

ESTUDO COMPARATIVO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS DE UM CONCRETO ASFÁLTICO ESTOCÁVEL E CONCRETO ASFÁLTICO USINADO A QUENTE CONVENCIONAL

Álefe Rodrigues Oliveira
Claudeny Simone Alves Santana
Departamento de Engenharia Civil
Centro Universitário Uninovafapi

RESUMO

O asfalto é um dos mais antigos e versáteis materiais de construção utilizados pelo homem. Na maioria dos países do mundo, a pavimentação asfáltica é a principal forma de revestimento flexível. Este trabalho propõe, portanto, o estudo de uma mistura asfáltica do tipo CAUQ estocável, um novo tipo de material pouco estudado, um produto com aditivos que melhoram o desempenho e que possibilita sua estocagem e a aplicação a frio. A mistura foi estudada e caracterizada física e mecanicamente, posteriormente comparou-se os resultados com o CAUQ tradicional. O estudo se deu com a confecção de corpos de prova, diferenciando a temperatura e o grau de compactação. Os resultados obtidos demonstram que o CAUQ tradicional apresenta melhores resultados que o CAUQ estocável, e que este, apresenta melhores resultados quando aquecido.

Palavras-chave: Concreto estocável. Caracterização física. Caracterização mecânica. Comparação.

ABSTRACT

Asphalt is one of the oldest and most versatile building materials used by man. Most countries in the world, an asphalt paving is the main format of flexible comment. This work proposes, therefore, the study of an asphalt mixture of the type CAUQ, a new type of material little studied, a product with additives that improve the performance and the possibility of its storage and a cold application. The mixture was studied and characterized physically and mechanically, compared the results with the traditional CAUQ. The study was made with the preparation of test specimens, differing by temperature and degree of compaction. The results obtained demonstrate that the CAUQ is present in the results of the CAUQ and that it generates results when heated.

Keywords: Concrete. Physical characterization. Mechanical characterization. Comparison.

1. INTRODUÇÃO

O asfalto é um dos mais antigos e versáteis materiais de construção utilizados pelo homem. O uso em pavimentação é um dos mais importantes entre todos e um dos mais antigos também. Na maioria dos países do mundo, a pavimentação asfáltica é a principal forma de revestimento. Segundo Bernucci et al (2008), no Brasil, cerca de 95% das estradas pavimentadas são de revestimento asfáltico, além de ser também em grande parte das ruas.

Há várias razões para o uso intensivo do asfalto em pavimentação, sendo as principais: proporcionar forte união dos agregados, agir como um ligante que permite flexibilidade, é impermeabilizante, é durável e resistente à ação da maioria dos ácidos, dos álcalis e dos sais, pode ser utilizado aquecido ou emulsionado, com ou sem aditivos em amplas combinações.

As condições das vias de tráfego de várias regiões do Brasil, que são confeccionadas em pavimentos flexível, sofrem com diversos problemas patológicos, ocasionados por fatores variados, no qual pode-se citar o seu desgaste ao longo do tempo de uso e o consequente aparecimento de aberturas comumente conhecidas por “panelas” no pavimento asfáltico, trazendo riscos as pessoas que fazem utilização dessa área.

Tendo em vista as dificuldades de execução de serviços de reparos de estradas bem como os problemas encontrados em algumas regiões relativas às distâncias médias de transporte (DMT) para a aquisição e produção de concretos asfálticos, neste sentido, sabendo-se que o concreto estocável apresenta a proposta de melhorar essas dificuldades, sendo assim, esta pesquisa visa avaliar as propriedades mecânicas de um concreto asfáltico estocável verificando sua viabilidade de uso e comparando suas características em relação à um CAUQ tradicional.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Avaliar aspectos técnicos do concreto estocável quando em comparação com o CAUQ convencional, analisando seu desempenho quando submetido aos ensaios laboratoriais de acordo com as normas vigentes.

2.2. Específicos

- Verificar a compatibilidade do concreto asfáltico estocável frente ao concreto asfáltico usinado a quente convencional;
- Caracterizar o concreto asfáltico estocável mecanicamente, executando os ensaios de metodologia Marshall (estabilidade e fluência) no concreto estocável;
- Realizar os ensaios de RT no concretos asfáltico estocável;
- Comparar os resultados entre concreto asfáltico estocável com o concreto asfáltico convencional.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Pavimento

Segundo Grave (2016). Pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, 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.

Já Balbo (2007) afirma que o pavimento é uma estrutura composta por camadas sobrepostas de diferentes materiais compactados, adequada para atender estrutural e operacionalmente ao tráfego, de maneira durável e ao mínimo custo.

3.1.1. Pavimento Rígido

O pavimento rígido pode ser definido como aquele que apresenta uma camada de revestimento com uma rigidez superior às camadas inferiores, absorvendo praticamente todas as cargas decorrentes do tráfego existente. O modelo de pavimentação rígida, é aquele constituído por uma mistura relativamente rica de cimento Portland, areia, agregado graúdo e água, distribuído numa camada devidamente adensada, essa camada funciona ao mesmo tempo como revestimento e base do pavimento. Sendo a placa de cimento seu principal componente estrutural, onde a espessura é determinada em função da resistência à flexão das lajes de concreto. Este tipo de pavimento tem uma maior durabilidade e resiste às ações temporais, sem precisar de manutenção e com o tempo ele vai ganhando mais resistência. Também visa garantir uma superfície estável e uniforme à camada subjacente, com capacidade para resistir à erosão, tanto no decorrer da obra como ao longo da vida útil do pavimento (FILHO, 2018).

3.1.2. Pavimento Semi-Rígido

O pavimento Semi-Rígido é o tipo de pavimento constituído por revestimento asfáltico e camadas de base ou sub-base em material estabilizado com adição de cimento, ou seja, camada cimentada, e as demais camadas em material granular. Este tipo de pavimento tem uma deformação maior que o rígido e menor que o flexível (BALBO, 2007).

3.1.3. Pavimento Flexível

O pavimento flexível é constituído principalmente de materiais betuminosos. Sua base pode ser composta por diversas camadas, como subleito, sub-base, base e revestimento. É o pavimento em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas. Outras funções do revestimento são impermeabilizar e melhorar o conforto de rolamento e a segurança dos usuários da via (VEGGI, 2014).

No dimensionamento do pavimento flexível, leva-se em consideração a resistência do subleito e as solicitações do tráfego, enquanto que em um pavimento rígido, a característica mais importante é a resistência do próprio pavimento. A união dos materiais de qualidade e a boa execução, proporcionam um pavimento com requisitos de impermeabilidade, flexibilidade, estabilidade, durabilidade, resistência à derrapagem, resistência à fadiga e ao trincamento térmico, de acordo com o tráfego previsto para o local (JUNIOR, 2014).

3.2. Tipos de Ligantes

3.2.1. Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP)

O cimento asfalto de petróleo (CAP) é um líquido viscoso, que apresenta característica termoplástico, obtido nas refinarias através da destilação do petróleo, que apresenta qualidade e consistência próprias para uso em construção e manutenção de pavimentos asfálticos. É um produto semissólido a temperaturas baixas, viscoelástico à temperatura ambiente e líquido a altas temperaturas. Como material ligante ou aglutinante, possui geralmente boa aderência aos agregados, além de apresentar propriedades impermeabilizantes, o que torna seu uso bastante popular em engenharia civil sob formas diversas. Apresenta favoravelmente a seu uso, propriedades como flexibilidade, relativa durabilidade e grande resistência à maior parte do ácidos, sais e álcalis (SOUSA et al., 2015).

Os cimentos asfálticos de petróleo, dão origem a vários tipos de materiais comumente empregados em engenharia, como: as emulsões e os asfaltos diluídos. O CAP é obtido pela destilação fracionado do petróleo, o processo leva esse nome pois cada componente do petróleo possui um ponto de ebulição diferente, a destilação do cimento asfáltico de petróleo é feita uma temperatura de 480 °C aproximadamente. No Brasil o CAP é classificado pelo ensaio de penetração, também chamado de ensaio de consistência (JUNIOR, 2014).

Tabela 1: Especificações do CAP

Características	Unidade	Limites				Métodos	
		CAP 30-45	CAP 50-70	CAP 85-100	CAP 150-200	ABNT	AST M
Penetração, 100g, 5s, 25 °C	0,1mm	30 a 45	50 a 70	85 a 100	150 a 200	NBR 6576	D 5
Ponto de amolecimento mínimo	°C	52	46	43	37	NBR 6560	D 36
Viscosidade Saybolt-Furol							
a 135 °C , mínimo	S	192	141	110	80	NBR 14950	E 102
a 150 °C, mínimo		90	50	43	36		
a 177 °C, mínimo		40 a 150	30 a 150	15 a 60	15 a 60		

Os cimentos asfálticos de petróleo, produzidos e comercializados no Brasil; são classificados por seu nível de penetração, dividindo-se em quatro classes: CAP 30-45, CAP 50-70, CAP 85-100, CAP 150-200, no qual esses números, dispostos na Tabela 1, estão associados ao nível de penetração obtida em ensaio. Onde, a penetração é a profundidade, em décimos de milímetros que uma agulha de massa padronizada penetra em uma amostra de CAP, por um tempo de 5 s (cinco segundos), a uma temperatura de 25 °C (vinte e cinco graus Celsius).

A partir do CAP, são produzidos, o asfalto diluído (CAP misturado à Gasolina, nafta ou querosene) e a emulsão asfáltica (CAP misturado a água).

3.3. Revestimentos Asfáltico de Petróleo

3.3.1. Concreto Asfáltico Usinado a Quente (CAUQ) ou Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ).

Segundo Senço (2001) o Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) ou Concreto Asfáltico (CA). É o mais nobre dos revestimentos flexíveis, resulta da mistura em usina apropriada de agregado mineral graúdo, material de enchimento (filler) e material betuminoso (CAP), espalhado e comprimido a quente.

É material para a construção de revestimentos de pavimentos, incluindo as capas de rolamento e camadas de ligação imediatamente subjacentes aos revestimentos; trata-se de uma mistura elaborada a quente, em usina misturadora, contínua ou descontínua, de grande, médio ou pequeno porte (BALBO, 2007).

O CAUQ é a mais comum e tradicional mistura asfáltica a quente empregada no País, seja pelos materiais empregados em sua fabricação, seja também processos de controle exigidos para sua

execução em usina e em pista. Sua dosagem como mostra a Figura 8, busca a harmonização de uma composição granulométrica de agregados de com naturezas específicas e a adição de CAP, de forma que se aplicada na temperatura adequada e com subsequente compactação, formem um conjunto com qualidades mecânicas, que possam suportar, as cargas oriundas do tráfego, bem como não deverá apresentar deterioração precoce (SENÇO, 2001).

Segundo Balbo (2007), os objetivos da dosagem de uma mistura asfáltica são:

- Obter uma mistura adequadamente trabalhável (lançamento e compactação);
- Obter uma mistura estável sob a ação de cargas estáticas os móveis;
- Obter uma mistura durável, com teor de asfalto adequado;
- Resultar em baixa deformação permanente (trabalhar matriz pétreo e controlar teor de asfalto);
- Resultar em mistura pouco suscetível a fissuração por fadiga;
- Possuir vazios (com ar) suficientes e não excessivos.

3.3.2. Concreto Estocável

É o concreto asfáltico modificado, que possui características próprias as quais objetivam facilitar a sua estocagem, manuseio e aplicação. Esse tipo de produto auxilia empresas e órgãos públicos, sobretudo em casos emergências; afinal, é indicado principalmente para operações tapa-buraco, mas, pode ser utilizado na pavimentação de pequenas extensões de vias, bem como em garagem, estacionamentos e pátios em geral. Ele proporciona rapidez na aplicação, fácil manuseio pois é encontrado em sacos de 25 kg e é aplicado a frio, após a aplicação permite a liberação imediata do tráfego (DE OLIVEIRA, 2017).

O asfalto frio ou asfalto usinado a quente para aplicação a frio, comumente comercializado em sacos, é um Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) com adição de polímeros e aditivos que retardam a cura (ou endurecimento) do asfalto, possibilitando assim a sua estocagem e aplicação a frio, principalmente em pequenas quantidades. O processo de fabricação é semelhante ao asfalto convencional, onde os agregados e o cimento asfáltico de petróleo são misturados a quente em uma usina de asfalto (DE OLIVEIRA, 2017).

Durante este processo são adicionados os polímeros e aditivos que permitem o uso prolongado do asfalto mesmo depois de frio e possibilitam também uma vida útil maior. Quando sai da usina o asfalto frio é estocado e ensacado para comercialização, porém em alguns casos também pode ser fornecido a granel. Além de poder ser ensacado e estocado, a aplicação a frio ainda proporciona diversas vantagens. O asfalto estocável pode ser aplicado em dias de chuvosos e em locais com presença de água, já que o mesmo mantém sua capacidade de aderência e de suporte mesmo em contato com a água (DE OLIVEIRA, 2017).

4. METODOLOGIA

A pesquisa apresentada é de cunho exploratório por envolver procedimentos de laboratório e pesquisa à documentos técnicos. Também se caracteriza como quantitativa pois fundamenta a análise dos resultados através de valores e por fim, qualitativa por trazer características importantes dos materiais envolvidos. A seguir estão descritos os procedimentos e ensaios, os materiais e equipamentos utilizados que fomentaram e embasaram os resultados obtidos neste trabalho.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Volumetria

A Figura 1 ilustra comparativamente os valores médios de densidade aparente dos CP'S a frio e a quente desta pesquisa, observa-se que as densidades aparentes dos CP'S à frio tendem a um percentual de 2,79% menor que os CP'S à quente, devido a quantidade de vazios ser maior. Tal fato explica-se porque os corpos de prova a frio possuem pouca trabalhabilidade e a compactação torna-se ineficiente.

Observa-se ainda através da Figura 1 que entre os CP'S à frio houve um decréscimo do valor de desvio padrão, devido a diminuição de vazios resultantes da compactação, tal fato não se repetiu nos CP'S à quente, que é explicado pelo excesso de compactação que prejudica o rearranjo das partículas.

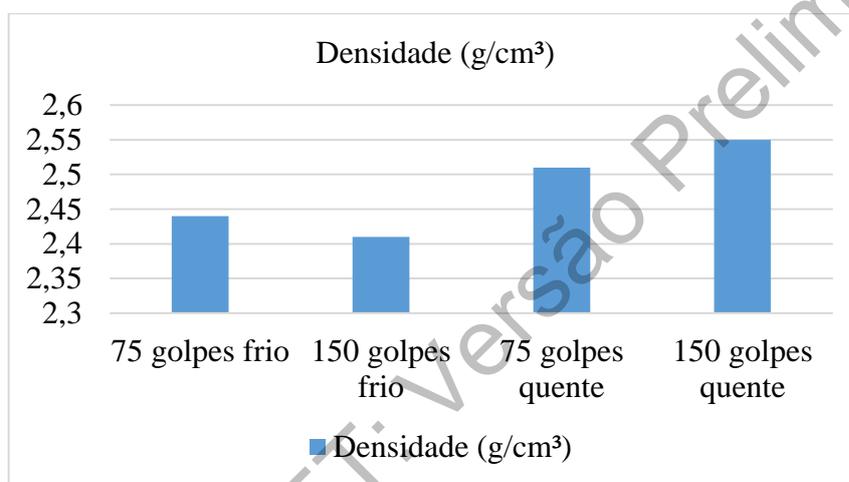


Figura 1: Densidade Média dos CPS'S

5.2. Estabilidade e Deformação dos CP'S à Frio

As Tabelas 2 e 3 apresentam os valores médios de estabilidade e deformação bem como o desvio padrão dos mesmos. Os resultados apontam para problemas de configuração como granulometria, trabalhabilidade, que são decorrentes do grande número de vazios apresentados pelos corpos de prova, este fato pode ser analisado pelo alto valor de desvio padrão que mostra a grande variedade dos resultados de estabilidade. Quanto à deformação, o valor de desvio padrão é baixo, mostrando que a variação entre os resultados de deformação é pequena, apresentando mais consistência do que a estabilidade.

Tabela 2: Resultados de estabilidade e deformação dos CP'S compactados a frio com 75 golpes

	Estabilidade (Kgf)	Deformação (mm)
1/75 F	44,427	5,59
2/75 F	34,224	5,44
3/75 F	64,592	5,53
MÉDIA	47,75	5,52

DESVIO PADRÃO	12,62	0,062
----------------------	--------------	--------------

Tabela 3: Resultado de estabilidade e deformação dos CP'S compactados a frio com 150 golpes

	Estabilidade (Kgf)	Deformação (mm)
1/150 F	67,977	5,62
2/150 F	100,044	6,07
3/150 F	84,032	5,23
MÉDIA	84,02	5,64
DESVIO PADRÃO	13,09	0,3432

Observa-se que houve um aumento de cerca de 76% entre os CP'S compactados á 150 golpes em comparação aos compactados a 75 golpes, o que mostra a efetividade da compactação à medida que se eleva a quantidade de golpes.

Em termos práticos, é possível dizer que em aplicações rodoviárias deste material é necessário dobrar a quantidade de passagem do rolo compactador (energia de compactação) observando aplicação fim deste material.

Recomenda-se neste trabalho, baseado na prática, que o CAUQ estocável a frio seja aplicado em pequenas áreas, que apresentam volume de baixo a médio de tráfego, como exemplo as operações tapa-buraco.

5.3. Estabilidade e Deformação dos CP a Quente

As Tabelas 4 e 5 apresentam os valores médios de estabilidade e deformação bem como o desvio padrão dos mesmos. Os resultados mostram que os corpos de prova aquecidos antes da compactação apresentam melhor trabalhabilidade e arranjo entre os agregados, apresentando um desvio padrão baixo tanto para a estabilidade quanto para a deformação.

Tabela 4: Resultado de estabilidade e deformação dos CP'S compactados a quente com 75 golpes

	Estabilidade (Kgf)	Deformação (mm)
1/75 Q	587,98	3,14
2/75 Q	731,46	3
3/75 Q	703,426	3,07
MÉDIA	674,29	3,07
DESVIO PADRÃO	62,01	0,0057

Fonte: Autor, 2019

Tabela 5: Resultado de estabilidade e deformação dos CP'S compactados a quente com 150 golpes

	Estabilidade (Kgf)	Deformação (mm)
1/150 Q	1091,846	3,97
2/150 Q	1083,916	4,21
3/150 Q	952,119	4,1
MÉDIA	1042,63	4,09
DESVIO PADRÃO	64,08	0,098

A partir do valor médio de cada condição de ensaio e similar ao ocorrido aos CPS'S "frios" ocorreu um aumento de cerca de 54 % no valor de estabilidade entre os CP'S compactados a 75 golpes para os compactados a 150 golpes.

Além disso observa-se que de acordo com a especificação DNIT 031/2006 – ES os valores obtidos de estabilidade para as duas condições de compactação ultrapassaram o valor mínimo especificado, o qual deve ser maior igual a 500 Kgf.

Pode-se concluir também o elevado desempenho do material aquecido em correlação ao material compactado em temperatura ambiente "frio", cerca de 1310% mais resistente. Para os corpos de prova compactados por compactação normatizada de 75 golpes.

5.4. Ensaio de Resistência a Tração por Compressão Diametral (RT)

Para o parâmetro RT, obteve-se através do ensaio as cargas de ruptura, as quais foram corrigidas em relação ao diâmetro e a espessura dos corpos de prova. Com isso verificou-se que os corpos de prova moldados e ensaiados em temperatura ambiente, obtiveram valores bem inferiores ao exigido pela DNIT 031/2006 – ES.

Os CP'S compactados com 150 golpes a frio obtiveram resistência maior do que os CP'S compactados com 75 golpes em mesma temperatura, porém, não foi suficiente para atender aos parâmetros da norma.

Os corpos de prova moldados e ensaiados a temperatura de 150 °C, apresentaram valores de RT melhores, mas, dos CP'S compactados com 75 golpes, apenas um obteve resultado superior ao mínimo exigido segundo norma, os outros dois ficaram com resultado inferior. Já os CP'S moldados a mesma temperatura e compactados com 150 golpes obtiveram resultados superiores ao mínimo exigido por norma.

Segundo os parâmetros de Resistência à Tração por Compressão Diametral estática a 25 °C, mínima para camada de rolamento, deve ser de 0,65 MPa. Os resultados do ensaio de RT estão dispostos na Tabela 6.

Tabela 6: Estabilidade dos Corpos de Prova.

	CP'S	Resistencia (MPa)	Média	Desvio Padrão
75 Golpes a Frio	4/75 F	0,05	0,06	0,01
	5/75 F	0,06		
	6/75 F	0,06		
150 Golpes a Frio	4/150 F	0,1	0,09	0,02
	5/150 F	0,1		
	6/150 F	0,07		
75 Golpes a Quente	4/75 Q	0,68	0,61	0,09
	5/75 Q	0,61		
	6/75 Q	0,55		
150 Golpes a Quente	4/150 Q	0,91	0,88	0,042
	5/150 Q	0,88		
	6/150 Q	0,85		

Os valores médios de RT para as amostras estudadas nesta pesquisa, chama a atenção o valor de RT das amostras compactadas a quente (150°C) com 75 e 150 golpes, que obtiveram valores bem superiores as amostras compactadas com os mesmos números de golpes em temperatura ambiente. Portanto pode-se notar um aumento no valor médio de RT de aproximadamente 1366% do corpo de prova compactado a frio com 75 golpes para o corpo de prova compactado a quente com 150 golpes. A resistência a tração é característica mecânica importante pois está relacionada à durabilidade do pavimento.

5.5. Comparação do presente estudo com a pesquisa de Macedo (2018)

Na pesquisa de Macedo et al (2018), obteve-se para a Estabilidade Marshall, um valor médio de 1400 Kgf (mil e quatrocentos quilogramas forças); este resultado é dado para corpos de prova moldados em temperatura de 150 °C (cento e cinquenta graus celsius). Sendo assim, o concreto estocável apresenta resultado médio de estabilidade quando aquecido a mesma temperatura e compactado com 75 golpes, bem inferior ao CAUQ tradicional, ficando com um valor médio aproximado de 674 Kgf (seiscentos e setenta e quatro quilogramas força). Mas, ainda assim apresenta valores, que atendem os parâmetros da norma DNIT 031/2006 – ES, desde que o concreto estocável, seja utilizado em temperatura de 150 °C.

Diante do exposto é possível concluir que o CAUQ estocável possui melhores propriedades quando aquecido, recomendando-se a utilização do mesmo a frio apenas para serviços de tapa buraco. Em situações que a sua aplicação seja em pequenas ou médias extensões de vias, de baixo à médio tráfego; como vias urbanas e estacionamentos, o mesmo apresenta a necessidade de ser aquecido à 150°C, e para a obtenção de seus melhores resultados, a energia de

compactação do concreto estocável deve ser dobrada a fim de garantir a efetividade da camada de rolamento.

6. CONCLUSÃO

Por fim, podemos concluir através da presente pesquisa que, a deformação é mais acentuada nos corpos de prova mais compactados, ou seja, eles resistem mais, porém, sua deformação é maior. Os aquecidos tiveram menor deformação do que os em temperatura ambiente.

Quando se trata de estabilidade, o concreto estocável a frio mostrou baixa resistência independentemente do grau de compactação, portanto, mesmo ele sendo projetado para aplicação a frio, apresenta melhores resultados quando aquecido. Mas, sua utilização a frio é viável desde que seja em operações tapa buraco.

Para o ensaio de RT, o concreto estocável apresentou também baixa resistência quando utilizado em temperatura ambiente, independentemente do grau de compactação. Mostrou também que seus melhores resultados são extraídos quando a mistura é aquecida antes da aplicação, e para este parâmetro deveria ser utilizado aquecido e com o maior grau de compactação estudado, ou seja, deve ser utilizado aquecido a 150 °C e compactado com 150 golpes.

Quando comparado com o CAUQ tradicional, o concreto estocável apresenta resultados de características físicas e mecânicas inferiores, principalmente, quando o mesmo é utilizado em temperatura ambiente.

Quantitativamente o resultado mais expressivo destaca-se a seguir:

O CAUQ tradicional é cerca de 107% mais resistente, em se tratando de estabilidade do que o CAUQ estocável.

Com isso conclui-se que o concreto estocável, pode ser utilizado a frio, mas, somente para operações tapa buraco.

Quando aquecido o mesmo pode ser utilizado em vias urbanas que apresentam de baixo a médio tráfego, pois, mesmo apresentando resultados inferiores frente ao CAUQ tradicional, demonstra resultados satisfatórios de características mecânicas, frente a norma DNIT 031/2006 – ES, e estes resultados são ainda melhores quando compactado com 150 golpes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTT. Avaliação Laboratorial das Propriedades Mecânicas de Mistura Asfáltica Estocável. Relatório de pesquisa RDT CONCEPA/ANTT, junho de 2017.
- BALBO, José Tadeu. Pavimentação Asfáltica: materiais, projetos e restauração. São Paulo: oficina de textos, 2007.
- BALBO, José Tadeu. Pavimentos de Concreto. São Paulo: oficina de textos, 2009.
- BERNUCCI, Liedi Bariane et al. Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros. 3º ed. Rio de Janeiro: Petrobras: Abeda, 2010.
- DA SILVA, Tamyres Karla et al. Dosagem de mistura betuminosa a frio e seu estudo sob efeito de cargas estáticas e repetidas. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.40, n.1, p.97-106, 2016.
- DA SILVA, Carmem Lúcia Alencar. Alternativa ao uso do asfalto a quente visando a redução da energia consumida durante sua execução. 2010. Programa de pós-graduação em engenharia de recursos da Amazônia – Universidade federal do Amazonas, Manaus, jul. 2010.

- DE OLIVEIRA, Aléxia Grassuri Barreto. Estudos preliminares de mistura asfáltica do tipo cbuq estocável pra uso em pavimentação no estado de Goiás. 2017. 67 folhas. Trabalho de conclusão de curso – Universidade federal de Goiás, Goiânia, 2017.
- DE SENÇO, Wlastermiler. Manual de Técnicas de Pavimentação. 1º. ed. São Paulo: Pini, 2001.
- DE REIS, Rafael M. Martins et al. Manual Básico de Emulsões Asfálticas. 2º ed. Rio de Janeiro. Abeda, 2010.
- DRESCH, Fernanda. Comportamento de Misturas Asfálticas Tipo Camada Porosa de Atrito (CPA). 2016. 165 folhas. Dissertação de Mestrado – Universidade federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER). DNER-ME 043/95: Mistura betuminosa a quente – ensaio Marshall. Nov. 1995.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE (DNIT). NORMA DNIT 031/2006 – ES: Pavimento Flexíveis – Concreto asfáltico – Especificação de Serviço. Rio de Janeiro, 2006.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE (DNIT). NORMA DNIT 136/2018 – ME: Pavimentação asfáltica – Misturas asfálticas – Determinação da resistência à tração por compressão diametral – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2018.
- FILHO, José Moacir de Mendonça; ROCHA, Eider Gomes de Azevedo. Estudo Comparativo entre Pavimentos Flexível e Rígido na Pavimentação Rodoviária. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. ed. 06, v. 02, pag. 146-163, junho de 2018.
- GRAVE, Lucas Eduardo. Efeito da temperatura de compactação nas propriedades mecânicas de misturas asfálticas. Junho de 2016. 116. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Civil) – Centro Universitário Univates, Lajeado, junho de 2016.
- JUNIOR, Edmar Pereira Taborna Junior; MAGALHÃES, Sérgio Luiz M. Pavimentação em Vias Públicas Análise do Estado do Pavimento da Avenida Coronel Escolástico em Cuiabá - -MT. Engineering and Science. ed. 01, v. 01, 20 páginas, maio de 2014.
- MACEDO, Inarya et al. Influência da Energia e Temperatura de Compactação nas Características Físicas e Mecânicas de Concretos Asfálticos: Um Estudo dos Tribunais de Contas do Distrito Federal, Goiás e Piauí. XVIII Simpósio Nacional de Auditoria de Obras Públicas – João Pessoa – PB-2018
- PAIXÃO, Monique Paixão; CORDEIRO, Cristóvão César Carneiro; CORREIA, Maria da Conceição Nogueira. Pavimentos Semirrígidos: Prevenção e Tratamento da Reflexão de Trincas. Revistas Unifacs, XVI SEPA – Seminário Estudantil de Produção Acadêmica, pag. 136 – 157, 2017.
- SOUSA, et al. Análise do Desempenho de Concreto Betuminoso Usinado à Quente com Adição de Rejeito da Mineração do Cobre Segundo os Parâmetros Marshall. Engineering and Science, n.4, v.2, pag. 3-12, outubro de 2015.
- VEGGI, Edgar dos Santos; MAGALHÃES, Sérgio Luís dos Santos. Análise Comparativa de Custos Entre Concreto Betuminoso Usinado a Quente (Cbuq) e Tratamento Superficial Duplo (Tsd). Engineering and Science, v.2, ed. 1, 21 pag., agosto de 2014.

Álefe Rodrigues Oliveira

Rua: Maria Oliveira Amorim – n°:876; Bairro: Morro da Chapadinha Sul; Esperantina – PI.

E-mail: alefe_oliveira18@hotmail.com

Claudeny Simone Alves Santana

Res: Bom Sucesso; Quadra: D; Casa: 12; Bairro: Dirceu; Teresina – PI.

E-mail: cl_deny@yahoo.com.br