduandos, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

HARAGUCHI, M. T. ²

Professor Dr., Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

¹ matheussantanasantos97@gmail.com; ² haramt@yahoo.com.br

RESUMO: Foi realizado em Goiânia uma obra de saneamento básico e para isso foi necessário abrir valas em vias públicas prejudicando o asfalto, após a instalação do saneamento essas valas foram aterradas novamente e foi preciso um novo revestimento asfáltico que foi analisado e discutido nesse trabalho de conclusão de curso. Os erros de execução de um revestimento por não seguir a metodologia correta trouxe prejuízo econômico. A metodologia de uma execução de revestimento asfáltico foi baseada em normas de execução da GOINFRA (Agencia Goiana de Infraestrutura e Transporte) que é seguida como exemplo para aplicação de C.B.U.Q (Concreto Betuminoso Usinado a quente) em obras no estado de Goiás. Para realizar o concertar esses erros o trecho foi refeito seguindo todas as normas de execução.

Palavras-chaves: Concreto betuminoso usinado a quente (C.B.U.Q), Vibroacabadora, Compactação, GOINFRA

Área de Concentração: 05 – Infraestrutura de transporte

1 INTRODUÇÃO

Pelo ideário popular, a pavimentação é um indicador de que a cidade, o estado ou o país está bem administrado e em constante desenvolvimento: é quando ruas e rodovias ‘de terra’ são substituídas por ruas e rodovias asfaltadas. Além dos benefícios locais trazidos pelo asfalto, como a valorização da região, pode-se observar também maior mobilidade, acessibilidade, e ainda maior segurança e comodidade para o transporte rodoviário que por sua vez é de extrema importância para a economia. O adequado fornecimento de infraestrutura é essencial para o desenvolvimento econômico de uma sociedade, trazendo redução de custo dos insumos, aumento da produtividade da economia, aumento dos níveis de emprego do país, expandindo a renda e possibilitando novos meios de recursos.

Para que haja um adequado fornecimento de infraestrutura, é necessário um bom desempenho de revestimentos asfálticos que depende da utilização de procedimentos corretos em diversas etapas, tais como projeto, escolha adequada de materiais e formulações de proporções ou misturas que atendam os condicionantes de uso do revestimento, uso de técnicas adequadas de produção, distribuição e execução das camadas asfálticas na pista. (Bernucci *et al.*, 2008).

O revestimento flexível conhecido como C.B.U.Q (concreto betuminoso usinado a quente) é o mais usual hoje em dia em vias e rodovias de todo país, toda aplicação desse revestimento na pavimentação envolve vários critérios para que o serviço seja de qualidade e seguro, para que isso acontece deve-se seguir normas técnicas de aplicação seguindo padrões de órgãos governamentais, estadual ou federal. No estado de Goiás podemos encontrar essas normas e padrões de aplicação na GOINFRA.

Basicamente as normas estaduais são baseadas nas normas federais que são apresentadas pelo DNIT.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), baseando-se em dados recentes, afirma que o Brasil possui uma extensão de 75,8 mil km em malha rodoviária federal, sendo que 65,4 mil km são pavimentadas e as outras 10,4 mil km não são. Em Goiás são 21.104,32 Km de malha rodoviária estadual, sendo que 11.782,57 Km são pavimentadas e 8.194,47 Km ainda não possuem algum tipo de pavimentação (GOINFRA, 2021).

O Brasil é um dos países com maior dependência de modal rodoviário para transporte de cargas, que representa 61% da matriz de transporte brasileira, e mesmo após mudanças significativas no atual cenário, o transporte terrestre continua sendo o meio mais utilizado em território brasileiro, entretanto, apesar de o país possuir larga malha viária, ainda está abaixo do adequado quando comparado à outros países (CNT, 2017).

Segundo dados do anuário da Confederação Nacional do Transporte – CNT (CNT, 2019), a infraestrutura disponível para os automóveis nas rodovias não atende à crescente demanda, contudo ainda estimasse que sejam gastos por ano 1 a 2 bilhões de reais para manutenção das rodovias federais. Considerando-se que a estimativa de custos de obras de infraestrutura de transportes é notoriamente reconhecida como uma tarefa complexa, custos médios, formados a partir de informações históricas e soluções padronizadas, tornam-se instrumentos de planejamento importantes para estimar o valor de obras com características semelhantes à empreendimentos anteriores. Alguns dados trazidos pelos Relatório Custo Médios Gerenciais (DNIT,2017), estimam que o gasto com revestimento asfáltico no Brasil seja em torno de R\$ 3.159.000,00 por quilometro.

Diante o cenário atual da pavimentação no Brasil surgem inúmeros entraves que devem ser levados em consideração, entre eles pode-se citar o estado de conservação das rodovias, sendo que o país convive há muitos anos com um processo de progressiva deterioração da infraestrutura, principalmente por uma combinação de baixos investimentos, escolhas por vezes errôneas no investir e problemas de integridade na execução dos projetos, gerando comumente um aumento nos custos e prazos. (CNT, 2017).

2.1 Pavimentação

Pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas, construída sobre a superfície final de terraplanagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança. (DNIT, 2006)

Para SOUZA (1980) citado por Marques (2006), pavimento é uma estrutura construída após a terraplanagem por meio de camadas de vários materiais de diferentes características de resistência e deformabilidade. Esta estrutura assim constituída apresenta um elevado grau de complexidade no que se refere ao cálculo das tensões e deformações.

A NBR 7207 (ABNT, 1982) afirma, juntamente com a definição, que as funções de um pavimento, que são resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego, melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança e resistir aos esforços horizontais que nela atuam, tornando mais durável a superfície de rolamento.

2.2 Pavimentação flexível e rígido

De acordo com o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), os pavimentos flexíveis são aqueles compostos por uma camada superficial asfáltica e que sob carregamento sofre deformação elástica em todas as suas camadas, ou seja, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes e com pressões concentradas.

Os pavimentos asfálticos são aqueles em que o revestimento é composto por uma mistura constituída basicamente de agregados e ligantes asfálticos. São formados por quatro camadas principais: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito. O revestimento asfáltico pode ser composto por camada de rolamento – em contato direto com as rodas dos veículos e por camadas intermediárias ou de ligação, por vezes denominadas de *binder* (embora essa designação possa levar a uma certa confusão, uma vez que esse termo é utilizado na língua inglesa para designar o ligante asfáltico). (Bernuccet *al.*, 2008)

Pavimentos rígidos são constituídos por camadas que trabalham essencialmente à tração. Seu dimensionamento é baseado nas propriedades resistentes de placas de concreto de cimento Portland,

as quais são apoiadas em uma camada de tração denominada sub-base.

2.2 Processos de execução do C.B.U.Q

O processo de execução consiste em várias etapas interdependentes, iniciando-se pela aplicação do C.B.U.Q (concreto betuminoso usinado a quente), que começa pela limpeza da base imprimada tirando todo tipo de resíduos soltos. Com a base imprimada e limpa inicia-se o processo de dar o banho com o Ligante Emulsão asfáltica, que deve ser realizado no mesmo dia em que a aplicação da massa, e é o responsável pela ligação do CBUQ com a base imprimada, fazendo um papel de cola e finalizando a preparação do terreno para receber o CBUQ que vem da usina transportado por caminhões basculantes e é transferido para uma máquina espalhadora chamada vibro acabadora, ela irá aplicar a massa com mais precisão e com espessura descrita em projeto (Bernucci *et al.*, 2008).

2.3 Quantificação de serviços

A quantificação prévia dos serviços tem como objetivo orientar a fiscalização quanto à execução e pagamento do serviço a ser executado, no contexto de uma obra rodoviária.

Todos os serviços executados devem ser medidos *in loco* sendo que, na grande maioria dos casos, a equipe de topografia é a encarregada dos levantamentos, podendo, entretanto, para alguns serviços específicos, como no caso da execução de camadas do pavimento que devam ser medidas por meio de sondagens, esta atividade ficar a cargo da equipe de controle tecnológico (DER/PR, 2010).

Grande parte dos serviços de pavimentação, tais como regularização e compactação do subleito, sub-base, base, imprimação e banho de ligação, são medidos em metros quadrados de serviço executado. Serviços como transporte de material são medidos em metros cúbicos ou toneladas. No caso da aplicação de CBUQ (concreto betuminoso usinado a quente) e PMF (pré misturado a frio), a medição é realizada por meio do volume da mistura compactada na pista em metros cúbicos, obedecendo à área de pavimentação prevista em projeto e sua espessura. Outros revestimentos como TSD (tratamento superficial duplo), TSS (tratamento superficial simples) e capa selante são medidos por metro quadrado aplicado, conforme recomendações de projeto. (GOINFRA,2019)

As quantidades de material betuminoso e agregados são determinadas em toneladas, conforme dosagem indicada no projeto, as quais serão ajustadas ou não por ocasião da execução e comunicadas às áreas técnicas. Para medição do banho de ligação, os serviços aceitos são medidos, conforme o tipo de pintura e ligante utilizado, pela determinação da área executada, expressa em metros quadrados, desde que obedecidas as tolerâncias indicadas nas normas de cada órgão gestor. (GOINFRA,2019).

No caso da capa, o serviço de concreto asfáltico com asfalto polímero, executado e recebido na forma descrita, é medido pela determinação da massa de mistura aplicada e compactada, expressa em toneladas, fazendo-se distinção em relação à função da camada - rolamento, intermediária ou reperfilagem. (DER/PR, 2010).

Para o caso de reperfilagem, a determinação da massa aplicada é efetuada com base na pesagem dos caminhões na saída da usina, em balança periodicamente aferida, e sob o devido controle de um técnico do órgão gestor. (DER/PR, 2010).

Para a camada de rolamento ou intermediária, a medição da massa aplicada é efetuada pelo produto dos volumes executados pela massa específica aparente média X da mistura aplicada na pista. No cálculo dos volumes considera-se, obedecidas as tolerâncias especificadas, para cada segmento, sua extensão, a largura média da plataforma tratada e a espessura média X da camada aplicada, a qual não podem superar à espessura de projeto.

2.4 controle tecnológico

Para o controle tecnológico da massa asfáltica são recebidos e verificados os materiais, alocação e utilização de equipamentos, bem como a execução dos processos construtivos, a fim de garantir durabilidade (vida útil do pavimento), qualidade (conforto, segurança e trafegabilidade) e evitar desperdícios econômicos advindos da etapa construtiva e manutenções corretivas (Junior; Oda, 2018).

O controle de temperatura do concreto asfáltico é realizado na saída do caminhão basculante da usina. Este deve estar coberto com lona para não perder temperatura durante transporte. A temperatura do ligante não deve ser inferior a 107°C nem exceder a

177°C. Os agregados devem ser aquecidos a temperaturas de 10°C a 15°C acima da temperatura do ligante asfáltico, sem ultrapassar 177°C. (DNIT, 2006).

Além disso, também deve ser realizado o controle da temperatura da massa asfáltica durante o espalhamento, imediatamente antes de iniciar a compactação, com tolerância de +/- 5°C (Junior; Oda, 2018).

3 METODOLOGIA

3.1 Transporte

O C.B.U.Q produzido na usina de ser transportado para o local de execução por caminhões do tipo basculantes, o número de caminhões necessário deve ser calculado com ajuda de alguns fatores tais como: velocidade de produção da mistura asfáltica na usina ; a distância entre a usina e o local de aplicação; o tipo de tráfego que ocorre no decorrer do transporte e o tempo estimado para o lançamento do material na máquina que irá espalhar o asfalto.

Todos os carregamentos de Misturas Asfálticas Usinadas a Quente deverão ser cobertos com lona impermeável de forma a reduzir a perda de calor, evitar a formação de crostas na parte superior, e proteger da contaminação por poeira e outros agentes. (GOINFRA,2020)

A quantidade de caminhões necessário para manter o lançamento da mistura constante na pista pode ser calculado na seguinte forma: o tempo que gasta de ida e volta do caminhão dividido pelo tempo de carregamento de cada caminhão mais um.

3.2 Banho de ligação com emulsão

O banho de ligação com emulsão asfáltica é uma técnica utilizada como preparação da superfície antes da aplicação de uma camada de Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ). O ligante asfáltico recomendado para fazer a pintura é a Emulsão asfáltica de ruptura rápida (RR), tipo RR1c ou RR2c. (GOINFRA,2019)

Antes da aplicação, o produto deve ser diluído com água na proporção 1:1, para que a taxa residual recomendada seja obedecida que é de 0,3 l/m² a 0,5 l/m². A taxa de aplicação de emulsão diluída é da ordem de 0,8 l/m² a 1,0 l/m², entretanto, deverá ser confirmada experimentalmente, no início dos serviços em campo, em função da natureza e do estado da superfície a pintar. (GOINFRA,2019)

A superfície a ser tratada deve estar limpa, livre de poeira, detritos e umidade excessiva. É importante que qualquer irregularidade ou danos na base sejam corrigidos antes da aplicação do banho de ligação.

Aplica-se, a seguir o ligante asfáltico determinado, na temperatura recomendada para seu tipo na quantidade certa e completamente uniforme sobre toda a superfície. A emulsão não pode ser aplicada quando a temperatura ambiente for menor que 10°C ou em dias chuvosos ou quando a chuva estiver iminente.

Utilize um caminhão distribuidor de emulsão asfáltica para aplicar o banho de ligação sobre a superfície da base. A distribuição deve ser feita de forma uniforme, garantindo uma cobertura completa. A taxa de aplicação da emulsão deve ser determinada de acordo com as especificações do projeto. A figura 1 e figura 2 mostra o equipamento usado e o banho de ligação executado.

Figura 1 -Caminhão espagidor



Fonte: Próprio autor. (2018)

Figura 2 – Trecho de uma rua com o banho de ligação executado.



Fonte: Próprio autor. (2018)

3.3 Aplicação do C.B.U.Q in loco

Após a cura do banho de ligação do no local de aplicação, deve se posicionar a máquina que irá espalhar o asfalto no trecho, máquina essa que tem o nome de vibroacabadora. Ela tem a função de aplicar a massa asfáltica de uma maneira uniforme e de acordo com espessura desejada em projeto, levando em consideração a compactação que virá depois, essa espessura deverá ser ajustada para que o revestimento após o acabamento fique com espessura desejada.

O lançamento é realizado por vibroacabadoras que sejam capazes de ajustar a espessura da camada de revestimento entre 2 cm até 30 cm, e larguras ajustáveis de acordo com o serviço, a velocidade de deslocamento é regulável e a máquina pode chegar até 20m/min. Como mostra a figura 3.

Figura 3 – Vibroacabadora espalhando a massa em uma trecho de rodovia.



Fonte: Próprio autor. (2022)

A vibroacabadora é composta por duas partes: tratoras e niveladoras.

A parte tratora da máquina é o motor e transmissão que trabalham para o movimento e funcionamento da máquina, o silo que é a parte da frente onde as laterais são basculantes e é onde é depositado o material para o lançamento, dentro do silo tem um par de esteiras que transporta o material para a parte niveladora da máquina.

A parte niveladora da máquina é chamado de mesa, ela é localizada na parte de trás da máquina. É na mesa

onde é regulada a largura e a espessura do revestimento, ela também é composta por um vibrador que auxilia no acabamento do revestimento.

3.4 Compactação do C.B.U.Q

Para a compactação do C.B.U.Q deve ser constituído por dois rolos, pneumático e o metálico liso, tipo tandem ou rolo vibratório. Os rolos pneumáticos devem ser dotados de dispositivos que permita a calibragem dos pneus que variam a pressão entre 2,5 kgf/cm² a 8,4 kgf/cm². Todos os equipamentos devem ser vistoriados antes do início da execução do ser viço. (DNIT,2006).

Figura 4 – Rolo pneumático e rolo liso vibratório.



Fonte: Próprio autor. (2019)

Em locais onde a aplicação seja em áreas inacessíveis aos rolos devem ser usados soquetes pneumáticos ou outros equipamentos que permita que a compactação seja eficiente. (GOINFRA,2020)

Figura 5 – Compactação sendo feita com uma placa vibratória, equipamento utilizado para compactar locais onde o rolo tem difícil acesso.



Fonte: Próprio autor. (2022)

A compactação, com a utilização de rolo compactador será de imediato, logo depois da aplicação da massa asfáltica e perdurará até o momento em que seja obtida

a densificação especificada. Os rolos deverão seguir o mais próximo da vibroacabadora. Será sempre iniciada com o rolo liso tandem, sem vibração para que seja feito somente a selagem da superfície para reduzir a perda de temperatura. Posteriormente, a utilização do rolo de pneumático. Nas juntas e emendas devem ser feitas primeiro com o rolo tandem, esse processo é conhecido “queima da emenda”. (GOINFRA, 2020)

A compactação será executada na longitudinal e será sempre iniciada pelo o ponta mais baixo na transversal e deverá prosseguir até o ponto mais alto, devendo em cada passada ser recoberta a metade da largura compactada na passada anterior. Não serão permitidas mudanças de direção, aceleração, desaceleração e mudanças bruscas de marcha, não é permitido o estacionamento dos equipamentos na faixa onde está sendo compactado o recém roladas. No caso de uso de equipamentos vibratórios de compactação, os mesmos devem se encontrar desligados. (GOINFRA, 2020)

Para evitar aderências dos rolos tandem na mistura, o cilindro dele deve sempre se manter suficientemente úmido, e as rodas dos rolos pneumáticos deverão ser untadas com produtos específicos antes da compactação. Não deve ser admitido produtos derivados de petróleo. (GOINFRA, 2020)

3.5 Mão de obra

A mão de obra consiste de 8 a 12 pessoas na frente de serviço de aplicação e quatro equipamentos precisamente que são eles; vibroacabadora, caminhão espargido, rolo liso e rolo pneumático. Para os serviços manuais se algumas ferramentas de mão que são; rastelo de chapa de ferro, pá quadrada, vassourão e carrinho de mão.

A com posição da equipe para o serviço depende muito do tamanho da obra ou quantidade de massa aplicada. Se forma a equipe com 5 operadores de máquina, 1 para cada rolo, 2 para a vibroacabadora, como mostrado na figura 3, e um para operar a parte de trás do espargido, 3 rasteiros e 3 ajudantes e 1 motorista de categoria D, que irá dirigir o caminhão espargido. A vibroacabadora é a máquina dita o ritmo do serviço e um dos seus operadores é o mesista, que fica na parte de trás da vibroacabadora que é responsável pelo o nivelamento e espessura da massa. É o mesista, que leva esse nome pois essa parte de trás da máquina se chama mesa, que é responsável de regular a mesa e verificar as espessura, essa verificação é feita em três pontos da faixa que está sendo aplicada, nas laterais e no meio da faixa.

A função dos rasteiros em uma aplicação é de seguir a vibroacabadora e corrigindo alguns detalhes na massa, como por exemplo, cortar alguma parte que ficou mais alta, tirar ranhuras que a mesa pode ocasionar durante a aplicação. Outra função essencial dos rasteiros é o trabalho de emenda, é o dever dos rasteiros fazer a emenda de uma faixa que está sendo aplicada na outra faixa acabada, eles regularizam essa emenda para que ela não fique alta e mais homogeneizada possível com a faixa acabada.

Os ajudantes tem a função de serviços gerais, como limpeza da via antes do banho, limpeza dos restos de massa que fica pelo caminho da aplicação, entre outros. Por se tratar de um trabalho com um material de alta temperatura é indispensável o uso de EPIs (equipamento de proteção individual) como botinas, luvas e óculos e o uniforme de trabalho deve ser calças e camisas de manga longa e ambas com faixas reflexivas.

3.6 Execução do revestimento no trecho em Goiânia

A obra de aplicação do revestimento C.B.U.Q executada na cidade de Goiânia, foi realizada em um trecho de 300 metros linear e com a largura de 3,5 metros, totalizando uma área de 1050 metros quadrado. Em projeto foi determinado uma espessura de 5 cm, como mostra a tabela 1 com os parâmetros a ser entregue a obra para a realização do revestimento.

O serviço de aplicação foi acordado entre a contratada e a contratante que seria realizado manualmente por se tratar de uma vala e que seria viável financeiramente para a contratante. No começo da obra só estava presente a mão de obra, ferramentas manuais, e um Rolo tandem de 12 toneladas.

Tabela 1 – Quantidade acordados para execução do serviço de revestimento

Serviços	und	quantidade
Banho de ligação	M ²	1050
Execução de C.B.U.Q	M ²	1050
Espessura do C.B.U.Q	cm	5,00

Fonte: Próprio autor. (2022)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Limpeza e banho de ligação

A base do trecho já estava pronta e imprimada, porém foi necessário fazer a limpeza para o banho de ligação, a limpeza foi feita manualmente, foi na limpeza que se percebeu as irregularidades na base, a espessura não estava condizendo com os parâmetros mostrados na tabela 1 e vários pontos estavam variando a espessura real entre 2 e 3 centímetros a mais ou menos, como mostra a figura 5, um dos motivos para isso foi que a terraplanagem do trecho não foi realizada com uma motoniveladora e sim com uma retroescavadeira, assim ocasionando irregularidades em toda base.

Figura 5 – Medida das espessuras da vala em questão.



Fonte: Próprio autor. (2022)

A obra se iniciou com o banho de ligação, o produto utilizado foi o de ruptura rápida, RR2c diluído em água na proporção 1:1, foi realizado o banho na base limpa e com ajuda de um soprador para que o produto fosse espalhado uniformemente em toda superfície que iria receber a massa, como a aplicação seria feita manualmente, foi determinado que o banho seria feito de 100 em 100 metros para que não ficasse muito tempo exposta em uma área maior, então, o banho foi feito nos primeiros 100 metros e esperou a massa ser aplicada para continuar banhando o trecho de 300 metros com o produto diluído. Na execução do banho de ligação foi necessários dois funcionários, um deles operava o soprador e outro era responsável por despejar o produto no trecho.

A vala foi aberta em uma rua já pavimentada, ou seja, a massa que preenche a vala vai de encontro com o asfalto existente, então foi feito uma emenda e para que ela fosse executada foi necessário que o banho chegasse nas bordas do asfalto antigo, ultrapassando 10 cm para que a emenda ficasse bem executada.

Figura 6- Limpeza e banho de ligação com emulsão no trecho.



Fonte: Próprio autor. (2022)

4.2 Transporte do C.B.U.Q

Para que fosse feito o serviço, foi necessário o cálculo de quantidade de massa para ser comprada, na usina compramos a massa em toneladas. O cálculo usual é: Área x espessura x densidade da massa, de acordo com a GOINFRA a densidade da massa aqui no estado de Goiás é de 2,4. Levando em consideração a área do trecho de 1050 metros quadrado, espessura de 0,05 metros e densidade da massa de 2,4, a quantidade em toneladas para fechar o trecho seria de 126 toneladas. Cada caminhão transportar em média 17 toneladas, ou seja, para o transporte dessa massa seria necessários 8 caminhões.

O transporte da massa asfáltica foi feito de acordo com o manual da GOINFRA 2020, com caminhões basculantes e todos com lona para que a massa não perdesse a temperatura. Por ser um serviço manualmente foi feito o pedido de apenas dois caminhões de massa para o primeiro dia de serviço, pouca quantidade para que o serviço fosse feito sem que a massa perdesse a sua natureza e fosse desperdiçada. Todo caminhão que chegava no local era aferido a sua temperatura antes de aplicar massa.

Figura 7 – Aferição da temperatura da massa com termometro, está marcando 151,5 °C.



Fonte: Próprio autor. (2022)

4.3 Aplicação d C.B.U.Q

A mão de obra para a aplicação manual consistia em 3 rasteleiros, 2 ajudantes e 1 operador de rolo. Para que o serviço fosse feito de forma mais eficiente possível, mesmo sendo manual, o caminhão basculava pequenos montes de massa para espalhar e o restante permanecia dentro da caçamba para ser espalhada posteriormente, com o carrinho de mão os ajudantes pegava a massa desse monte e levava para os rasteleiros irem espalhando e nivelando a massa de acordo com a espessura da vala.

A compactação começa com um trecho de mais ou menos 50 metros de massa espalhada e seguia de acordo com o manual GOINFRA, 2020, primeiro o rolo entrou queimando a emenda e entrou na massa da parte mais baixa para a mais alto no sentido longitudinal e sem manobras e sempre em linha reta com velocidade mínima para que o acabamento não fosse comprometido.

O tempo que gasto para fechar o trecho de 300 metros linear foi de 5 dias e aplicando 2 caminhões de massa a cada dia, totalizando 10 caminhões, demonstrando assim que a base estava irregular e a vala mais funda que prevista no projeto de execução. A massa em questão era por conta da contratada ocasionando assim um estouro no primeiro orçamento do serviço.

Figura 8 – Aplicação manual da massa asfaltica.



Fonte: Próprio autor. (2022)

Figura 9 – Compactação do trecho com rolo tanden.



Fonte: Próprio autor. (2022)

4.4 entrega do primeiro serviço.

Após feito os 300 metros linear, foi liberado o trânsito da via até um certo ponto, e com os veículos passando pelo trecho pronto podia se perceber irregularidades na pista, como algumas ondulações. O serviço foi entregue para a contratante, porém foi recusado pela a Saneago que desaprovou o trecho.

Para solucionar o problema foi pensado em refazer o trecho novamente e para que o serviço ficasse de acordo com as exigências da Saneago a solução foi abrir a vala novamente e aplicar outra camada de C.B.U.Q. A primeira solução foi abrir o trecho com uma bobcat

fresadora, foi decidido retirar uma camada de 2,5 centímetros em todo o trecho de 300 metros linear para refazer a aplicação. A segunda solução foi de fazer toda aplicação com todos os equipamentos e maquinários, ou seja, vibroacabadora, rolo de pneumático e rolo liso. Todo o orçamento do serviço mudou e teve que ser renegociado entre as empresas antes do serviço ser feito.

Figura 10 – Bobcat fresadora retirando o asfalto antigo.



Fonte: Próprio autor. (2022)

4.5 Realização de uma nova aplicação de C.B.U.Q no trecho.

Após o acordo e as negociações serem realizadas e aceitas por ambas as partes, deu início ao serviço do trecho novamente, porém agora com a espessura de 2,5 centímetros. Para essa espessura foi necessárias aproximadamente 63 toneladas de massa asfáltica, uma quantidade menor que a do primeiro serviço, sem o aumento exagerado de massa pois a fresagem conseguiu deixar a espessura sem grandes variações em todo o trecho.

O processo de aplicação se iniciou com o bando de ligação, que não houve nenhum tipo de mudança na forma de executar. Foi feito sobre toda a vala novamente e bem espalhado em todo o trecho, por ser uma aplicação com a vibroacabadora, o trecho de 300 metros linear foi banhado todo pois a aplicação seria mais rápida e não tinha possibilidade de perder o banho.

Com o banho de ligação curado, foi posicionada a vibroacabadora no trecho, o mesista da parte niveladora regulou a largura com uma folga de 10 centímetros para que a massa passasse um pouco para fazer a emenda.

Levantou a mesa na altura de 3,5 centímetros, após a compactação essa espessura caiu para 2,5 centímetros. O caminhão com a massa encostou na parte de frente da vibroacabadora para descarregar a massa no silo para que ela fosse espalhada.

Os pasteleiros acompanhavam a máquina fazendo as emendadas e retirando as irregularidades que eventualmente aparecia e os ajudantes vinham fazendo a limpeza da via retirando os restos de material ficavam pelo caminho, após 100 metros linear aplicado os rolos entram para fazer a compactação e o acabamento do trecho.

A compactação seguiu na seguinte forma; primeiro entrou o rolo liso queimando as emendas, na longitudinal da parte de fora do trecho para a parte dentro e assim completando o trecho com apenas uma passada em todo ele sem vibrar, posteriormente entrou o rolo pneumático para finalizar a compactação no mesmo sentido que entrou o rolo liso, e em seguida entrou o rolo liso novamente mas dessa vez com a vibração ligada para dar o acabamento final. E assim se seguiu até finalizar o trecho.

O acabamento, como era esperado, ficou totalmente diferente e regular sem ondulações e sem partes mais baixas ou mais altas, mostrando assim o efeito de um serviço executado com todo o equipamento, e o tempo de execução desse trecho foi de um dia de serviço.

Nas figuras 11, 12 e 13 mostram o processo de execução com os maquinários que foram inseridos na obra e o trecho acabado. Após o conserto do trecho foi negociado a execução de mais 350 metros linear de revestimento asfáltico e dessa vez com todos os maquinários necessários.

Figura 11 – Massa asfáltica sendo descarregada no silo da vibroacabadora e espalhada no trecho.



Fonte: Próprio autor. (2022)

Figura 12 – Trecho sendo compactado com o rolo pneumático.



Fonte: Próprio autor. (2022)

Figura 13 – Trecho acabado.



Fonte: Próprio autor. (2022)

5 CONSIDERAÇÕES.

A obra realizada no período de 2 semanas basicamente passou por várias etapas de execução e que por erros nessas etapas ocasionaram um primeiro serviço ruim e que não foi aceito pelo o órgão responsável pela fiscalização. Tudo isso poderia ser evitado antes mesmo de começar o serviço, porém as empresas envolvidas tomaram um caminho diferente e escolheu o mais econômico, mas que não foi viável no final.

Com decorrer desse estudo de caso, foi mostrado que não faz sentido em nenhum momento deixar de seguir normas técnicas de execução para economizar em um serviço de revestimento asfáltico, pois não atalhos que levam uma execução a dar certo sem passar por regras e normas básicas. Os resultados mostrou que o serviço foi feito duas vezes e isso levou a um prejuízo por que os gastos principais, como insumos, foram desperdiçados da primeira vez, a retirada gerou entulhos que foram lançados em aterros, gerou gastos desnecessários, queima de óleo de combustível a mais, resumindo, esse erro atingiu também o meio ambiente.

Como engenheiros, antes da execução de uma obra deve ser feito um planejamento que evite desserviços a engenharia e ao meio ambiente, o trabalho de conclusão de curso trouxe um erro de engenharia que afetou vários âmbitos.

6 AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Eusicleia Dionisio Santana Santos e Carlos Roberto Ferreira Santos, e minha esposa Thainara Gregorio Souto por terem auxiliado nesta jornada da qual nunca serei grato o suficiente por todo o apoio prestado em um dos momentos mais importantes de minha vida. Gostaria de agradecer a todos os meus amigos que prestaram palavras de solidariedade e autoconfiança em situações das quais eu jamais esquecerei. Meus agradecimentos a empresa que me deu a oportunidade de conhecer e aprender sobre as obras de infraestrutura, e em especial as obras de revestimento asfáltico, e ao Professor orientador Marcelo Tsuyoshi Haraguchi que se dispôs a me orientar e me deu a oportunidade de conhecê-lo e aprendi com ele uma parte importante da engenharia.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GOINFRA. Diretoria de Planejamento - DPL. Mapa Rodoviário Estadual. **Sistema de coordenadas geodésicas: Datum sirgas 2000**, Goiás, 2021.

BERNUCCI, Liedi; MOTTA, Laura; CERATTI, Jorge; SOARES, Jorge. Pavimentação asfáltica. **Formação básica para engenheiros**, Rio de Janeiro, 2008.

GOINFRA. Diretoria de Planejamento - DPL. Mapa Rodoviário Estadual. **Sistema de coordenadas geodésicas: Datum sirgas 2000**, Goiás, 2021.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. Transporte rodoviário. **Desempenho do setor, infraestrutura e investimentos**, Brasília, 2017.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. Anuário do CNT de transporte. **Estatísticas Consolidadas**, Brasília, 2019.

DNIT. Coordenação-Geral de Planejamento e Programação de Investimentos - **CGPLAN. MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. CUSTOS MÉDIOS GERENCIAIS**, Brasília, julho 2017.

DNIT. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Pavimentos flexíveis - Concreto asfáltico - Especificação de serviço. **NORMA DNIT 031/2006 - ES**, Rio de Janeiro, 2006.

GOINFRA. Diretoria de Obras Rodoviárias. **CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO – SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO**. Obras Rodoviárias, Goiás, 2019.

DER/PR. Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná. **QUANTIFICAÇÃO E MEDIÇÃO DOS SERVIÇOS EXECUTADOS**. Manual de Gerenciamento de Obras Rodoviárias, Paraná, 2010.

JUNIOR, Francisco; ODA, Sandra. A importância do controle tecnológico em obras de pavimentação asfáltica. **Práticas em pesquisa no TCE-RJ**, Rio de Janeiro, 2018.

GOINFRA (Goiás). **ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO: Pavimentação – Pintura de Ligação**. , [s. l.], agosto 2019.

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