

**ESTUDO COMPARATIVO DAS CARACTERÍSTICAS DE DOIS TIPOS DE
CIMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO COM POLÍMERO UTILIZADOS NA
RODOVIA BR-277**

SANTOS, Hugo José¹
KAUL, Chirley Taina²

RESUMO: O uso dos ligantes asfálticos vem crescendo no Brasil, pois para um melhor desempenho da rodovia sob o tráfego intenso e com diferentes condições climáticas, o seu uso faz-se necessário. No âmbito das concessões rodoviárias pelo país, a aplicação em recapamentos é muito grande, porém, com o aumento no valor do petróleo e consequentemente o valor do CAP, a alternativa é buscar algo mais vantajoso no mercado. O estudo realizado na empresa Rodovia das Cataratas S.A., e na usina de asfalto da Itax Construtora de Obras LTDA, ambas localizadas na cidade de Cascavel Paraná, busca comparar as características técnicas e procedimentos do manuseio e estocagem de dois tipos de cimento asfáltico modificado com polímero, um nacional e outro de origem Russa, escolhido por ser economicamente mais viável para a concessionária. Para a avaliação do resultado dos ensaios utilizou-se a Resolução da ANP Nº 32 publicada pela (Agência Nacional do Petróleo), onde foram obtidos os valores determinados e para o levantamento de informações do manuseio e estocagem, realizou-se uma vistoria *in loco*. Constatou-se, com este estudo, que os dois materiais estão aptos para aplicabilidade e o trabalho serve de fonte de consulta por aqueles que desconhecem o produto de origem Russa, visto que é um material importado que não é utilizado no Brasil, e com o que foi apresentado auxilia na decisão de migrar para esse produto ou não.

Palavras-chave: Cimento Asfáltico, Polímero, Petróleo.

¹Discente, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel - PR. E-mail: hugojose96@hotmail.com

² Docente, Especialista em Engenharia de Infraestrutura de Rodovias, Engenheira Civil, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel – PR.



1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o principal meio de transporte de mercadorias faz-se através do sistema rodoviário, tornando-se, assim, extremamente importante para a economia do país. Dessa forma, é relevante que eficiências construtivas garantam rodovias seguras, de qualidade e adequadas às necessidades da sociedade. De todos os elementos constituintes da infraestrutura rodoviária, grande parte das reclamações dos usuários são referentes às camadas do pavimento, por apresentarem manifestações patológicas que afetam a segurança e/ou defeitos que comprometem o conforto, ocasionados pela má qualidade dos materiais, pelo alcance de sua vida útil e até mesmo erros de execução em sua implantação.

Diante do exposto, é de suma importância que os órgãos responsáveis pela gestão da malha rodoviária, efetuem constantemente as atividades de manutenção necessárias para reestabelecer as condições da via desde sua abertura até o tráfego. A realização de manutenções preventivas com uma regularidade apropriada para manter as condições mínimas de funcionalidade do pavimento evita também a ocorrência de deficiências estruturais. Além disso, esse tipo de manutenção possui um custo menor que as ações corretivas e de emergência, que, devido à falta de planejamento, acabam sendo as mais usuais no Brasil (CNT, 2017).

Considerando os dados da Confederação Nacional do Transporte – CNT (2017), a qual apresenta que 99% da malha rodoviária do Brasil é composta por pavimento flexível, o consumo de ligantes asfálticos no país não se limita apenas à implantação de novas rodovias, mas sim a grande demanda também é oriunda dos serviços de conservação e manutenção dos pavimentos já existentes.

O uso de ligantes asfálticos modificados por polímeros é capaz de reduzir a frequência das manutenções e aumentar a vida de trabalho em pavimentos com locais de difícil acesso ou de custo muito elevado de parada do tráfego para reparos. Locais de tráfego canalizado também podem beneficiar-se com o uso de asfaltos modificados. (BERNUCCI, LIEDI, *et al.*, 2008).

Segundo (Jorge, Ceratti, *et al.*, 2015) os asfaltos modificados são obtidos a partir da incorporação de um ou mais polímeros ao CAP, podendo ou não haver reações químicas entre as partes. Essas interações modificam as propriedades reológicas do material melhorando a resistência ao intemperismo, às deformações permanentes e ao trincamento.



A ideia da utilização de cimentos asfálticos modificados por polímeros, dá-se pelo fato de que ele serve para qualquer tipo de via, tráfego, gera economia, reduz possibilidade de erros e de surpresas, maior durabilidade e menor manutenção e consequentemente menores perdas com interdições, desvios, etc.

Com a nova política de preços implementada pela Petrobras, no início de 2018, que gerou aumentos mensais na ordem de 8% ao mês no valor do cimento asfáltico de petróleo (CAP) ameaçando a execução de diversas obras rodoviárias pelo país, fez-se necessário buscar alternativas mais vantajosas. Dessa maneira, a concessionária responsável pela BR-277 no trecho compreendido no lote 03 do Anel de Integração do Paraná optou pela importação de um CAP euroasiático devido ao seu preço mais acessível, com qualidade teoricamente semelhante aos produtos nacionais, mas que apresenta procedimentos de manuseio e estocagem diferentes dos convencionais.

Este estudo estará limitado à comparação das características técnicas e procedimentos de manuseio e estocagem de dois tipos do cimento asfáltico modificado na empresa Rodovia das Cataratas S.A., e na usina de asfalto da Itax Construtora de Obras LTDA, ambas localizadas na cidade de Cascavel/Paraná. O estudo será realizado com testes laboratoriais e por inspeção visual. Restringe-se à pesquisa a comparação do CAP de fornecimento nacional e CAP proveniente de importação Russa.

Salienta-se que para que este trabalho científico possa ter pleno êxito, os seguintes objetivos específicos serão propostos:

- a) Comparar as características técnicas por meio de resultados obtidos em ensaios laboratoriais dos dois tipos de CAP;
- b) Descrever os procedimentos do manuseio e estocagem dos dois tipos de CAP.

O trabalho servirá como fonte de consulta por aqueles que desconhecem o material para pautar a decisão de migrar para este produto ou não comparando os dois utilizados na rodovia BR-277.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste Capítulo será abordado os conceitos de cimento asfáltico de petróleo modificado com polímero, procedimentos de estocagem e manuseio.



2.1 Cimento asfáltico de petróleo

A definição da palavra asfalto tem origem do grego *Asphaltu* que se refere ao termo espalhar algo firme, estável e seguro. O asfalto é oriundo do petróleo que tem origem orgânica, é considerado um dos mais antigos materiais de construção utilizados pelo homem. Escrituras indicam a aplicação do asfalto como impermeabilizantes na Mesopotâmia, Grécia e Roma, e em citações bíblicas como a Arca de Noé (CONCEITO, 2019).

Segundo Souza (2007), o asfalto é definido como um líquido viscoso ou semissólido, composto essencialmente de hidrocarbonetos solúveis e tricloroetileno. É sobretudo não volátil e sua consistência varia em função da temperatura em que está sujeito. Possui propriedades adesivas e impermeáveis. É obtido através de processos de refino de petróleo e no estado natural em jazidas a céu aberto e filões no subsolo.

Esses materiais encontram-se à temperatura ambiente, necessitando de aquecimento para possuir consistência apropriada à ligação de agregados, possuem características de flexibilidade, durabilidade, aglutinação, impermeabilização e elevada resistência à maioria dos ácidos, sais e álcalis (MAGALHÃES, 2004).

Os cimentos asfálticos de petróleo brasileiros são classificados pelo grau de dureza refletido no ensaio de penetração a 25°C. O Instituto Brasileiro de Petróleo e o Departamento Nacional de Infraestrutura Terrestre DNIT, especificam 4 tipos de CAP pela sua penetração: CAP-30/45, CAP-50/70, CAP-85/100 e CAP-150/200.

Segundo (ANP 32, 2009), a determinação das características dos produtos é efetuada por intermédio do emprego de Normas Brasileiras – (NBR) da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT ou de Normas da American Society for Testing and Materials – ASTM. A análise do produto deve ser executada em amostra representativa do mesmo, obtida segundo método NBR 14883 – Petróleo de produtos de petróleo – Amostragem manual ou ASTM D 4057 – Standard Practice for Manual Sampling of Petroleum and Petroleum Products.

2.2 Cimento asfáltico modificado por polímero

Com o aumento do volume de tráfego, sendo mais intenso e pesado, juntamente com o aumento de temperatura da pista, o cimento asfáltico convencional tem apresentado limitações.

Para aumentar aspectos relacionados ao desempenho do pavimento, os cimentos asfálticos podem ser alterados por meio da incorporação de modificadores como é o caso do polímero que é o mais empregado atualmente. Polímero é a substância macromolecular que resulta da união de moléculas simples (BRASQUÍMICA, 2020).

Além disso, as moléculas de um CAP podem ser alteradas por intermédio de sua ligação com duas ou mais moléculas, formando-se uma molécula mais pesada, processo denominado polimerização. A modificação de um cimento asfáltico pela combinação com polímeros é buscada para se obter maior durabilidade e redução da suscetibilidade térmica do produto (BALBO, 2007).

Para que a modificação do ligante seja viavelmente técnica e econômica, é essencial que o polímero seja firme ao desgaste nas temperaturas usuais de utilização do asfalto, misturando adequadamente com o ligante asfáltico, melhorando as características de fluidez do asfalto a altas temperaturas, sem que o ligante fique muito viscoso para a mistura e espalhamento, nem tão endurecido ou quebradiço a baixas temperaturas (BERNUCCI, LIEDI, *et al.*, 2008).

No Brasil, os estudos de asfalto modificado por polímero iniciaram-se em 1968 com a adição de látex SBR (borracha de estireno-butadieno). Mais tarde, muitos outros polímeros foram estudados como modificadores, sendo os mais abundantemente utilizados na modificação de asfaltos para fins rodoviários, o SBS (copolímero de estireno-butadieno-estireno), o SBR e o EVA (copolímero de etileno-acetato de vinila) (MANOEL, GETÚLIO, *et al.*, 2009).

A classificação dos cimentos asfálticos de petróleo modificados por polímeros elastoméricos é definida segundo o ponto de amolecimento e a recuperação elástica a 25 °C, nos tipos 55/75-E, 60/85-E e 65/90-E (DNIT, 2011).

No ligante asfáltico de betume a classificação obtém-se em graus de temperaturas máximas e mínimas, através da classificação por desempenho - performance grade (PG), como por exemplo o CAP de importação Russa (CAP PG 82-28) onde o 82 é o máximo de temperatura medida em 7 dias consecutivos e o 28 refere-se à mínima temperatura do pavimento (CAVA, 2020).



2.3 Características técnicas do CAP

O ensaio de penetração avalia a consistência do asfalto por meio de uma medida em que uma agulha padronizada penetra em uma amostra em décimos de milímetro. Se a agulha penetrar menos de 10dmm o asfalto é considerado sólido, se a penetração for maior que 10dmm é considerado como asfalto semissólido. A penetração a 25°C tem sido utilizada na especificação de cimentos asfálticos em todos os países do mundo por várias décadas (BERNUCCI, LIEDI, *et al.*, 2008).

Devido aos asfaltos amolecerem pouco a pouco quando submetidos ao aquecimento e não possuir ponto de fusão bem definido, vários métodos foram desenvolvidos para medir a temperatura na qual possui determinada consistência, com a finalidade de se ter uma referência semelhante ao ponto de fusão. O ensaio do ponto de amolecimento determina em qual temperatura o asfalto amolece quando aquecido em condições padronizadas. Esse ensaio é empregado para estimativa de suscetibilidade térmica (PINTO, 2017).

Ponto de fulgor é a menor temperatura na qual um combustível libera vapor em quantidade suficiente para formar uma mistura inflamável por uma fonte externa de calor. Ligado a segurança de manuseio do asfalto durante o transporte, estocagem e usinagem, tem por finalidade evitar acidentes de trabalho e verificar possíveis contaminações do cimento asfáltico diluído. Os CAPs têm ponto de fulgor geralmente acima de 230°C. A contaminação com o asfalto já diluído diminui delicadamente a temperatura de inflamação do CAP e se reflete também na capacidade à compactação da mistura betuminosa (PINTO, 2017).

A recuperação elástica é um ensaio que submete a amostra em uma deformação, e mede o quanto dessa deformação é recuperada após um intervalo de tempo. A recuperação elástica é a razão percentual entre o quanto a amostra recuperou-se e o comprimento da amostra esticada. Esse ensaio mostra claramente o efeito do aumento do teor de elastômero no asfalto (BERNUCCI, LIEDI, *et al.*, 2008).

A viscosidade é uma medida da consistência do cimento asfáltico, por resistência ao escoamento. Viscosidade dinâmica (Brookfield), é a força necessária para vencer a resistência que a viscosidade de um material fluido oferece a um movimento rotacional com velocidade constante e uniforme. O viscosímetro permite obter a curva viscosidade-temperatura em ampla faixa de determinação com a mesma amostra (BERNUCCI, LIEDI, *et al.*, 2008).

2.4 Procedimentos de estocagem e manuseio do CAP

De forma a evitar um possível endurecimento e envelhecimento do ligante durante a estocagem, os tanques devem ser munidos de sensores de temperatura, posicionados na região dos aquecedores e serem removíveis para manutenção frequente. A oxidação e a perda de frações voláteis podem ocorrer pela superfície exposta sendo proporcional a essa área e à temperatura do tanque, e, portanto, os tanques verticalmente mais altos são preferíveis aos mais baixos, ou seja, a relação altura/raio do tanque circular deve ser tecnicamente a maior possível, considerando a relação área/volume de estocagem (SHELL, 2003).

O ligante asfáltico tem baixa probabilidade de se incendiar e só em temperaturas muito elevadas, em torno de 400°C, podendo apresentar autocombustão. Porém, apesar de baixo risco, cuidados especiais devem ser aplicados nos tanques de estocagem e no processamento. Também é importante evitar que o CAP aquecido tenha contato com a água, pois haverá grande aumento de volume transformando-se em espuma e até, dependendo da quantidade de água, poderá haver fervura do ligante (BERNUCCI, LIEDI, *et al.*, 2008).

Toda usina de asfalto necessita de um tanque de armazenamento de ligante asfáltico e combustível, como mostra a Figura 1.

Figura 1 – Tanque de armazenamento asfáltico da usina Itax.



Fonte: Autor, (2020).

Os depósitos para o cimento asfáltico com polímero devem possuir equipamentos qualificados para aquecer o ligante nas temperaturas determinadas. Esses dispositivos devem, também, evitar qualquer superaquecimento localizado, para atender as exigências técnicas estabelecidas (DER/PR, 2017).

Para o transporte de CAP, as carretas podem ser quentes (com isolamentos térmicos dotadas de maçaricos) ou frias para o transporte das emulsões e impermeabilizantes. Na dinâmica de utilização dessas carretas não se pode misturar lastros ou transportar quantidades inferiores à capacidade sob risco de rompimento das moléculas dos produtos podendo causar acidentes. Esse transporte também é feito em vagões ferroviários ou navios (COSTA, 2011).

3. METODOLOGIA

3.1 Tipo de estudo e local da pesquisa

Trata-se de um estudo a comparar as características de dois tipos de cimento asfáltico de petróleo (CAP) modificado com polímero utilizados na produção de massa asfáltica utilizada nas obras de manutenção do pavimento entre os km 344+000 e 731+100 da BR-277. O mesmo foi realizado por intermédio da Rodovia das Cataratas S.A. utilizando o laboratório da empresa Diefra Serviços e Obras e a usina de asfalto da Itax Construtora de Obras LTDA., ambas localizadas no município de Cascavel-PR.

A pesquisa realizou-se pelo método quantitativo, em que foram coletadas amostras de cimento asfáltico de fornecimento nacional (CAP 60-85) e CAP proveniente de importação russa (CAP PG 82-28). Após a coleta, os ensaios realizados para obtenção das características técnicas dos produtos foram de penetração, ponto de amolecimento, ponto de fulgor, recuperação elástica e viscosidade. Outro objetivo da pesquisa realizou-se pelo método qualitativo, no qual foram apresentadas as características de manuseio e estocagem dos diferentes produtos, para isso foi realizada uma vistoria *in loco*.

3.2 Caracterização da amostra

A primeira coleta de amostra foi do (CAP 60-85) de fornecimento nacional, e a outra coleta de amostra do (CAP PG 82-28) proveniente de importação russa, seguindo o manual previsto na norma NBR 14883 (ABNT, 2002).

O estudo dos procedimentos de estocagem e manuseio foi realizado dentro de uma das três usinas da empresa Itax localizada em Cascavel-PR. Nela foi realizada a vistoria *in loco* observando o local de armazenamento e preparo do cimento asfáltico proveniente de importação russa, visto que o mesmo estrutura-se em blocos sólidos.

3.3 Instrumentos e procedimentos para coleta de dados

Os ensaios realizados foram de penetração NBR 6576 (ABNT, 2007), ponto de amolecimento NBR 6560 (ABNT, 2016) ponto de fulgor NBR 11341 (ABNT, 2014) recuperação elástica NBR 15086 (ABNT, 2006) e viscosidade Brookfield NBR 15184 (ABNT, 2004).

Para o ensaio de penetração a amostra é resfriada à temperatura ambiente por uma hora, logo após, em banho de água com temperatura controlada de 25°C. Após o tempo de 1 hora, a amostra é submetida à penetração por agulha padronizada em aparelho adequado denominado penetrômetro, conforme ilustra a Figura 2. Em cada ensaio, três medidas individuais de penetração são realizadas. As três medidas não podem exceder um limite especificado em norma.

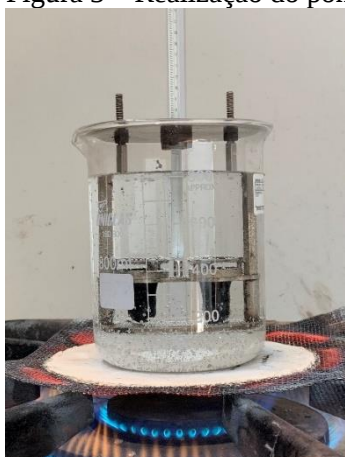
Figura 2 – Penetrômetro.



Fonte: Autor, (2020).

O ensaio do ponto de amolecimento é a mais baixa temperatura que uma esfera metálica padronizada atravessa um anel também padronizado e cheio com o material betuminoso, percorrendo uma determinada distância, sob condições especificadas. A Figura 3 ilustra o procedimento do ponto de amolecimento onde a amostra ficou 5 minutos em descanso, logo após foi colocada por 20 minutos em um *becker* com água à temperatura de -5°C e após deixado no fogo à temperatura de $5^{\circ}/\text{min}$ até a esfera metálica atravessar o anel com o material betuminoso e chegar ao fundo.

Figura 3 – Realização do ponto de amolecimento.



Fonte: Autor, (2020).

Para o ensaio do ponto de fulgor foi utilizado um termômetro de equipamento cujo principal objetivo é a determinação da máxima temperatura que se pode aquecer o asfalto sem perigo de incêndio, conforme ilustra a Figura 4.

Figura 4 – Ensaio do ponto de fulgor.



Fonte: Autor, (2020).

Na recuperação elástica o ligante é esticado 20 cm a uma taxa de 5 cm/min, e a uma temperatura de 25°C. A amostra é então cortada imediatamente em seu ponto central, e deixada a 25°C para se recuperar por uma hora. Após esse período, move-se a amostra até que as pontas cortadas toquem-se, e mede-se o comprimento resultante da amostra, conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5 – Ensaio de recuperação elástica.



Fonte: Autor, (2020).

Os equipamentos utilizados para o ensaio de viscosidade Brookfield foi um viscosímetro béquer, com capacidade de 600ml e um termômetro, conforme ilustrado na Figura 6 em que o viscosímetro operava na primeira etapa à temperatura de 135°C a 20rpm, na segunda etapa à 150°C e 50rpm e por fim à 177°C a 100rpm.

Figura 6 – Equipamento (Brookfield).



Fonte: Autor, (2020).

Com relação ao registro dos resultados obtidos, foi utilizada uma tabela disponibilizada pela empresa Diefra, conforme consta nos anexos A e B.

Os ensaios previstos em norma e as visitas *in loco* foram realizados em período integral.

Para o levantamento dos dados referentes ao manuseio e estocagem, realizou-se uma pesquisa observando algumas questões e do mesmo modo, de forma visual, no local de armazenamento, foram efetuadas visitas técnicas na usina de asfalto entre os meses de julho a setembro de 2020, onde foi feito um registro fotográfico da estocagem e do manuseio, conforme ilustra a Figura 7.

Figura 7 – Estoque do CAP importado.



Fonte: Autor, (2020).

3.4 Análise dos dados

Após a coleta de dados, foi realizada uma análise das características técnicas entre os materiais a partir da comparação dos resultados obtidos por meio dos ensaios.

Os dados estão em anexo em uma planilha no *software* Excel e, por meio de um quadro, estão apresentadas as diferenças entre as formas de estocagem e manuseio dos diferentes materiais.

4. RESULTADOS e DISCUSSÕES

A pesquisa realizou-se a partir da metodologia exposta anteriormente. Com ela elaborou-se uma análise dos dados coletados juntamente com as informações dispostas pela ECOCATARATAS, a fim de realizar um estudo comparativo dos cimentos asfálticos modificados com polímero.

O processo dos ensaios realizados para a obtenção das informações coletadas no ano de 2020, foram com base na resolução da ANP Nº 32 (2009), no qual esses desenvolveram-se, um para a amostra do CAP convencional (CAP 60-85) realizado no mês de julho e outro para o CAP proveniente de importação russa (CAP PG 82-28) executado no mês de setembro.

4.1 Coleta das amostras no ano de 2020

Utilizando o procedimento de amostragem manual, foram realizados os ensaios previstos na metodologia para identificar as características técnicas de cada uma das amostras coletadas. Os resultados obtidos estão expostos na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados dos ensaios em laboratório.

ENSAIOS	MÉTODO	CAP 60-85	CAP PG 82-28
Penetração, 25°C, mm	NBR 6576	60	67
Ponto de Amolecimento, °C, Min	NBR 6560	82	69
Ponto de Fulgor, Min, °C	NBR 11.341	263	284
Recuperação Elástica, 25°C, 20cm, Mín, %.	NBR 15.086	86,5	90
Viscosidade Brookfield, 135°C, 20 rpm, S 21, Máx	NBR 15.184	1579	2065

Fonte: Autor (2020).

As especificações dos ensaios para controle de qualidade dos materiais utilizados presentes na resolução ANP Nº 32 (2009), onde são informados os parâmetros recomendados para que se garantam as características do cimento asfáltico, constataram que as amostras apresentaram os valores dentro dos parâmetros estabelecidos por normativa.

No ensaio de penetração onde é analisada a determinação da resistência do cimento asfáltico quanto à penetração, ou seja, quanto menor for o valor obtido no ensaio de penetração,

maior será o grau de dureza do ligante asfáltico, as duas amostras apresentaram valores muito próximos. Esse parâmetro analisado de forma isolada não caracteriza inteiramente a qualidade do ligante, mas relaciona-se diretamente com a resistência à deformação permanente, e, nesse quesito, a amostra de CAP 60-85 apresentou resultado mais vantajoso.

Com o ensaio do ponto de amolecimento é possível determinar a temperatura em que o asfalto amolece e adquire comportamento de um líquido. Assim, esse ensaio serve como critério de escolha do ligante durante o projeto do cimento asfáltico, para regiões onde tem altas temperaturas, um cimento asfáltico com um ponto de amolecimento muito baixo, em campo, resultará na sua deformação plástica. Apesar da classificação da amostra de CAP russo prever a utilização do material em locais onde a faixa de temperatura do revestimento possa chegar entre 82 e -28, o valor de ponto de amolecimento não precisa necessariamente atingir o valor máximo de temperatura, pois essa classificação resulta de diversos outros fatores. Porém, verificando o índice individualmente, o resultado do CAP 60-85 apresentou limite de temperatura consideravelmente superior ao resultado da outra amostra.

O ensaio do ponto de fulgor é necessário para a segurança de manuseio do asfalto durante o transporte. Os valores de ponto de fulgor de CAP devem apresentar-se acima de 235°C, porém ambas apresentaram os resultados acima desse limite mínimo, sendo que nesse parâmetro de segurança, a amostra de CAP PG 82-28 apresentou um índice superior ao CAP 60-85.

A recuperação elástica é uma forma de identificar a presença de polímero modificador em um ligante e garantir a especificação vigente, mas é um parâmetro empírico, ou seja, sem correlação direta com o desempenho do ligante. Como exemplo, tem-se as amostras de CAP que possuem alta consistência, porém baixo índice de recuperação elástica, e que podem, muitas vezes, apresentar melhor desempenho em campo do que amostras com baixa consistência, mas alto índice de recuperação elástica. De qualquer forma, a recuperação elástica obtida nas amostras apresentaram índices muito próximos com a amostra de CAP PG 82-28 demonstrando leve vantagem.

Com o ensaio de viscosidade determina-se a temperatura para execução da usinagem e compactação do cimento asfáltico, e também permite medir as propriedades de consistência relacionadas ao bombeamento e à estocagem do material durante o seu processamento. Portanto, é um parâmetro utilizado para medir a consistência do asfalto através de sua

resistência ao escoamento e o resultado é apresentado em poise, o qual refere-se a gramas por centímetro por segundo. Dessa forma, a amostra que apresentar um maior resultado, julga-se o material com uma melhor viscosidade para mistura e recobrimento dos agregados. Para esse item a amostra de CAP PG 82-28 apresentou maior viscosidade.

4.2 Explicações sobre o manuseio

Conforme foi apresentado na metodologia, avaliou-se por meio de um levantamento de forma visual na usina de asfalto, e com algumas informações apresentadas de maneira descritiva, foi possível analisar os dois tipos de cimento asfáltico quanto aos seus parâmetros logísticos.

Foi levado em consideração as informações referentes ao transporte de cada material, saindo da sua fabricação para a usina onde é armazenado. Diante disso, pode-se observar que o CAP convencional utiliza um caminhão tanque, enquanto o importado necessita de um caminhão com carroceria já que o material está em blocos sólidos.

A capacidade para o transporte de cada frete é de 30 toneladas e a distância percorrida pelo CAP convencional é de 600 km, pelo fato de que a empresa fornecedora do material reside em Araucária. Por outro lado, o cimento asfáltico importado é recepcionado geralmente no porto de Santos e a distância percorrida até a entrega na usina é de aproximadamente 1000km, com capacidade de transporte equivalente ao CAP convencional, porém, quando houver veículos com maior capacidade, a carga pode ser aumentada.

Verificou-se quais as exigências em relação ao armazenamento e também durante o transporte. Assim, constatou-se que o controle de temperatura para o cimento asfáltico convencional é necessário, pois ele fica no tanque de armazenagem, enquanto o CAP importado pode ser deixado em um local aberto sem o controle de temperatura e somente quando for diluído necessitará desse controle de temperatura. Segundo (DenimoTech, 2019), para o manuseio do CAP de blocos, deve-se levar as caixas de betume para a área de armazenamento. Feito isso, pode-se levantar o bloco nu com uma empilhadeira, utilizando um grampo de fardos para colocar no aparelho aquecedor, assim como mostra a Figura 8. É recomendado soltar um bloco após o outro descartando a proteção do papel e os lados do compensado.

Figura 8 – Manuseio do CAP.



Fonte: Autor, (2020).

Em relação ao seu manuseio, foi possível observar o procedimento para encaminhamento do material para a realização da mistura, em que o CAP convencional assim como o importado, são misturados através da matéria-prima do cimento asfáltico e após é realizada a mistura com o polímero dentro do tanque de armazenamento. Porém, o CAP importado necessita da utilização de uma máquina de diluição (*Melter*), disponibilizada pela empresa que fornece o cimento asfáltico, onde a concessionária comprou 3 mil toneladas do material e a máquina foi emprestada. No entanto, ao final do contrato, é possível a compra, caso contrário o equipamento será levado embora, e não será cobrado nenhum valor a mais por conta disso.

O *melter* tem o formato retangular semelhante a um grande forno, possuindo aproximadamente 7,20m de comprimento com 1,90m de largura e 3,10m de altura, por isso a sua capacidade de armazenagem é de aproximadamente 14 toneladas, como exemplifica a Figura 9. No momento da instalação do equipamento, é necessário levar em conta algumas situações como o fato de que a superfície seja mais plana possível para facilitar a realização de manobras com a empilhadeira ou máquina semelhante. Além disso, recomenda-se que o *melter* seja instalado com uma declividade de modo que auxilie no deslocamento dos blocos inseridos no interior do equipamento.

Figura 9 – Equipamento (Melter).



Fonte: Autor, (2020).

A máquina utilizada deverá estar aquecida a 180°C para o derretimento dos blocos, o tempo necessário para esse trabalho gira em torno de 20 minutos e a capacidade do equipamento é de 7 blocos por vez, a Figura 10 exibe como é a máquina diluidora por dentro. Para preencher o tanque da usina com uma capacidade de 35 toneladas o tempo gasto em média é 3 horas para ambos os materiais.

Figura 10 – Interior do equipamento.



Fonte: Autor, (2020).



Para a realização dos serviços manuais do CAP importado, como a desembalagem e limpeza dos blocos, é imprescindível a mão de obra operacional, em que são necessários em média 3 colaboradores, distribuídos nas funções de operador de empilhadeira e auxiliares. Já para o CAP convencional não é necessário esse serviço, pois o material é entregue diluído.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Visando obter as características técnicas do cimento asfáltico de fornecimento nacional e o cimento asfáltico proveniente de importação Russa, foram realizados os ensaios de penetração, ponto de amolecimento, ponto de fulgor, recuperação elástica e viscosidade Brookfield, a fim de analisar a condição que se encontra os dois tipos de CAP e fazer um comparativo entre eles.

Para isso, foram executados os ensaios descritos anteriormente para as duas amostras de CAP, também foi efetuada uma vistoria no local onde os materiais são armazenados. Assim, foi possível descrever os procedimentos do manuseio e estocagem dos mesmos. Os valores obtidos pelos ensaios, juntamente com a observação do espaço de armazenamento, trouxeram os índices necessários para que a análise fosse finalizada.

Dessa forma, pode-se concluir que os dois tipos de cimento asfáltico modificados por polímero apresentaram dados dentro dos parâmetros previstos por norma, onde os dois estão aptos para aplicabilidade e não mostraram uma diferença significativa entre os seus índices. Analisando pela qualidade dos dois materiais, pode-se observar que são adequados para o uso, mas isso já era algo esperado, pois a empresa sempre encomenda produtos de alta qualidade.

Em relação ao transporte, é necessário que seja realizada uma programação com a transportadora para obter-se um controle na quantidade de caminhões a serem recebidos nas usinas, para que seja uma quantidade compatível com a capacidade de descarregamento dos equipamentos disponíveis, como empilhadeiras, *munk*, etc.

Os trâmites aduaneiros podem demorar alguns dias, sendo necessário que haja um contrato de fornecimento de algum CAP convencional em paralelo, para que não aconteça a falta de matéria-prima na usina.

No momento do recebimento deve-se solicitar a nota fiscal do produto, bem como, as informações de ensaios laboratoriais e a identificação dos lotes de blocos entregues. Esse



processo é importante para que não seja recebido nenhum produto fora da especificação e para que se verifique uma rastreabilidade do material recebido.

Os blocos que não são utilizados em no máximo até três meses, devem ser armazenados em um local coberto, pois a exposição do material a intempéries por um período maior de tempo, poderá umidificar o papel seda que há entre a madeira compensada e o CAP, aumentando o tempo de desembalagem e, conseqüentemente, a diminuição da produção da diluição de CAP. Em casos mais críticos, o que pode acontecer é danificar a madeira compensada, fazendo com que o bloco deforme e até rompa, o que acarretará na perda do material e em dificuldades em introduzir o bloco na máquina de diluição, pois a deformação irá deixar os blocos com dimensões maiores do que comporta a entrada do *melter*.

Analizando a aplicabilidade em questão, o asfalto modificado proveniente de importação Russa, apresentou uma dificuldade um pouco maior, porque ele é transportado através de blocos, com isso é necessário ter uma empilhadeira e uma máquina diluidora para o derretimento dos blocos, mas isso seria somente na dificuldade do manuseio, pois a máquina é fornecida diretamente pela empresa que vende o CAP. Portanto, a empresa que optar pelo material importado, é importante saber das adaptações necessárias a serem realizadas na usina, e devem ser analisadas todas as demandas financeiras provenientes disso, ao invés de verificar apenas o preço unitário de compra do produto, o qual não foi o objetivo do trabalho.

É importante salientar que o trabalho serve como fonte de consulta por aqueles que desconhecem o produto, visto que é um material importado e que não é utilizado no Brasil, uma inovação feita pela empresa, com isso o que foi apresentado auxilia na decisão de migrar para esse produto ou não.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. Resolução Nº 32, DE 14.10.2009 - DOU 15.10.2009.

BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica: materiais, projetos e restauração**. Oficina de textos. São Paulo, 2007.

BERNUCCI, L. B; MOTTA, L. M. G; CERATTI, J. A. P.; SOARES J. B. **Pavimentação Asfáltica: Formação para Engenheiros**. Abeda – Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto, Rio de Janeiro, 2008.



BRASQUÍMICA. **Asfalto Modificado por Polímero – AMP**. Disponível em < https://www.brasquimica.com.br/produtos/prg_pro.cfm?cod=5 > Acesso em 03 de abr. 2020.

CERATTI, J. A. P.; BERNUCCI, L. B.; SOARES, J. B. **Utilização de ligantes asfálticos em serviços de pavimentação**. Abeda – Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto, 2015.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE - CNT. **Transporte rodoviário: por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?** Brasília, 2017.

CONCEITO.DE. **Asfalto**. Disponível em < <https://conceito.de/asfalto> > Acesso em: 24 de mar. 2020.

COSTA, M. A. **Logística de produtos asfálticos**. Disponível em < <https://www.logisticadescomplicada.com/logistica-de-produtos-asfalticos/> > Acesso em 22 de abr. 2020.

DENIMOTECH. **Handling instruction** – Bitumina Bitumen Box V 1.0.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DO PARANÁ. **DER ES-P 15**. Pavimentação: Concreto Asfáltico Usinado à Quente com Asfalto Polímero. Curitiba, 2017.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT-EM 095**: Cimentos Asfálticos de Petróleo: Especificação de Material. Rio de Janeiro, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT-EM 129**: Cimentos Asfálticos de Petróleo Modificado por Polímero Elastomérico: Especificação de Material. Rio de Janeiro, 2011.

FRANCISCO, C. W. **A Petrobrás**. Disponível em < <https://brasilescola.uol.com.br/brasil/a-petrobras.htm> > Acesso em 17 de mar. 2020.

GONÇALVES, F. P. **O Desempenho dos Pavimentos Flexíveis**. UPF. Passo Fundo, novembro, 1999.

MAGALHÃES, S. T. **Misturas Asfálticas de Módulo Elevado para Pavimentos de Alto Desempenho**. UFRJ. Rio de Janeiro, 2004.

MANOEL, F. G; LOUZADA. A. P; CARDOSO. V. E. SILVA, M. E. S. R.; FREITAS, R. F. S. **Preparação e Caracterização de Asfaltos Modificados pelo Polímero Estireno-Butadieno-Estireno-SBS a partir do Cimento Asfáltico de Petróleo CAP50/70 REGAP**. UFMG. Minas Gerais, 2009.



PINTO, S.; PINTO, I. E. **Pavimentação asfáltica: conceitos fundamentais sobre materiais e revestimentos asfálticos**. LTC. Rio de Janeiro, 2017.

READ, J; WHITEOAK, D. **The Shell bitumen handbook**. 5. ed. Cambridge, 2003.

SOUZA. R. M. **Desenvolvimento de Métodos Analíticos para Determinação de Elementos-Traço em Amostras Oleosas e Pastosas por ICP OES e ICP-MS**. PUC. Rio de Janeiro, 2007.

ANEXO A

		CONTOLE TECNOLÓGICO Ensaio de CAP - Poliflex 60/85-E			
Registro da Amostra: 01-C		Usina: Rio Quati			
Coleta: 15/07/2020		Nota:		Operador: leonel	
Data: 17/07/2020		Placa: Tanque		Data Ensaio: 17/07/2020	
Ponto de Amolecimento (NBR 6560)					
Limite Mínimo: 60 °C					
Leitura da Temperatura Conjunto Anel e Bola amostra 01 (A):		82,00		°C	
Leitura da Temperatura Conjunto Anel e Bola amostra 02 (B):		82,00		°C	
Média das leituras de Temperatura [(A+B)/2]:		82,00		°C	
(x) Aprovado			() Não Aprovado		
Penetração (NBR 6576)					
Limite Mínimo: 40 mm			Limite Máximo: 70 mm		
Leitura da Penetração 01 (C):		57,00		mm	
Leitura da Penetração 02 (D):		60,00		mm	
Leitura da Penetração 03 (E):		61,00		mm	
Média das leituras de penetração [(C+D+E)/3]:		60,00		mm	
(x) Aprovado			() Não Aprovado		
Recuperação Elástica (NBR 15086)					
Limite Mínimo: 85%					
$Recuperação\ Elástica = \left(\frac{E - X}{E} \right) \times 100$				E: comprimento após a tração da amostra (cm) X: comprimento após justaposição da amostra (cm)	
Recuperação Elástica amostra 01 (F):		2,70		86,50%	
Recuperação Elástica amostra 02 (G):		2,70		86,50%	
Recuperação Elástica amostra 03 (H):		2,70		86,50%	
Média das recuperações elásticas [(F+G+H)/3]:		2,70		86,50%	
(x) Aprovado			() Não Aprovado		
Ponto de Fulgor (NBR 11341)					
Limite Mínimo: 235°C					
Leitura da Temperatura no ponto de fulgor (L):		263		°C	
Leitura da Temperatura no ponto de combustão (M):		263		°C	
(x) Aprovado			() Não Aprovado		
Viscosidade Brookfield (NBR 15184)					
Limite Máximo:		3000 cP		2000 cP	
		135°C Spindle 21, 20 rpm		150°C Spindle 21, 50 rpm	
		177°C Spindle 21, 100 rpm			
Leitura da Viscosidade após 1 min(I):		cP		1580	
Leitura da Viscosidade após 2 min(J):		cP		1588	
Leitura da Viscosidade após 3 min(K):		cP		1568	
Médias das leituras de viscosidade [(I+J+K)/3]:		cP		1579	
(x) Aprovado			() Não Aprovado		



ANEXO B

	CONTOLE TECNOLÓGICO Ensaio de CAP - BITUMINA	
Registro da Amostra: 01-C	Usina: Rio do salto	
Coleta: TANQUE	Nota:	Operador: leonel
Data: 08/09/2020	Placa: Tanque	Data Ensaio: 09/09/2020

Ponto de Amolecimento (NBR 6560)		
Limite Mínimo: 60 °C		
Leitura da Temperatura Conjunto Anel e Bola amostra 01 (A):	69,00	°C
Leitura da Temperatura Conjunto Anel e Bola amostra 02 (B):	69,00	°C
Média das leituras de Temperatura [(A+B)/2]:	69,00	°C
☐ (x) Aprovado ☐ () Não Aprovado		

Penetração (NBR 6576)		
Limite Mínimo: 40 mm		Limite Máximo: 70 mm
Leitura da Penetração 01 (C):	70,00	mm
Leitura da Penetração 02 (D):	65,00	mm
Leitura da Penetração 03 (E):	66,00	mm
Média das leituras de penetração [(C+D+E)/3]:	67,00	mm
☐ (x) Aprovado ☐ () Não Aprovado		

Recuperação Elástica (NBR 15086)		
Limite Mínimo: 85%		
$Recuperação\ Elástica = \left(\frac{E - X}{E} \right) \times 100$ E: comprimento após a tração da amostra (cm) X: comprimento após justaposição da amostra (cm)		
Recuperação Elástica amostra 01 (F):	2,00	90,00%
Recuperação Elástica amostra 02 (G):	2,00	90,00%
Recuperação Elástica amostra 03 (H):	2,00	90,00%
Média das recuperações elásticas [(F+G+H)/3]:	2,00	90,00%
☐ (x) Aprovado ☐ () Não Aprovado		

Ponto de Fulgor (NBR 11341)		
Limite Mínimo: 235°C		
Leitura da Temperatura no ponto de fulgor (L):	284	°C
Leitura da Temperatura no ponto de combustão (M):	284	°C
☐ (x) Aprovado ☐ () Não Aprovado		

Viscosidade Brookfield (NBR 15184)				
Limite Máximo:		3000 cP	2000 cP	1000 cP
		135°C Spindle 21, 20 rpm	150°C Spindle 21, 50 rpm	177°C Spindle 21, 100 rpm
Leitura da Viscosidade após 1 min(I):	cP	2070	890	300
Leitura da Viscosidade após 2 min(J):	cP	2065	891	299,5
Leitura da Viscosidade após 3 min(K):	cP	2060	894	298,5
Médias das leituras de viscosidade [(I+J+K)/3]:	cP	2065	891,67	299
☐ (x) Aprovado ☐ () Não Aprovado				