

**CENTRO UNIVERSITARIO DE GOIAS Uni-ANHANGUERA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O ASFALTO PRÉ MISTURADO A
FRIO E O CBUQ MODIFICADO NÃO EMULSIONADO PARA USO EM
MANUTENÇÃO DE PAVIMENTOS**

**PAULO JOSÉ RIBEIRO MORAIS
PEDRO TEODORO RIBEIRO MORAIS**

GOIÂNIA
Novembro/2018

**PAULO JOSÉ RIBEIRO MORAIS
PEDRO TEODORO RIBEIRO MORAIS**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O ASFALTO PRÉ MISTURADO A
FRIO E O CBUQ MODIFICADO NÃO EMULSIONADO PARA USO EM
MANUTENÇÃO DE PAVIMENTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário de Goiás – Uni-ANHANGUERA, sob orientação do Professor Especialista Murilo Faria Cezar, como requisito parcial para obtenção do título de bacharelado em Engenharia Civil.

GOIÂNIA
Novembro/2018

RESUMO

De acordo com uma pesquisa realizada pela Confederação Nacional do Transporte (CNT) (2016), 48,3% das rodovias nacionais pavimentadas apresentam situação regular, ruim ou péssima. Materiais com problemas estruturais, material asfáltico com defeitos funcionais, e pouca eficiência na manutenção, tornam as estradas brasileiras desfavoráveis para um tráfego seguro e confortável, o que demonstra a necessidade deste estudo, o qual analisa viabilidade de um novo produto comercial em relação a um material mais utilizado no mercado da manutenção do pavimento. O objetivo do trabalho é realizar um estudo comparativo da resistência mecânica através da resistência à tração por compressão diametral e dos aspectos econômicos entre o asfalto Pré Misturado a Frio (PMF) e o Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) modificado não emulsionado para manutenções corretivas. Para tanto, foram analisadas amostras de cada material, onde foram feitos três corpos de prova de cada material e realizado o ensaio seguindo a norma 136/2010 DNIT. Após o ensaio realizado verificou-se que o PMF apresentou uma resistência consideravelmente superior e menor valor do quilograma quando comparado ao CBUQ modificado, o que demonstrou que o CBUQ modificado é um produto para ser utilizado em pequenas proporções e em pavimentos que não receberão grandes cargas e será de grande uso quando necessário tapar buracos com maior celeridade e com baixo custo.

PALAVRAS-CHAVE: Aspectos Econômicos. Estudo. Resistência. Material.

FOLHA DE APROVAÇÃO

PAULO JOSÉ RIBEIRO MORAIS, PEDRO TEODORO RIBEIRO MORAIS

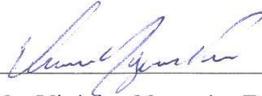
ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O ASFALTO PRÉ MISTURADO A FRIO E O CBUQ
MODIFICADO NÃO EMULSIONADO PARA USO EM MANUTENÇÃO DE
PAVIMENTOS

Trabalho Final de Curso apresentado à banca examinadora como requisito parcial para obtenção do Bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário de Goiás - Uni-ANHANGUERA, defendido e aprovado em 12 de novembro de 2018 pela banca examinadora constituída por:



Prof. Esp. Murilo Faria Cezar

Orientador



Prof. Me. Vinicius Nogueira Froes

Membro



Prof. Me. Paula Viana Queiroz Andrade

Membro

1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios das atividades do ser humano as vias terrestres tiveram papel fundamental em seu cotidiano, seja simplesmente para deslocar-se de um local a outro quanto por realizar papel importantíssimo no desenvolvimento econômico, então é simples associar a história da pavimentação ao próprio desenvolvimento da humanidade.

O modal rodoviário é o sistema de deslocamento de passageiros e escoamento de cargas mais utilizado no mundo e se tratando de Brasil é mais evidente a opção por transporte rodoviário em detrimento de outros sistemas de transporte, uma vez que, o país conta com uma rede viária de mais 1.700.000 quilômetros de estradas e rodovias, e segundo CNT (2018) 60% das cargas são escoadas por esse sistema.

Por toda essa malha viária gira a maior parte da economia do país; matéria prima, produtos, combustíveis, entre outros, porém as qualidades dos pavimentos não estão perto da sua grande importância. Para Bernucci (2008), os bens produzidos no país possuem alta competitividade em seu curso de produção, contudo perde grande parte de sua competitividade em sua fase de distribuição, resultados de uma infraestrutura de transporte ineficiente e aquém da dinâmica do processo.

De acordo com uma pesquisa realizada pela Confederação Nacional do Transporte (CNT) (2016), 48,3% das rodovias nacionais pavimentadas apresentam situação regular, ruim ou péssima. Materiais com problemas estruturais, material asfáltico com defeitos funcionais, e pouca eficiência na manutenção, tornam as estradas brasileiras desfavoráveis para um tráfego seguro e confortável.

Por sua dimensão o Brasil requer ainda mais que outros países possuir um sistema de transporte que resulte em maior eficácia e otimização do tráfego, entretanto pouco se investe e emprega nesse segmento, corroborado pelo fato em 2016 apenas 0,14% do PIB ser destinado ao investimento em infraestrutura de transporte rodoviário, números pífios diante da demanda (CNT, 2016).

Em razão do desenvolvimento de pavimentos de capacidade inferior e o seu desgaste pela operação incessante de veículos, e as intempéries, manutenções se fazem imprescindíveis e que aconteçam cada vez com mais constância.

Para processos corretivos de pavimentos asfálticos, o asfalto Pré Misturado a Frio (PMF) é o material mais aplicado até então, principalmente por não ser necessário estar em alta

temperatura para sua aplicação dentre outras características, porém de acordo com Bernucci (2008) para a existência de uma infraestrutura de alto nível é elementar que se investigue materiais alternativos e tecnologias que inovem o processo de pavimentação, por essa razão o objetivo deste estudo foi contrapor e comparar a resistência e os aspectos econômicos do Concreto asfáltico Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) modificado não emulsionado ao PMF, por ser um produto mais recente na seara das manutenções corretivas e que traz características que os diferenciam.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho realizou-se através de um estudo de caso experimental, o qual foi composto por um levantamento de estudos científicos, livros e normas, buscados em bases de dados, entre os anos de 2017 e 2018, já as análises para a comparação experimental foram realizadas no laboratório da Distribuidora Brasileira de Asfalto (Disbral), localizado em Aparecida de Goiânia-GO, durante uma semana no mês de outubro de 2018.

A distribuidora da fabricante do asfalto ensacado em estudo disponibilizou o CBUQ modificado não emulsionado em uma embalagem de 25 quilogramas (Figura 2), assim como é revendido por eles, com teor de concreto asfáltico de petróleo (CAP) de 5,26%. Já o PMF fora fornecido pela própria Disbral e realizado no próprio laboratório da empresa, sendo um PMF aberto e com teor de CAP de 5% e 8% de emulsão (Figura 1). O experimento em que os materiais foram submetidos para comparação foi o de resistência a tração por compressão diametral, regido pela norma 136/2010 do DNIT, sendo assim para o experimento foram elaborados três corpos de prova de cada material, número mínimo determinado pela norma.



Figura 1: Agregados usados no PMF



Figura 2: CBUQ modificado

Fonte: Asfaltei

Para o asfalto ensacado composto por CBUQ modificado não foi necessário elaboração do material, uma vez que já se apresentava pronto para aplicação, então elaborou-se três corpos de prova com massa média de 1,200 quilogramas, compactados por 75 golpes em cada face.

Realizou-se, segundo a norma 153/2010-es DNIT, o preparo do PMF utilizando como agregado brita zero e areia artificial, adicionando emulsão de ruptura media, mais comum para o tipo de situação em análise no estudo, e finalizado com a mistura dos componentes. Esse material foi exposto para um período de cura de 4 horas e em seguida foram elaborados os corpos de prova com massa de 1,200 quilogramas e após isso colocou-se em estufa (Figura 3) os três corpos de prova do PMF a 60 graus por 24 horas (Figura 4).



Figura 3: Estufa



Figura 4: Corpos de Prova em Estufa

Posteriormente os seis corpos de prova foram retirados das formas (Figura 6) e colocados ao ar livre por 6 horas. Seguiu-se então para o experimento de determinação da estabilidade dos materiais através da compressão diametral de misturas asfálticas segundo a norma DNIT 136/2010, então passado esse período pesou-se todos os corpos de prova ao ar e imerso em água para determinação da porcentagem de vazios de cada, mediu-se a altura do corpo de prova com paquímetro em quatro posições equidistantes e determinou-se o valor da altura pela média aritmética das quatro alturas. Para o diâmetro mediu-se o corpo de prova em três posições paralelas e determinou-se a média dos três diâmetros para ser utilizada para os cálculos do experimento.



Figura 5 :Corpos de Prova desmoldados



Figura 6: Corpos de Prova antes de desmoldar

Após o apontamento dessas médias os corpos de prova do CBUQ modificado não emulsionado e do PMF, os mesmos foram deixados em água quente a 40 graus por 30 minutos (Figura 8) e em seguida colocou-se os corpos de prova na prensa mecânica (Figura 7) com sensibilidade de 19,6 Newton e aplicou-se carga progressiva com velocidade de deformação de $0,8 \pm 0,1$ mm/s até que ocorra ruptura do corpo de prova separando as duas partes de acordo com plano diametral vertical, e atingiu-se assim a carga de ruptura do corpo de prova, determinada no anel dinamométrico. Os resultados obtidos de carga de ruptura foram utilizados para calcular a resistência do corpo de prova aplicando na formula: $\sigma R = \frac{2F}{100 \pi DH}$ onde; σR é a resistência a tração em kgf, F é a carga de ruptura em Newton, D o diâmetro do corpo de prova em centímetro e H é a altura do corpo de prova em centímetro. Foi estabelecido então a resistência dos corpos de prova de cada material.



Figura 7: Prensa Hidraulica



Figura 8: Corpos de Prova em Água

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Analisando os resultados quanto a resistência levantada no experimento nota-se que o PMF atingiu resultados consideravelmente superiores ao asfalto ensacado (CBUQ modificado não emulsionado) para todos os corpos de prova, mesmo ainda sendo um produto de preparo mais simplificado, sem o incremento de aditivos para evoluir a qualidade da mistura e resistência, resultou em resultados de estabilidade mais próximos ao que determina a norma do PMF. O número de vazios encontrado foi algo em torno de 17%, de acordo com a norma 153/2010-es, que determina que seja entre 5% e 30%.

Por outro lado, o CBUQ que já se encontrava pronto para execução e mesmo sendo um asfalto considerado asfalto usinado a quente pelo fabricante, não atinge resistência característica de um CBUQ, mostrando ainda maior incompatibilidade com as informações do fabricante que diz que o produto tem maior durabilidade que o CBUQ convencional. Além disso outros resultados atingidos durante o experimento mostram incoerência quanto às características do CBUQ convencional, uma vez que o número de vazios médio encontrado foi de 13 %, muito superior ao determinado pela norma 031/2006-es do DNIT que determina um número de vazios entre 3% e 5%. Segundo a norma 031/2006-es, relativa a elaboração do CBUQ, a mistura terá que atingir resistência em torno de 500 kgf, muito superior aos resultados alcançados pelo asfalto ensacado, corroborado pelos dados expostos na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados obtidos com o rompimento dos corpos de prova

| Corpos de Prova | Estabilidade (Kgf) | Fluência inicial (mm) | Fluência final (mm) |
|-----------------|--------------------|-----------------------|---------------------|
| CBUQ mod-1 | 100 | 0,18 | 0,24 |
| CBUQ mod-2 | 105 | 0,17 | 0,25 |
| CBUQ mod-3 | 120 | 0,17 | 0,23 |
| PMF 1 | 160 | 0,18 | 0,21 |
| PMF 2 | 181 | 0,17 | 0,21 |
| PMF 3 | 200 | 0,17 | 0,22 |

Em relação aos valores de cada material, o custo do CBUQ em análise foi próximo de 1,10 reais para 1 quilograma enquanto o PMF teve o seu valor em torno 0,40 reais para 1 quilograma de material, mostrando que o valor do CBUQ modificado custa algo próximo 175%

a mais que o PMF, mostrando uma grande diferença de custo, que poderá gerar uma grande diferença em um orçamento para execução de uma obra mais robusta. Mas segundo dados da

ficha técnica do fabricante do CBUQ modificado em estudo, a utilização desse material reduz em 25 % a necessidade de mão de obra para aplicação e em 50% o período de interdição de uma via, diminuição no custo que dependendo da finalidade pode justificar seu valor mais elevado e de certa forma compensar sua utilização.

Quando comparado o aspecto econômico o PMF mostrou resultados vantajosos e aliado a isso apresentou melhores resultados de resistência, tendo como uma ressalva a necessidade de adquirir grandes quantidades, pois é vendido em toneladas, se tornando inviável seu uso quando necessita-se fazer pequenas manutenções em pavimentos asfálticos, sendo nessa ocasião o CBUQ em estudo a melhor solução para uma manutenção pequena e rápida,

4 CONCLUSÃO

É sempre de fundamental importância buscar conhecimento em relação a produtos ou mecanismos novos que venham acrescentar a engenharia, tanto no aspecto prático quanto na qualidade do serviço oferecido, assim encontrou-se no asfalto ensacado um material que apresenta características muito relevantes em relação à praticidade, por poder ser estocado e por ter uma aplicação mais simples, porém não atingiu as exigências em norma de um CBUQ já que suas características fogem em inúmeros aspectos do que realmente é um concreto usinado a quente e ainda registrou um custo mais elevado, devido a isso esse tipo de material será mais válido para manutenções corretivas de pequeno porte que não sofrerão grandes cargas, como buracos ainda em início de deterioração, pequenas obras de pavimentação, estacionamento, condomínios, entre outros. Para melhorar os aspectos da resistência do asfalto talvez seja necessário novos estudos na área que objetivem alterar o tipo de aditivo ou diminuir a quantidade de aditivo incrementado na mistura para garantir o seu armazenamento e estocagem por um longo período, mas que não prejudique a estabilidade adquirida pelo material.

Quanto ao PMF, é um produto que apresenta um preparo e uma aplicação mais detalhada e que exige tempo maior de execução, além de acarretar o bloqueio de uma via onde ocorrerá a manutenção por um período maior, o que pode elevar o custo do produto e não ser muito vantajoso para a situação em análise. Mas atinge resistência maior e conseqüentemente uma durabilidade superior, e registra um valor do produto mais interessante. Para pequenas obras de manutenção não é tão vantajoso e viável pelo acesso ser mais limitado e mais trabalhosa sua aplicação, porém para grandes obras de manutenção é o material mais adequado.

Então o produto deverá ser escolhido de acordo com a exigência e a necessidade de quem irá executar e do proprietário ou responsável da obra, para cada caso um material será mais praticável que o outro, cabe ao responsável analisar e determinar qual se encaixa no que se almeja.

REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14948/2003**. Microrrevestimentos asfálticos a frio modificados por polímero - Materiais, execução e desempenho. *Rio de Janeiro: ABNT, 2003*.
- BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica** – materiais, projeto e restauração. São Paulo-SP: Oficina de Texto, 2007. 558 p.
- BERNUCCI, L.B.; et al. **Pavimentação asfáltica**- Formação básica para Engenheiros. Rio de Janeiro-RJ: Petrobrás/Abeda, 2008. 475 p.
- BIANCHI, F.R.; BRITO, I.R.T; CASTRO, V.A.B; Estudo comparativo entre pavimento rígido e flexível- **Instituto brasileiro do concreto**, set. 2008.
Disponível em: http://www.ibracon.org.br/eventos/50cbc/pav_apresentacoes/isis_raquel.pdf.
Acesso em: 25 de março de 2018.
- CNT – Confederação Nacional de Transporte. Disponível em:
<<http://www.cnt.org.br/Imprensa/noticia/pesquisa-cnt-aponta-58-das-rodovias-com-problemas>>. Acesso em: 24 de abril de 2018.
- CNT – Confederação Nacional de Transporte- **Pesquisa CNT de Rodovias** – 2015.
Disponível em: < https://issuu.com/robertasoaes5/docs/pesquisa_cnt2015>
- DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte. **Norma DNIT 005/2003 – TER** – Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia;
- _____. **Norma DNIT 136/2010 - ME** - Pavimentação asfáltica - Misturas asfálticas – Determinação da resistência à tração por compressão diametral – Método de ensaio.
- _____. **Norma DNIT 135/2010 – ME** - Pavimentação asfáltica - Misturas asfálticas - Determinação do módulo de resiliência – Método de ensaio
- MARQUES, G.L. de O. **Notas de aula da disciplina pavimentação**-Trn 032. Juiz de Fora: Laboratório de pavimentação da Universidade federal de Juiz de Fora, 2012. 204 p.
- PINTO, J.I.R. **Caracterização superficial de pavimentos rodoviários**. Porto: MVZ, 2003. 221 p.

Resumo

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O ASFALTO CBUQ MODIFICADO NÃO EMULSIONADO E O PRÉ MISTURADO A FRIO PARA USO EM MANUTENÇÃO DAS VIAS

MORAIS, Paulo José Ribeiro¹; MORAIS, Pedro Teodoro Ribeiro¹; CEZAR, Murilo Faria²

¹Estudante do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Goiás – Uni-ANHANGUERA. ² Especialista, Professor Orientador do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Goiás – Uni-ANHANGUERA.

De acordo com uma pesquisa realizada pela Confederação Nacional do Transporte (CNT) (2016), 48,3% das rodovias nacionais pavimentadas apresentam situação regular, ruim ou péssima. Materiais com problemas estruturais, material asfáltico com defeitos funcionais, e pouca eficiência na manutenção, tornam as estradas brasileiras desfavoráveis para um tráfego seguro e confortável, o que demonstra a necessidade deste estudo, o qual analisa viabilidade de um novo produto comercial em relação a um material mais utilizado no mercado da manutenção do pavimento. O objetivo do trabalho é realizar um estudo comparativo da resistência mecânica através da resistência à tração por compressão diametral e dos aspectos econômicos entre o asfalto Pré Misturado a Frio (PMF) e o Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) modificado não emulsionado para manutenções corretivas. Para tanto, foram analisadas amostras de cada material, onde foram feitos três corpos de prova de cada material e realizado o ensaio seguindo a norma 136/2010 DNIT. Após o ensaio realizado verificou-se que o PMF apresentou uma resistência consideravelmente superior e menor valor do quilograma quando comparado ao CBUQ modificado, o que demonstrou que o CBUQ modificado é um produto para ser utilizado em pequenas proporções e em pavimentos que não receberão grandes cargas e será de grande uso quando necessário tapar buracos com maior celeridade e com baixo custo.

PALAVRAS-CHAVE: Aspectos Econômicos. Estudo. Resistência. Material.