



Faculdade de Pindamonhangaba



**ADILSON MUNIN**

**PÉTRYA PAOLA GUEDES LANDIM**

**ESTUDO COMPARATIVO DE DESEMPENHO DO USO DA  
CERA DE POLIETILENO NO PROCESSO DE  
MODIFICAÇÃO DE ASFALTO**

**Pindamonhangaba-SP**

**2014**



Faculdade de Pindamonhangaba



Recredenciada pela Portaria Ministerial n.º 516, de 12/06/2013 publicada no D.O.U. de 13/06/2013

**ADILSON MUNIN**

**PÉTRYA PAOLA GUEDES LANDIM**

**ESTUDO COMPARATIVO DE DESEMPENHO DO USO DA  
CERA DE POLIETILENO NO PROCESSO DE  
MODIFICAÇÃO DO ASFALTO**

Monografia apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Diploma de Tecnólogo em Processos Químicos pelo Curso de Tecnologia em Processos Químicos da Faculdade de Pindamonhangaba

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Daniela  
Camargo Vernilli.

Pindamonhangaba- SP

2014



Faculdade de Pindamonhangaba



**ADILSON MUNIN**

**PÉTRYA PAOLA GUEDES LANDIM**

**ESTUDO COMPARATIVO DE DESEMPENHO DO USO DE CERA DE  
POLIETILENO NO PROCESSO DE MODIFICAÇÃO DO ASFALTO**

Monografia apresentada como parte requisitos para obtenção do Diploma de Tecnólogo em Processos Químicos pelo curso de Tecnologia em Processos Químicos da Faculdade de Pindamonhangaba.

Data: 09/12/2014

Resultado:

**BANCA EXAMINADORA**

Prof . \_\_\_\_\_ Faculdade de Pindamonhangaba

Assinatura \_\_\_\_\_

Prof . \_\_\_\_\_ Faculdade de Pindamonhangaba

Assinatura \_\_\_\_\_

Prof . \_\_\_\_\_ Faculdade de Pindamonhangaba

Assinatura \_\_\_\_\_

Dedico este trabalho aos meus pais,  
Altino e Annayr pelo exemplo de vida.

A minha querida filha  
Gabriela e minha amada esposa Cida.

Dedico este trabalho a meus pais,  
Fábio e Adriana por todo o incentivo.

A meu querido esposo pelo  
companheirismo.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos que contribuíram no decorrer desta jornada, em especialmente a Deus, a quem devo minha vida.

Aos meus pais, verdadeiros responsáveis por minha formação, minha família de um modo geral, minha filha Gabriela que sempre me serviu de estímulo.

À minha amada esposa (Cida) pelo incentivo e compreensão por ter abdicado de horas importantes, porém com o mesmo companheirismo.

À minha amiga Pétrya, por sua dedicação e paciência e principalmente ajuda em minhas dificuldades.

À minha orientadora Prof.<sup>a</sup> Daniela Camargo que teve papel fundamental na elaboração deste trabalho.

Aos meus colegas pelo companheirismo e disponibilidade para me auxiliar em vários momentos.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu bom Deus, por me dar sabedoria, paciência e fôlego de vida a cada novo amanhecer.

Aos meus pais, Adriana e Fábio, pela força, incentivo a lutar pelos meus ideais, carinho e muito amor que me deram durante toda a minha vida.

Ao meu amado esposo (Rafael), que durante todos esses anos tem sido meu amigo e juntamente comigo chorou e riu muitas vezes durante todo esse percurso da faculdade e da minha vida, dando-me muita força, amor e tendo muita paciência.

Aos meus sogros (Fátima e José) por me auxiliarem e me darem todo o suporte necessário para completar esta jornada.

A meu amigo e autor do projeto, Adilson Munin, pela amizade, paciência e motivação durante esses anos de muita vitória e dedicação.

A minha orientadora Prof.<sup>a</sup> Dra. Daniela, por nos ajudar com seus ensinamentos, paciência, sua atenção, dedicação e motivação.

## RESUMO

Neste trabalho, foi estudada uma modificação do processo de asfalto oxidado utilizado para impermeabilizante, objetivando a redução no tempo de processo, da energia elétrica utilizada e melhora do produto final afim de melhor atender o cliente e diminuir o custo do produto. Para a modificação do asfalto, utilizou-se uma cera de polietileno da marca Mitsui, proveniente do Japão. Foi estudada a adição de 2, 3 e 4% em massa de cera de polietileno no asfalto puro através de uma simples mistura para chegar, principalmente, à viscosidade ideal em menor tempo e sem a necessidade de altas temperaturas no processo. Foram estudadas amostras do cimento asfáltico de petróleo puro obtido pelas refinarias, através da destilação fracionada do petróleo (CAP 50/70 puro) e com adição de 2,3e 4 % em massa de cera de polietileno e a amostra do asfalto modificado por oxidação em acordo com a NBR 9910 tipo II. Nas amostras estudadas foram analisados o ponto de amolecimento, o ponto de penetração e a viscosidade cinemática de acordo com as normas da ABNT. Todos os ensaios foram realizados em quintuplicadas, sendo que o melhor resultado atingido foi com a utilização do de 3% em massa de cera de polietileno.

Palavra chave: Asfalto. Cera de Polietileno. Impermeabilizante.

## **ABSTRACT**

In this work, a modification of the bitumen used for waterproofing process was studied, aiming at reducing the process time, the electrical energy used and improves the final product in order to better serve the customer and reduce the product cost. For the modification of asphalt used the addition of 2, 3 and 4% weight of polyethylene wax. In a neat asphalt polyethylene wax brand Mitsui from Japan was studied by means of a simple mixture to reach, especially, the optimum viscosity in less time and without the need for high temperatures in the process. CAP 50/70 samples were studied in addition of 2, 3 and 4% by weight of polyethylene wax and modified by oxidation in accordance with NBR 9910 type II asphalt. In the samples were analyzed the softening point, penetration point and kinematic viscosity according to the ABNT. All assays were performed in five times, wherein the objectified result was achieved with the use of 3% wax content.

**Keywords:** asphalt, polyethylene wax, sealer

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Incorporação da cera no asfalto CAP 50/70.....	23
Figura 2- Ensaio de Ponto de penetração.....	25
Figura 3- Anéis utilizados no ensaio de determinação do ponto de amolecimento.....	26
Figura 4 - Esferas utilizadas no ensaio de determinação do ponto de amolecimento .....	26
Figura 5 - Suporte utilizado no ensaio de determinação do ponto de amolecimento .....	27
Figura 6 - Preparação para a análise de ponto de amolecimento.....	27
Figura 7 - Ponto de Amolecimento.....	28
Figura8 - Asfalto Amolecido.....	28
Figura 9 - Aparelho viscosímetro de Brookfield modelo RVT acoplado ao Thermosel.....	28

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>14</b>
<b>2.1 HISTÓRICO DO ASFALTO</b> .....	<b>14</b>
<b>2.2 CIMENTO ASFÁLTICO DE PETRÓLEO (CAP)</b> .....	<b>15</b>
<b>2.3 CERA DE POLIETILENO: CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES</b> .....	<b>15</b>
<b>2.4 OXIDAÇÃO DO ASFALTO</b> .....	<b>16</b>
<b>2.5 IMPERMEABILIZAÇÃO</b> .....	<b>17</b>
<b>2.6 ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DE DESEMPENHO</b> .....	<b>18</b>
2.6.1 <i>DETERMINAÇÃO DO PONTO DE AMOLECIMENTO - MÉTODO DO ANEL E BOLA</i> .....	19
2.6.2 <i>DETERMINAÇÃO DA PENETRAÇÃO EM MATERIAIS ASFÁLTICOS</i> .....	19
2.6.3 <i>VISCOSIDADE BROOKFIELD</i> .....	20
<b>2.7 SUSTENTABILIDADE INDUSTRIAL</b> .....	<b>20</b>
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>22</b>
<b>3.1 PROCESSAMENTO DO ASFALTO</b> .....	<b>22</b>
3.1.1 <i>OXIDAÇÃO POR INSUFLAÇÃO DE OXIGÊNIO</i> .....	22
3.1.2 <i>ADIÇÃO DA CERA DE POLIETILENO</i> .....	22
<b>3.2 ANÁLISES</b> .....	<b>23</b>
3.2.1 <i>ENSAIO DE PENETRAÇÃO</i> .....	23
3.2.2 <i>DETERMINAÇÃO DO PONTO DE AMOLECIMENTO</i> .....	25
3.2.3 <i>VISCOSIDADE BROOKFIELD</i> .....	28
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>30</b>
<b>4.1 ENSAIO DE PENETRAÇÃO</b> .....	<b>30</b>
<b>4.2 PONTO DE AMOLECIMENTO</b> .....	<b>31</b>
<b>4.3 RESULTADOS DA VISCOSIDADE BROOKFIELD</b> .....	<b>32</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>36</b>
<b>ANEXO A6NORMA NBR 9910 TIPO II</b> .....	<b>38</b>
<b>ANEXO B- ESPECIFICAÇÃO DO CIMENTO ASFÁLTICO 50/70(CAP 50/70 PURO)</b> . ....	<b>40</b>
<b>ANEXO C-FICHA DE ESPECIFICAÇÃO DA CERA DE POLIETILENO UTILIZADA</b> .....	<b>41</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Asfalto é um material sólido ou semi-sólido, de cor entre preta ou parda escura, obtido pela destilação fracionada do petróleo ou de forma natural, onde seus constituintes predominantes são os betumes, compostos principalmente de hidrocarbonetos de elevada massa molecular (SELMO, 2002).

De um passado distante até o presente momento, o asfalto tem sido usado como material aglutinante de agregados minerais e no revestimento e impermeabilização de estruturas. Estas estruturas iam desde reservatórios de água, banheiro, trabalhos em alvenaria e calafetagem de navios. Os asfaltos que ocorrem na natureza são encontrados em camadas geológicas, ora como massas moles e prontamente utilizáveis, ora como veios negros duros e friáveis de formação rochosas, São conhecidos como asfaltos naturais (SHREVE; BRINK,1980).

A partir de 1909 iniciou-se o emprego de asfalto derivado do petróleo, o qual, pelas suas características de economia e pureza, em relação aos asfaltos naturais, constitui a principal fonte de abastecimento de asfalto. O resíduo obtido, após a remoção dos demais destilados de petróleo é o cimento asfáltico de petróleo. (MORGAN; MULDER, 1995).

O cimento asfáltico de petróleo (CAP), obtido nas refinarias de petróleo por diversos processos de obtenção não pode ser aplicado para diversos tipos de serviço se este não sofrer algum tipo de modificação em sua estrutura, devido principalmente à sua elevada susceptibilidade térmica, ou seja, por amolecer com facilidade em temperaturas acima de 40°C e tornar-se quebradiço em temperaturas abaixo de 5°C (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), 2010 a).

Para que o asfalto seja apropriado a diversas aplicações é necessário que passe por algum processo de modificação e um destes processos é a oxidação. Oxidar um asfalto é basicamente submetê-lo a uma elevada temperatura, normalmente acima de 200°C, com a introdução de oxigênio extraído do próprio ar por meio de compressores, fazendo com que haja uma transformação de suas propriedades, de forma tal, que este se torne aplicável às diferentes solicitações (VIAPOL,2008).

Uma das aplicações do asfalto oxidado é a de impermeabilização na qual entende-se por um conjunto de produtos e serviços destinados a conferir estanqueidade às partes de uma construção. Ou seja, é um conjunto de operações e técnicas construtivas por uma ou mais camadas que tem por finalidade proteger as construções contra a ação deletéria de fluidos, de vapores e da umidade (ABNT, 2010 b).

Existem materiais que ajudam a acelerar o processo de modificação do asfalto, objetivando economizar tempo, energia e ainda melhorar as propriedades físicas do material final.

Não existem muitos estudos relacionados à otimização desse processo, porém os poucos estudos que existem mostraram mudanças significativas quando utilizou-se a cera de polietileno. A incorporação da cera diminui o tempo de processo e melhora as propriedades físicas como ponto de amolecimento, penetração e viscosidade, além de preservar características importantes do mesmo, pois nos processos usuais de oxidação ocorrem perdas de elementos essenciais para a qualidade do asfalto. (ABNT, 2002).

Neste trabalho comparou-se e analisou-se o desempenho do asfalto modificado pela adição de cera de polietileno em comparação com o asfalto modificado por oxidação.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Histórico do Asfalto

Segundo Dantas e Gurgel (2014), o petróleo é uma mistura líquida complexa de compostos orgânicos e inorgânicos, na qual existe uma grande predominância de hidrocarbonetos. Essa complexa mistura é de origem natural decorrente da decomposição de matéria orgânica depositada no fundo de mares e lagos que sofreram transformações químicas pela ação de temperatura, pressão, pouca oxigenação e bactérias. Todos os tipos de petróleos contêm efetivamente os mesmos hidrocarbonetos, porém em diferentes quantidades e através da refinação do petróleo bruto pode se obter diferentes produtos para diversas utilidades. A refinação do petróleo consiste em uma série de operações físicas e químicas capazes de fracionar ou separar subprodutos do petróleo bruto.

Os subprodutos incluem o asfalto, o óleo combustível residual, o coque e o petrolato. São coprodutos, ou resíduos, do processo normal de refinação. O coque de petróleo é usado comercialmente para fabricação de eletrodos, na fabricação do carvão de cálcio, em tintas e na indústria de cerâmica. O asfalto, de grande importância, é usado como material de pavimentação ou como material para telhados, em estruturas à prova de água. As propriedades do asfalto podem ser marcadamente alteradas pelo aquecimento a alta temperatura e pela oxidação provocada pela sopragem de ar. O material resultante, o asfalto oxidado, é mais viscoso e menos resiliente que o asfalto ordinário e amplamente usado em telhados e como massa ligante. O asfalto muito duro é um tanto usado como aglutinante de briquetes. (SHREVE, 1980).

Para Castro (2003), os primeiros asfaltos empregados eram encontrados na natureza em camadas geológicas, geralmente utilizados como argamassas moles e prontas para o uso. Este material passou a ser conhecido como asfalto natural e foi amplamente explorado até o início do século 20. De acordo com o Selmo (2002), o asfalto é um dos mais antigos materiais usados pelo homem, podendo-se citar os seguintes registros históricos clássicos de aplicação: como material de assentamento de alvenarias, na Mesopotâmia; como material impermeabilizante, na Arca de Noé (Bíblia); em serviços de mumificação, pelos egípcios.

As primeiras aplicações em pavimentos, na França (1802), Estados Unidos da América (1838) e Inglaterra (1869), foram realizadas com betumes de jazidas naturais. A partir de 1909 iniciou-se o emprego de asfalto derivado do petróleo, o qual, pelas suas características de economia e pureza, passou a ser o material mais utilizado para pavimentação de estradas, impermeabilização e pinturas industriais de proteção (CASTRO, 2003).

## **2.2 Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP)**

A obtenção de asfalto é realizada através da destilação de tipos específicos de petróleo, na qual as frações leves (gasolina, diesel e querosene) são retiradas no refino. O produto resultante deste processo passa a ser chamado de Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP).

O CAP é um material termo sensível utilizado principalmente para aplicação em trabalhos de pavimentação, pois, além de suas propriedades aglutinantes e impermeabilizantes, possui características de flexibilidade e alta resistência à ação da maioria dos ácidos inorgânicos, sais e álcalis. Em suas aplicações, o CAP deve ser homogêneo e estar livre de água, e para que sua utilização seja adequada, recomenda-se o conhecimento prévio da curva de viscosidade/temperatura.

O CAP é aplicado em misturas a quente, tais como pré-misturados, areia-asfalto e concreto asfáltico; recomenda-se o uso dos 30/45, 50/70 e 85/100, com teor de asfalto de acordo com o projeto respectivo.

## **2.3 Cera de Polietileno: Características e aplicações**

A cera Hi-Wax trata-se de um composto de polietileno (PE) de baixa massa molecular fabricado por polimerização direta, uma técnica desenvolvida pela Mitsui Chemicals, Inc. com base na tecnologia de polimerização de Ziegler, e poliolefinas de baixa massa molecular, feitas por um processo de craqueamento térmico. As principais características desta cera são: o baixo ponto de fusão (menor do que 150°C); baixa viscosidade após a fusão; excelente resistência ao calor e estabilidade térmica; excelente resistência química e propriedades de isolamento elétrico; boa afinidade com polímeros polares, produtos químicos inorgânicos e metais e fácil pulverização (MITSUI CHEMICALS INC., 2007).

De acordo com Mitsui (2007) Hi-Wax é mais estável do que as outras na qualidade de ceras naturais e sintéticas, e uma ampla variedade de tipos são comercialmente disponíveis. Essas ceras estão sendo usadas para uma ampla gama de aplicações, incluindo aquelas em áreas de alta tecnologia, tais como toners para cópia em papel e filmes condensadores simples, bem como os usos tradicionais, inclusive de dispersantes de pigmentos, agentes de deslizamento e agentes desmoldantes para a moldagem de diversas resinas sintéticas, melhorador de resistência à abrasão de tinta de impressão, produtos auxiliares para tratamento de matérias têxteis, etc.

Segundo o mesmo autor cada grau de Hi-Wax Mitsui possui características distintas que podem efetivamente funcionar por meio de seu uso adequado. Diferentes tipos de Hi-Wax

podem ser classificados de acordo com: tipo de densidade de polimerização, tipo de polimerização de baixa densidade, tipo de valor ácido, tipo modificada com ácido, tipo modificado por monômero especial, tipo craqueado-PE de baixa densidade, e PP-tipo craqueado. Juntamente com as propriedades como desprendimento, ajuste de viscosidade, compatibilidade, propriedades de deslizamento e propriedades de modificação de superfície, existem mais de 30 graus que estão abrindo as possibilidades de sua utilização em novos campos através da utilização adequada destas propriedades e qualidades.

#### **2.4 Oxidação do Asfalto**

Para que o asfalto seja apropriado às diversas aplicações é necessário que passe por algum processo de modificação e um destes processos é a oxidação.

Oxidando um asfalto é basicamente submetê-lo a um aquecimento acima de 200°C, com a introdução de oxigênio extraído do próprio ar por meio de compressores fazendo com que haja uma transformação de suas propriedades de forma tal que este se torne aplicável às diferentes solicitações (VIAPOL, 2008).

Neste processo, as cadeias hidrocarbônicas sofrem um aumento em sua massa molecular, devido à destilação dos componentes mais voláteis pela ação da temperatura e principalmente pela introdução do oxigênio, fazendo com que haja uma reação conhecida como oxidação. Pela ação dos catalisadores a velocidade de reação é alterada, permitindo que a oxidação se processe de forma mais rápida e homogênea em toda a massa, além de possibilitar um maior controle do processo e das características do produto final (BROCK, 1994). De acordo com o mesmo autor quanto maior a superfície de asfalto exposta ao ar, maior será a quantidade da reação química. A reação acontece na superfície de contato.

A necessidade de melhoria contínua no produto, a satisfação do cliente e a competitividade do mercado, fazem com que novas matérias-primas sejam estudadas, de modo que o produto final e/ou processo seja inovado, a fim de diminuir custos e tempo de processo.

A modificação do asfalto com os polímeros tem como objetivo reduzir a energia empregada, a temperatura, o tempo de processo e incorporar melhores características físico-químicas ao produto final. As principais características do asfalto polimérico são: maior coesão entre as partículas; melhora à resistência a fadiga; melhora do ponto de amolecimento e a penetração do material sem que haja um aumento significativo de viscosidade, características nas quais aumenta o leque de aplicações do asfalto, o custo benefício, fazendo

com que esse material seja amplamente utilizado no mercado e principalmente na construção civil (ABNT, 2002).

## **2.5 Impermeabilização**

Desde muito tempo procuram-se soluções a fim de proteger a vida útil das construções, no constante trabalho de resistir às infiltrações, ou seja, de proteger-se contra as intempéries: vento, neve, sol e chuva. A água é a grande responsável por 85% dos problemas das edificações, segundo levantamentos realizados junto a setores ligados à construção civil. Em cada um dos estados físicos da água (gasoso/líquido/sólido) ela tem um grau de agressividade. No Brasil não se encontra água no estado sólido (neve), mas em compensação tem-se na forma gasosa, que é muito perigosa devido à capacidade de penetração, que é muito maior do que no estado líquido. Apesar de sua importância vital, ela é o agente canalizador ou provocador da corrosão, causando deterioração e envelhecimento da obra. A impermeabilização é a atividade da engenharia que visa a proteção das obras e edificações e, ainda, visa manter a água onde se deseja, a fim de evitar as agressões e a deterioração (SHREVE, 1980).

Pode-se dizer que os primeiros materiais usados pelo homem foram os betuminosos, ou seja, os asfaltos e alcatrões; produto tradicional usado nos banhos romanos e proteção das estacas de madeira na antiguidade. Isto se deve a suas inúmeras características: aglomerante, hidrófugo, quimicamente inerte e apresenta sensibilidade à temperatura (o que facilita sua aplicação). Além disso, melhora a estanqueidade das construções (fissuras e trincas). A partir da primeira metade do século XIX, houve um grande avanço na área da impermeabilização através da Revolução Industrial. Antes as construções eram pequenas e com coberturas muito inclinadas para o melhor escoamento da água. Com a industrialização, começou-se a construir grandes vãos horizontais (lajes planas) havendo assim vazamentos frequentes. Mas desde esta época o betume já era conhecido, com isso lançou-se o asfalto sobre as lajes planas (fábricas da Inglaterra) (MORGAN, 1995).

Começaram a surgir os primeiros problemas provocados pelas trincas devido aos efeitos térmicos, pois no calor a estrutura expande, e no frio ela retrai, causando assim fissuras e trincas. Surgiram então os primeiros estruturantes, baseados em produtos da indústria têxtil, que era a grande necessidade de soluções de impermeabilização. Foi a primeira noção de um processo que aliava impermeabilizante e estruturante. Com o grande desenvolvimento da indústria dos polímeros sintéticos, a partir do início do século XX, surgiram novos materiais, cujas características de impermeabilidade, elasticidade, extensibilidade, etc., possibilitaram o

desenvolvimento dos sistemas de impermeabilização de desempenho comparável ao feltro asfáltico, apresentando, em geral, maior facilidade de execução (ARANTES, 2007).

De acordo com Arantes (2007), mundialmente o asfalto é utilizado com a finalidade de pavimentação. Sabe-se que 94% de toda a malha rodoviária nos Estados Unidos são de asfalto e consome-se uma quantidade significativa na indústria de materiais de impermeabilização e em numerosos e variados produtos.

No início do século XX os asfaltos empregados eram gerados como resíduos, pela destilação do petróleo tornando o material mais popular e os produtos mais comuns eram asfaltos oxidados (à quente, e em õprimersö e membranas); Mantas de Asfalto oxidado com reforço; Emulsões e soluções asfálticas (aplicação a frio); Feltros asfálticos; Mastiques; Asfaltos modificados com polímero. (FIGUEIREDO, s.d).

Estes eram inicialmente empregados em sistemas de impermeabilização que eram compostos por várias camadas de um papel kraft betumado denominado de feltro asfáltico intercalados pela aplicação de asfalto modificado e/ou oxidado. Nesta mesma época a Europa e os Estados Unidos já desenvolviam o sistema de impermeabilização asfáltica pré-fabricada, o qual consiste na impregnação de estruturantes resistentes à temperatura com uma massa de asfalto modificado e oxidado, nascendo assim as membranas asfálticas pré-fabricadas ou simplesmente manta asfáltica, nome que se popularizou devido a facilidade de utilização e do desempenho proporcionado (BERNUCCI et al,2006).

A manta asfáltica era então aplicada em sua grande maioria utilizando-se o asfalto oxidado como adesivo entre a manta e o substrato. Neste sistema a manta é aderida ao substrato através de uma camada de asfalto fundido à quente aplicando-se uma demão do asfalto com cerca de dois milímetros de espessura e simultaneamente desenrola-se a manta sobre o asfalto ainda quente. As emendas das mantas também recebem um banho de asfalto oxidado para conferir uma perfeita vedação. (AKZO NOBEL, 2011).

Este processo é ainda hoje empregado em várias obras de impermeabilização, mesmo com o avanço da colagem de mantas com o uso de maçaricos.

## **2.6 Ensaios de caracterização de desempenho**

A Associação Brasileira de Normas Técnicas especifica alguns requisitos mínimos necessários para a aceitação de mantas asfálticas utilizadas para impermeabilização. Esses requisitos mínimos foram elaborados no Comitê Brasileiro de Impermeabilização pela Comissão de Estudo de Sistemas de Mantas Asfálticas, visando padronizar e estabelecer

métodos e ensaios necessários para a verificação da qualidade e eficácia dos produtos finais (ABNT, 2007).

Os ensaios de caracterização de desempenho do produto além de serem importantes para avaliar a qualidade final do produto são também importantes para assegurar ao cliente a reprodutibilidade do produto e a eficácia do mesmo (NORONHA, 2003).

## 2.6.1 DETERMINAÇÃO DO PONTO DE AMOLECIMENTO - MÉTODO DO ANEL E BOLA

A amostra moldada em anéis padronizados é resfriada inicialmente a temperatura ambiente e, na sequência, em banho de água ou glicerina com temperaturas controladas de 4°C a 6°C, estando os anéis suspensos pelo suporte de anéis e termômetro. Após o tempo de resfriamento, as esferas são colocadas sobre a superfície da amostra e mantidas pelas guias. Em seguida, o conjunto é levado ao aquecimento em uma taxa constante, que promove o amolecimento da amostra, a qual cede ao peso das esferas, sendo lidas as temperaturas no instante em que cada esfera toca a placa de referência do suporte de anéis e termômetro. (ABNT, 2008).

De acordo com o procedimento padrão da empresa Viapol (2010), a determinação do ponto de amolecimento é realizada da seguinte forma:

- Preparação da amostra (Selecionar uma amostra representativa do material a ensaiar);
- Fundir a amostra cuidadosamente, sob agitação até que se torne suficientemente fluída para escoar;
- Moldar o(s) anel (eis) com a amostra e deixá-lo(s) por um mínimo de 2 horas em banho de água à temperatura ambiente;
- Encher o béquer com glicerina até 450 ml; Colocar os guias sobre os anéis e colocar o conjunto todo (suporte completo), dentro do béquer posicionar o termômetro e aguardar cerca de 20 minutos;
- Manter o conjunto (béquer com guias) sobre o suporte e a tela; iniciar o aquecimento utilizando o bico de Bunsen;
- A velocidade de aquecimento deve ser igual a  $5 \pm 0,5$  °C/minuto.

## 2.6.2 DETERMINAÇÃO DA PENETRAÇÃO EM MATERIAIS ASFÁLTICOS

Segundo a ABNT (2007), a determinação da penetração é definida pela distância em décimos de milímetros que uma agulha padronizada penetra verticalmente a amostra sob condições pré-estabelecidas de peso, temperatura e tempo.

Método de determinação: Colocar o corpo de prova identificado com o número da massa, no banho Maria na temperatura de teste de 25°C e deixa-lo em repouso por

30 minutos; Após término do tempo de estabilização da temperatura (30 minutos) remover a tampa do banho Maria e montar a agulha na haste do Penetrômetro com a carga de  $50 \pm 0,1g$ ; Com o auxílio da pinça colocar o corpo de prova sobre a base de ensaio removendo o excesso de água da superfície do corpo de prova; Com o Penetrômetro zerado posicionar a agulha do Penetrômetro faceando-a com a superfície do corpo de prova; Liberar a agulha (haste com peso) do Penetrômetro sobre o corpo de prova durante 5 segundos. (VIAPOL, 2010).

### 2.6.3 VISCOSIDADE BROOKFIELD

O viscosímetro rotacional é utilizado para caracterizar a rigidez do asfalto, medindo através de uma mola calibrada o torque provocado pelo movimento rotacional do spindle introduzido no fluido para análise. (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004).

**MÉTODO DE ENSAIO:** Colocar a amostra no béquer ou recipiente de 250 mL ou 500 ml até aproximadamente 80% de sua capacidade. Utilizar o banho termostático e o termômetro, ajustar a temperatura da amostra para 25°C; Acoplar o spindle especificado ao viscosímetro; Posicionar o béquer ou recipiente contendo a amostra sob o viscosímetro, abaixando-o até que o spindle esteja mergulhado até o menisco; Selecionar a rotação especificada; Ligar o viscosímetro, aguardar até que o ponteiro se estabilize e efetuar a leitura (VIAPOL, 2011).

Mede-se a viscosidade por centipoises, utilizado pela razão entre L e F, onde L é a leitura efetuada no viscosímetro e F é o fator retirado da Tabela que relaciona o Spindle e a Rotação definidos anteriormente.

## 2.7 Sustentabilidade Industrial

A introdução do conceito de sustentabilidade nas empresas é relativamente nova e busca equilibrar lucros com preservação ambiental. Os negócios sustentáveis se baseiam em um modelo de gestão que considera o lucro, mas também as pessoas e o planeta. É o chamado tripé da sustentabilidade. Independente do porte, cada vez mais empresas assumem esse modelo de gestão e compromissos sociais e ambientais, seja pela consciência de seus donos, as exigências regulatórias dos governos ou mesmo a cobrança dos consumidores (GOVERNO FEDERAL, 2012).

A sustentabilidade tem sido tratada como fator de diferenciação e competitividade e nos últimos anos, o termo "Responsabilidade Social Empresarial" esteve em bastante evidência perante a sociedade civil e com isso, as empresas buscam fortalecer cada vez mais suas estratégias, investindo em projetos sustentáveis e economicamente viáveis, adquirindo energia de fontes renováveis, com foco nas práticas socioambientais, adotam práticas sustentáveis com o interesse em atrair investidores que possuem essa preocupação. Para os investidores, companhias que investem em práticas socioambientais geram valor de mercado a longo prazo, possuem melhores desempenhos e menores riscos. Para que uma companhia seja sustentável, ela deve conseguir combinar o desenvolvimento socioeconômico com a utilização de recursos naturais, sem que afete o meio ambiente com a exploração

descontrolada dos recursos naturais e satisfaça as necessidades da população, não comprometendo os recursos para as futuras gerações. Trata-se de um desafio complexo, porém as empresas de diversos segmentos, entre eles, do setor energético, mostram-se dispostas em desenvolver e investir em soluções cujo objetivo é a preservação do meio ambiente (ARAGÃO,2013).

De acordo com Aragão (2013), a geração de energia elétrica está baseada em fontes fósseis, e a energia renovável surge como uma expectativa bastante positiva da nova economia. Nosso país é considerado um dos países geradores de energia elétrica mais limpa do mundo, cerca de 80% da matriz energética provém de fontes renováveis. O Brasil também tem uma ampla diversificação de sua matriz, como, hidrelétricas, termoelétricas, termonucleares e eólicas e o mais importante, condição bem favorável quando comparada ao resto do mundo. Contudo, a geração de energia provoca impactos significantes no ambiente e no clima do planeta, por exemplo, a perda de biodiversidade com as áreas inundadas e a aceleração do processo de aquecimento global, pois na maioria das vezes a geração de energia libera gases que aquecem a atmosfera. O Brasil precisa de energia para crescer e movimentar sua economia, dessa maneira o desenvolvimento econômico é um dos vetores fundamentais do aumento no consumo de energia. Um grande desafio da sustentabilidade é poder conciliar a geração de energia com a preservação ambiental, balanceando desenvolvimento socioeconômico e segurança do meio ambiente.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no laboratório da empresa Viapol, localizada em Caçapava, SP no período de 01 de junho a 31 de julho de 2014.

Neste trabalho, realizou-se um estudo comparativo entre o processo de obtenção do asfalto modificado por oxidação por meio da insuflação de oxigênio e o processo de adição de 2, 3 e 4% em massa da cera de polietileno por meio de uma simples mistura.

Os materiais estudados foram: CAP 50/70 (Puro), CAP 50/70 com 2% de cera, CAP 50/70 com 3% de cera, CAP 50/70 com 4% cera e o Asfalto modificado por oxidação, especificado pela NBR 9910 tipo II. (em Anexo A).

#### 3.1 Processamento do Asfalto

##### 3.1.1 OXIDAÇÃO POR INSUFLAÇÃO DE OXIGÊNIO

O processo de oxidação foi preparado na planta industrial (escala industrial) por meio de insuflação de oxigênio é realizado através da passagem de uma corrente de ar atmosférico por uma massa asfáltica em temperaturas acima de 200°C, conforme o seguinte procedimento: Uma quantidade aproximada de 15 toneladas de asfalto CAP 50/70 com penetração que varia entre 5,0 a 7,0 mm e ponto de amolecimento mínimo de 46°C, previamente aquecido a 140°C é transferido através de sistemas de bombeamento para o reator por batelada (descontínuo). Em seguida, uma quantidade de aproximadamente 10 toneladas de plastificante é transferida para este mesmo reator. A temperatura desta mistura é elevada até aproximadamente 200°C e neste momento inicia-se o processo de sopramento ou insuflamento de ar, o qual é realizado por meio de um compressor tipo roots que irá inserir o ar na mistura asfáltica aquecida por meio de uma tubulação interna no reator.

Este procedimento faz com que esta mistura tenha suas propriedades iniciais modificadas através do aumento no grau de ponto de amolecimento e diminuição da penetração. Os tempos envolvidos neste processo compreendem o período de aquecimento, carregamento do reator, elevação da temperatura e oxidação, resultando em um período total de aproximadamente 14 a 16 horas. Além dos tempos descritos anteriormente, o consumo de energia e mão de obra de operadores são consideráveis.

##### 3.1.2 ADIÇÃO DA CERA DE POLIETILENO

O processo de incorporação da cera consistiu na adição de 2 a 4% da cera de polietileno sobre a massa total de asfalto.

O procedimento realizou-se em escala de laboratório da seguinte forma: Em um béquer apropriado, aproximadamente 1000,0 g de asfalto CAP 50/70 previamente aquecido à temperatura de 140 °C teve sua temperatura elevada até 180°C por meio da utilização de uma chapa aquecedora; em seguida, uma quantidade de cera de polietileno (à frio), foi pesada partindo-se inicialmente de uma massa de 20,0 g. Esta cera foi incorporada no asfalto com o auxílio de agitação mecânica por aproximadamente 15 minutos (figura 1).

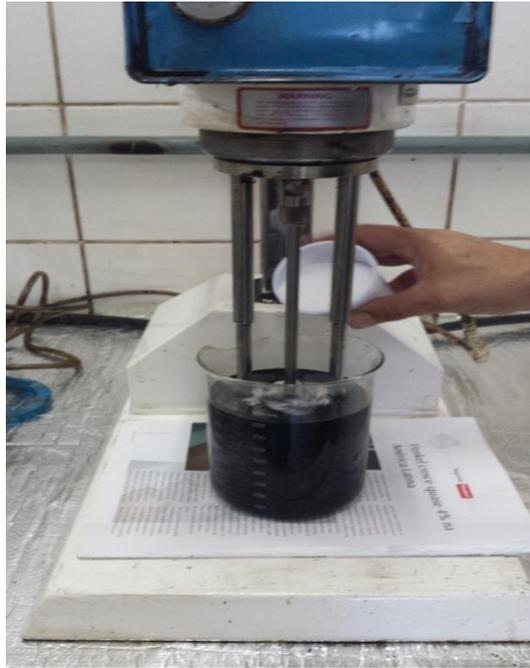


Figura1 - Incorporação da cera no asfalto CAP 50/70.

Ao final deste procedimento, foram tomadas amostras para o ensaio de ponto de amolecimento e penetração e se os resultados estivessem de acordo com a especificação, seria realizado o ensaio de viscosidade, caso contrário, o procedimento deveria ser retomado com a utilização de uma amostra com outra porcentagem de cera.

Os dados obtidos pelos dois processos foram avaliados e comparados com a literatura e especificação.

## **3.2 Análises**

### **3.2.1 ENSAIO DE PENETRAÇÃO**

Define-se penetração pela distância em décimos de milímetro que a agulha padronizada penetra verticalmente na amostra de material sob condições prefixadas de carga, tempo e temperatura. O objetivo da análise é descrever o método de ensaio para determinação da penetração de massas asfálticas.

**Aparelhagem:**

Para este ensaio foram utilizados:

- Penetrômetro Universal: O Penetrômetro deve ter precisão de 0,1 mm que possa medir com tolerância de  $\pm 0,1$  mm.
- Banho Maria Eletrônico: Banho Maria com Sistema de agitação motor/hélice e termostato para temperaturas entre 25°C e 80°C com precisão de 0,5°C que possa medir com tolerância de  $\pm 1,5^\circ$  C.
- Cronômetro com precisão de 0,5 s. que possa medir com tolerância de  $\pm 0,5$  s.
- Pinça.

**Preparação do Corpo de Prova**

Aqueceu-se a amostra em uma estufa em um recipiente de metal, cilíndrico e de fundo plano de dimensões (55 x 35). Quando a amostra tornou-se suficientemente fluida, esta foi submetida à agitação constante e elevação da temperatura até no máximo 90°C. Com cuidado para não incluir bolhas de ar na amostra, esta foi transferida para o recipiente de penetração de modo que quando o material resfriasse tivesse no mínimo 120% da profundidade da penetração esperada.

Colocou-se uma tampa para evitar contaminações e deixou-se resfriar em temperatura ambiente entre 45 a 90 minutos. Em seguida colocou-se o material na cuba de transferência e o manteve em banho d'água.

**Procedimento Analítico**

- Colocou-se o corpo de prova identificado com o n° da massa, no banho Maria na temperatura de teste de 25°C e este permaneceu em repouso por 30 minutos
  - Após o término do tempo de estabilização da temperatura (30 minutos) removeu-se a tampa do banho Maria e montou-se a agulha na haste do Penetrômetro com a carga de 50,1g.
  - Com o auxílio da pinça colocou-se o corpo de prova sobre a base de ensaio removendo o excesso de água da superfície do corpo de prova.
  - Com o Penetrômetro zerado posicionou a agulha do Penetrômetro faceando-a com a superfície do corpo de prova, como mostrado na figura 2.
  - Liberou-se a agulha (haste com peso) do Penetrômetro sobre o corpo de prova durante 5 segundos e anotou-se o valor obtido.

- Retornou-se o corpo de prova para o banho Maria, aguardou-se 3 minutos, e reiniciou-se o procedimento a partir 3º item.
- Foram feitas cinco medidas.



Figura 2- Ensaio de Ponto de penetração

### 3.2.2 DETERMINAÇÃO DO PONTO DE AMOLECIMENTO

O ponto de amolecimento é a média das temperaturas lidas, em graus Celsius, no momento em que cada uma das esferas padronizadas, após terem atravessado um anel, igualmente padronizado, contendo o material e percorrido uma distância de 25,4 mm, sob condições especificadas, tocam a placa de referência do suporte de anéis e termômetro. O objetivo da análise é determinar o ponto de amolecimento de matérias asfálticas.

#### **Equipamentos e Reagentes**

Os equipamentos e reagentes utilizados foram

- Equipamento Automático para Ponto de Amolecimento;
- Béquer de 600 ml;
- Sensor de temperatura;
- Anéis (figura 3);
- Esferas de aço, com 9,50mm de diâmetro e 3,45 +/- 0,005 g (figura 4);
- Suporte (figura 5);
- Guia de esferas: dispositivo que mantém as esferas centralizadas;
- Glicerina Técnico.

### Preparação do Corpo de Prova

A amostra foi fundida cuidadosamente, sob agitação, até que se tornasse suficientemente fluida para escoar. Os anéis foram moldados com a amostra e em seguida deixados por 2 horas em banho de água à temperatura ambiente.

### Procedimento analítico

- Encheu-se o béquer com glicerina até 450 ml;
- Foram colocados os guias sobre os anéis e colocou-se o conjunto todo (suporte completo). Dentro do béquer posicionou-se o sensor de temperatura, o qual permaneceu por cerca de 15 minutos, figura 6;
- Iniciou-se o aquecimento e a agitação magnética no equipamento automático;
- A velocidade de aquecimento foi tal que a temperatura aumentasse  $5 \pm 0,5^\circ\text{C}/\text{minuto}$ ;
- Anotou-se a temperatura indicada no termômetro no instante em que o material que envolve a esfera tocou a placa metálica inferior, de acordo com as figuras 7 e 8;
- A análise foi realizada cinco vezes.



Figura 3- Anéis utilizados no ensaio de determinação do ponto de amolecimento



Figura 4 - Esferas utilizadas no ensaio de determinação do ponto de amolecimento

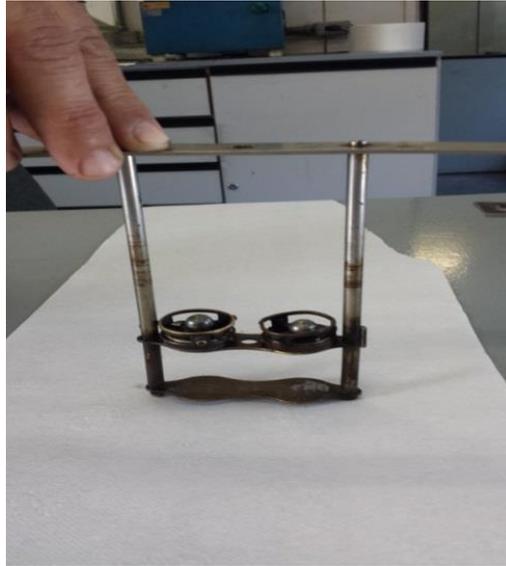


Figura 5 - Suporte utilizado no ensaio de determinação do ponto de amolecimento



Figura 6 - Preparação para a análise de ponto de amolecimento



Figura 7 - Ponto de Amolecimento

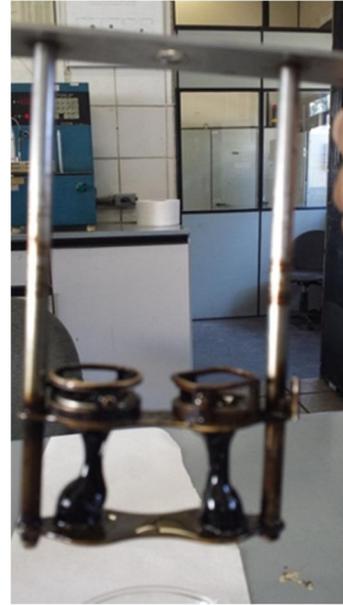


Figura 8 - Asfalto Amolecido

### 3.2.3 VISCOSIDADE BROOKFIELD

O objetivo da análise é determinar a viscosidade de líquidos utilizando o Viscosímetro Brookfield, modelo RVT acoplado ao Thermosel, figura 9.



Figura 9 - Aparelho viscosímetro de Brookfield modelo RVT acoplado ao Thermosel

#### Material/Aparelhagem

- Amostra da substância estudada.
- Viscosímetro Brookfield modelo RVT, com precisão de 1% que possa medir com tolerância de  $\pm 3\%$ .
- Thermosel ó Unidade de aquecimento com câmara isolada para manutenção da temperatura de ensaio e controlador de temperatura digital.

**Procedimento analítico**

Inicialmente tomou-se uma amostra de aproximadamente 50,0 g do asfalto a ser analisado. Em seguida esta amostra foi aquecida à temperatura de aproximadamente 150°C. O aquecimento e a agitação magnética foram realizados no equipamento automático.

Em seguida foi transferida uma alíquota de aproximadamente 15,0 g para o recipiente de ensaio e o mesmo foi colocado na câmara de aquecimento Thermosel. Na sequência, a temperatura foi ajustada para 180°C, e aguardou-se a estabilização da mesma.

Após a temperatura estabilizada, o spindle (haste) foi introduzido no material e conectado ao Viscosímetro Brookfield, aguardando-se cerca de 5 minutos.

Após este procedimento, o Viscosímetro foi acionado para leitura da viscosidade rotacional.

Repetiu-se o ensaio cinco vezes.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com os resultados das análises, foram realizados o cálculo da média e o desvio padrão. A equação 1 foi utilizada para o cálculo da média:

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{N} \quad .(1)$$

A equação 2 foi utilizada para o cálculo do desvio-padrão:

$$S: \sqrt{\frac{(\sum x_i - \bar{x})^2}{N-1}} \quad .(2)$$

### 4.1 Ensaio de Penetração

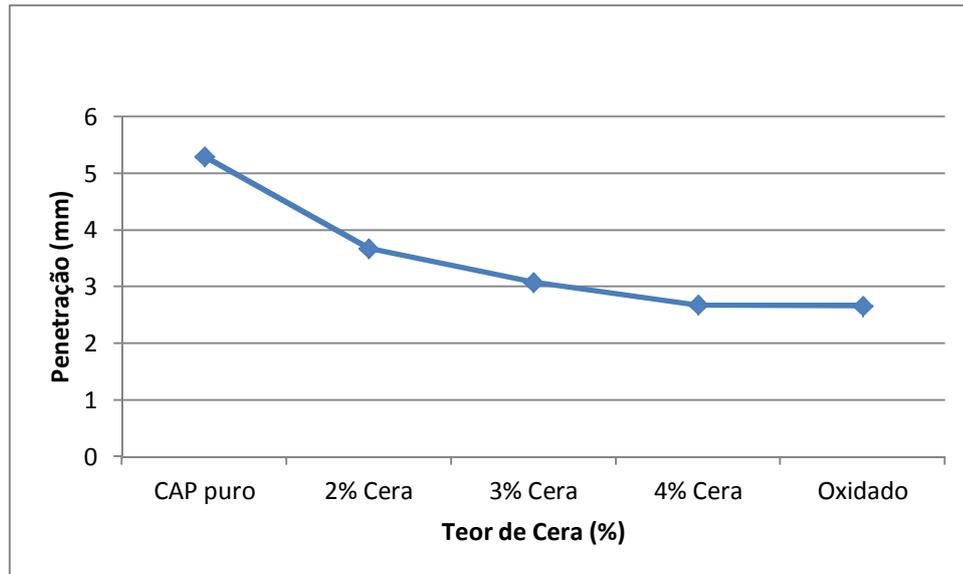
Na tabela 1 estão apresentados os resultados obtidos no ensaio de penetração para os materiais estudados.

**Tabela1: Resultados obtidos no ensaio de penetração**

<b>Materiais</b>	<b>Valores obtidos (mm)</b>					<b>Média da População</b>	<b>Desvio Padrão</b>
CAP 50/70 puro	5,34	5,52	5,16	5,20	5,28	5,30	0,14
CAP 50/70 com 2% de cera	3,70	3,60	3,60	3,70	3,80	3,68	0,08
<b>CAP 50/70 com 3% de cera</b>	<b>3,00</b>	<b>3,10</b>	<b>3,10</b>	<b>3,00</b>	<b>3,20</b>	<b>3,08</b>	<b>0,08</b>
CAP 50/70 com 4% de cera	2,70	2,70	2,60	2,70	2,70	2,68	0,07
Asfalto Oxidado(NBR II)	2,60	2,50	2,70	2,60	2,90	2,66	0,15

Analisando a tabela 1, observa-se que com o aumento da porcentagem de cera, ocorreu a diminuição da penetração dos materiais e que a porcentagem de cera que mais se assemelha ao asfalto oxidado (padrão NBR II) é a de 4 %, porcentagem esta, na qual os valores médios são praticamente iguais considerando o desvio padrão. O teor de 3% de adição de cera também se enquadra na especificação requerida pela norma.

O gráfico 1 demonstra a relação entre os resultados médios obtidos com as diferentes porcentagens de cera.



**Gráfico1 - Resultados do ensaio de penetração**

#### 4.2 Ponto de Amolecimento

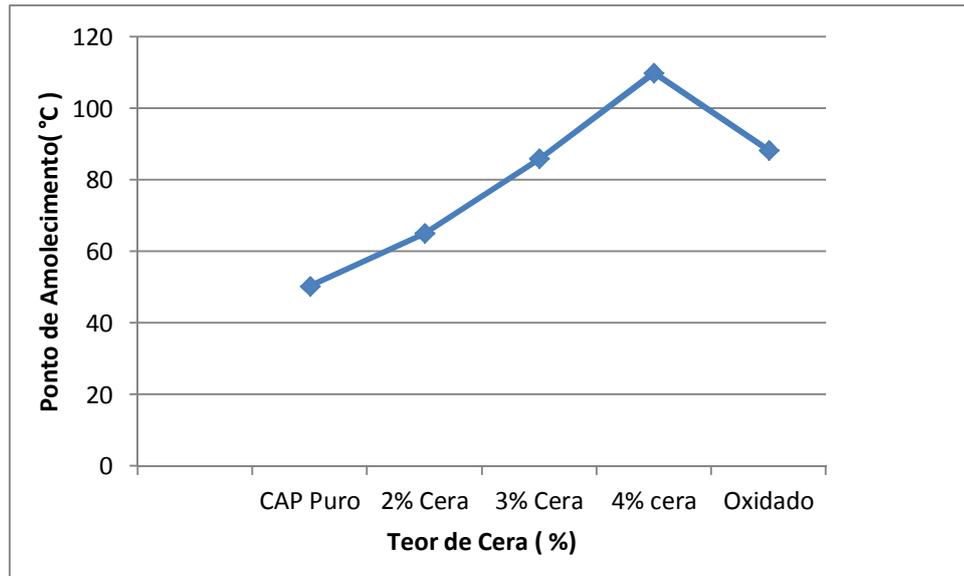
Na tabela 2 estão apresentados os resultados referentes à análise de amolecimento.

**Tabela 2 - Resultados obtidos no ensaio do ponto de amolecimento**

Materiais	Valores obtidos (°C)					Média da população	Desvio Padrão
CAP 50/70 puro	50,5	49,8	51,7	49,7	50,1	50,4	0,81
CAP 50/70 com 2% de cera	64,6	64,8	65,3	65,1	65,7	65,1	0,43
<b>CAP50/70 com 3% de cera</b>	<b>85,9</b>	<b>85,6</b>	<b>86,0</b>	<b>85,7</b>	<b>86,6</b>	<b>86,0</b>	<b>0,39</b>
CAP 50/70 com 4% de cera	109,6	110,4	110,8	109,1	110,0	110,0	0,66
Asfalto Oxidado (NBRII)	88,8	88,8	89,0	87,5	88,9	88,4	0,66

Observa-se que à medida que aumenta a porcentagem de cera, aumenta o ponto de amolecimento. Contudo o CAP 50/70 com 3% de cera é o que mais se assemelha com o padrão NBRII.

No gráfico 2 pode-se observar a relação entre os materiais analisados e seus respectivos resultados obtidos na análise do ponto de amolecimento.



**Gráfico 2 - Resultados do ensaio do ponto de amolecimento.**

### 4.3 Resultados da Viscosidade Brookfield

Os resultados da análise de viscosidade Brookfield dos materiais estudados estão apresentados na tabela 3.

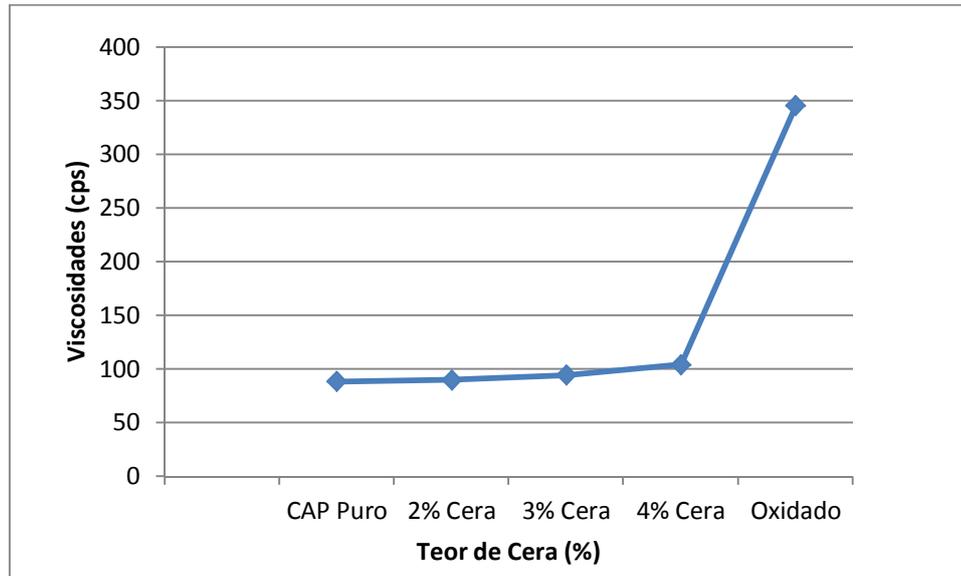
**Tabela 3- Resultados referentes à análise de Viscosidade Brookfield**

Materiais	Valores obtidos (cps)					Média da População	Desvio Padrão
CAP 50/70 puro	78,0	92,0	86,0	94,0	92,0	88,4	6,54
CAP 50/70 com 2% de cera	86,0	84,0	91,0	96,0	92,0	89,8	4,82
<b>CAP 50/70 com 3% de cera</b>	<b>96,0</b>	<b>94,0</b>	<b>94,0</b>	<b>92,0</b>	<b>96,0</b>	<b>94,4</b>	<b>1,67</b>
CAP 50/70 com 4% de cera	102,0	106,0	104,0	103,0	106,0	104,2	1,79
AsfaltoOxidado (NBRII)	324,0	346,0	361,0	352,0	344,0	345,4	13,67

Observa-se que o asfalto oxidado possui maior viscosidade em comparação às outras amostras, o que dificulta a aplicação, ou seja, precisa-se de uma temperatura de aplicação muito elevada para se obter a viscosidade e fluidez perfeita para que haja uma cobertura ideal da área aplicada.

O gráfico 3 realça os resultados do ensaio de viscosidade, onde pode-se observar que a medida que aumenta a porcentagem de cera, a viscosidade aumenta. Porém o asfalto oxidado padrão NBRII possui viscosidade quase 3 vezes maior

quando comparado ao maior resultado do apresentado, o do CAP 50/70 com 4% de cera.



**Gráfico 3 - Resultados do ensaio da viscosidade**

A tabela 4 apresenta a comparação de todos os valores médios obtidos em todos os ensaios realizados.

**Tabela 4 - Resultados médios dos ensaios de penetração, ponto de amolecimento e viscosidade.**

Material	CAP 50/70 Puro	CAP 50/70 2% de cera	CAP 50/70 3% de cera	CAP 50/70 4% de cera	Asfalto Oxidado (NBR II)
Penetração (mm)	5,3 ± 0,14	3,68 ± 0,08	<b>3,08 ± 0,08</b>	2,68 ± 0,07	2,66 ± 0,15
Ponto de amolecimento (°C)	50,4±0,81	65,1±0,43	<b>86,0±0,39</b>	110,0±0,66	88,4±0,66
Viscosidade 180°C (cps)	88,4±6,54	89,8±4,82	<b>94,4±1,67</b>	104,2±1,79	345,4±13,67

A partir da tabela 4 observou-se que à medida em que um maior teor de cera de polietileno é adicionado, a penetração diminui, o ponto de amolecimento aumenta, porém não se observa um aumento expressivo na viscosidade, o que é um fator importante na aplicabilidade do produto.

Estes dados demonstraram que com a utilização da cera de polietileno como agente de modificação do asfalto foi possível a obtenção de um produto final com as mesmas características preconizadas pela norma ABNT, porém com alguma vantagens técnicas, econômicas e também de segurança. O asfalto obtido através do processo de oxidação por sopramento demanda um tempo de processo de aproximadamente 10 horas com elevadas

temperaturas ( acima de 250°C) com perdas de materiais voláteis, ao passo que na adição de cera de polietileno este processo irá requerer temperatura máxima de 180°C, com tempo total de processo de no máximo 3 horas, sem que ocorra perdas significativas dos compostos voláteis do asfalto.

Certamente este diferencial no tempo de processo irá reduzir significativamente a quantidade de energia (calor) necessária para a fabricação o que deverá ser avaliado no aspecto econômico do custo do material.

Existe ainda uma vantagem no aspecto da aplicação do produto em obra, pois com o asfalto por oxidação, existe a necessidade de aquecimento na ordem de 180 ó 190 °C para que se obtenha a viscosidade ideal de aplicação, enquanto que no asfalto modificado com a cera, esta temperatura para se obter a viscosidade ideal cai para 140 ó 150°C, o que vem colaborar no aspecto de energia utilizada e segurança do usuário final.

Com os resultados obtidos observou-se que a porcentagem que mais se adequa aos padrões da especificação NBII é de 3% de cera.

O ponto de penetração está dentro do especificado (anexo A), o ponto de amolecimento está próximo ao do asfalto oxidado padrão e a viscosidades está menor fator que melhora as condições de aplicação do produto final.

## **5 CONCLUSÃO**

A utilização da cera de polietileno pode ser uma alternativa de grande interesse na modificação de asfalto para uso em impermeabilização.

O teor ideal de cera avaliado neste trabalho foi de 3%, porém outros teores intermediários poderão ser analisados com maior critério a fim de se estabelecer um teor ótimo de mistura que melhor se adeque ao custo/benefício.

A incorporação desta cera no asfalto faz com que as propriedades de ponto de amolecimento e penetração sejam obtidas através de um processo simples com menor gasto de energia e tempo quando comparados ao processo tradicional de oxidação o qual requer cerca de 5 a 6 vezes a mais de tempo para obter os mesmos resultados encontrados na cera.

Outro aspecto importante deste estudo foi a constatação de que com a utilização da cera de polietileno várias propriedades do asfalto foram preservadas, dentre elas, a mais importante é a viscosidade, pois na aplicação final do produto acabado irá requerer uma temperatura menor de aplicação mantendo o mesmo desempenho do produto final desejado.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9575: Impermeabilização ó seleção e projeto. Rio de Janeiro, 2010 (a).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR9575: Impermeabilização ó seleção e projeto. Rio de Janeiro, 2010(b).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6560: Materiais betuminosos ó determinação do ponto de amolecimento ó método do anel e bola. Rio janeiro, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6576: Materiais Betuminosos ó Determinação da penetração. Rio Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15184: Materiais Betuminosos ó Determinação da viscosidade em temperaturas elevadas usando um viscosímetro rotacional. Rio de Janeiro, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9910: Asfalto modificado para impermeabilização sem adição de polímeros- Características de desempenho, Rio de Janeiro, 2002.
- ARANTES, Y. K. Uma Visão Geral sobre Impermeabilização na Construção Civil. Belo Horizonte, 2007. 67 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) ó Engenharia da Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais.
- ARAGÃO, J. Sustentabilidade: òA menina dos olhos da nova economiaö. *Revista Sustentabilidade*, São Paulo, 2013. Disponível em <<http://revistasustentabilidade.com.br/sustentabilidade-a-menina-dos-olhos-da-nova-economia/>>. Acesso em julho 2014.
- AKZO NOBEL SURFACE CHEMISTRY. Asphalt Matters, Amsterdam, p.10-13, 2011.
- BROCK, J.D. *Boletim Técnico Oxidacion del Asfalto*. Chattanooga, 1994.
- BERNUCCI, B.L. et al. Pavimentação Asfáltica, Rio de Janeiro, 2006.
- CASTRO, B. A. C. Construção de Estradas e Vias Urbanas, Belo Horizonte, p.1-5, 2003.
- FIGUEIREDO, A. Materiais Betuminosos para construção civil, São Paulo, p.2-6, sem data.
- GOVERNO FEDERAL. Sustentabilidade: Economia de energia, redução de desperdício e planejamento eficiente da produção podem ampliar a competitividade das empresas, 2012. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2012/02/sustentabilidade>>. Acesso em julho 2014.
- MORGAN, P.; MULDER, A. The Shell Bitumen Industrial Handbook, Londres, p. 117ó145, 1995.
- MUTSUI CHEMICALS. INC. *Manual de publicação Weight Polyolefins Mutsui-Hi - WA* ó *Low Molecular*. Japão, 2007. Disponível em: <[http://www.mitsui-chem.co.jp/techno/prize/index2010\\_2001.htm](http://www.mitsui-chem.co.jp/techno/prize/index2010_2001.htm)>. Acesso em 21 março 2014.

NETO-DANTAS,A.A; GUERGEL, A. Refino de Petróleo e Petroquímica, Rio Grande do Norte, p.3-15,2014.

NORONHA, J. F. Material de apoio às aulas de Análise Sensorial lecionadas, Coimbra, 2000. Disponível em: <[http://www.esac.pt/noronha/A.S/Apontamentos/sebenta\\_v\\_1\\_0.pdf](http://www.esac.pt/noronha/A.S/Apontamentos/sebenta_v_1_0.pdf). > Acesso em março de 2014.

SHREVE, R. N; JR. BRINK, J.A. Refinação do Petróleo. *Indústrias de Processos Químicos*. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1980. p.583ó600.

SELMO, S. Materiais de construção civil I: Materiais Betuminosos, São Paulo, p.3-15, 2002.

VIAPOL. Metodologia Instrução de Trabalho ó Asfaltos Controle de Processos óIT 18 12-UA Rev. 05 de 18/08/2012.

VIAPOL. Metodologia Instrução de Trabalho óFicha de Segurança do Cimento Asfáltico NRII. Rev. 2008.

# ANEXO A à Norma NBR 9910 tipo II



**ABNT - Associação  
Brasileira de  
Normas Técnicas**

Sede:  
Rio de Janeiro  
Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar  
CEP 20003-900 - Caixa Postal 1680  
Rio de Janeiro - RJ  
Tel.: PABX (21) 3974-2300  
Fax: (21) 2240-8249/2220-6436  
Endereço eletrônico:  
www.abnt.org.br

Copyright © 2002,  
ABNT—Associação Brasileira de  
Normas Técnicas  
Printed in Brazil/  
Impresso no Brasil  
Todos os direitos reservados

OUT 2002

**NBR 9910**

## **Asfaltos modificados para impermeabilização sem adição de polímeros - Características de desempenho**

Origem: Projeto NBR 9910:2002  
ABNT/CB-22 - Comitê Brasileiro de Isolação Térmica e Impermeabilização  
CE-22:004.02 - Comissão de Estudo de Materiais Betuminosos  
NBR 9910 - Modified asphalt for waterproofing without polymers - Performance characteristics  
Descriptors: Asphalt. Waterproofing  
Esta Norma substitui a NBR 9910:1987  
Válida a partir de 30.11.2002

Palavras-chave: Asfalto. Impermeabilização

2 páginas

### **Prefácio**

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB) e dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Os Projetos de Norma Brasileira, elaborados no âmbito dos ABNT/CB e ABNT/ONS, circulam para Consulta Pública entre os associados da ABNT e demais interessados.

### **1 Objetivo**

Esta Norma especifica as características de desempenho para os asfaltos modificados sem adição de polímeros, destinados à execução de impermeabilização.

### **2 Referências normativas**

As normas relacionadas a seguir contêm disposições que, ao serem citadas neste texto, constituem prescrições para esta Norma. As edições indicadas estavam em vigor no momento desta publicação. Como toda norma está sujeita a revisão, recomenda-se àqueles que realizam acordos com base nesta que verifiquem a conveniência de se usarem as edições mais recentes das normas citadas a seguir. A ABNT possui a informação das normas em vigor em um dado momento.

- NBR 6293:2001 - Materiais betuminosos - Determinação da ductilidade
- NBR 6560:2000 - Materiais betuminosos - Determinação do ponto de amolecimento - Método do anel e bola
- NBR 6576:1998 - Materiais betuminosos - Determinação da penetração
- ASTM D-6:1995(2000) - Standard test method for loss on heating of oil and asphaltic compounds
- ASTM D-92:1998 - Standard test method for flash and fire points by cleveland open cup
- ASTM D-140:2000 - Standard practice for sampling bituminous materials
- ASTM D-2042:1997 - Standard test method for solubility of asphalt materials in trichloroethylene

### **3 Definições**

Para os efeitos desta Norma, aplicam-se as seguintes definições:

**3.1 asfalto:** Material sólido ou semi-sólido, de cor entre preta e marrom escura, que ocorre na natureza ou é obtido pela destilação de petróleo, que se funde gradualmente pelo calor, e no qual os constituintes predominantes são os betumes.

DOCUMENTO  
CONTROLADO

**3.2 asfalto catalítico:** Produto obtido pela passagem de uma corrente de ar através de uma massa de cimento asfáltico de petróleo em temperatura adequada, com presença de catalisadores adequados ao uso da impermeabilização.

**3.3 asfalto modificado sem adição de polímeros:** Produto sólido de cor entre preta e marrom escura, obtido pela modificação do cimento asfáltico de petróleo, que se funde gradualmente pelo calor, de modo a se obterem determinadas características físico-químicas.

**3.4 asfalto oxidado:** Produto obtido pela passagem de uma corrente de ar, através de uma massa de cimento asfáltico de petróleo, em temperatura adequada.

**3.5 asfalto para impermeabilização:** Produto resultante de uma modificação físico-química do cimento asfáltico de petróleo (CAP).

**3.6 asfalto policondensado:** Produto obtido por reação de condensação em um reator de processo contínuo com variação de pressão, resultando em um aumento médio do peso molecular da massa de cimento asfáltico de petróleo.

**3.7 cimento asfáltico de petróleo (CAP):** Produto obtido no fundo da torre de vácuo, após a remoção dos demais destilados de petróleo.

#### 4 Requisitos

##### 4.1 Classificação

Os asfaltos modificados sem adição de polímeros são classificados nos tipos I, II, III e IV, conforme a tabela 1.

##### 4.2 Geral

Os asfaltos devem ser homogêneos e isentos de água.

##### 4.3 Desempenho

Os asfaltos modificados sem adição de polímeros devem atender aos requisitos apresentados na tabela 1.

Tabela 1 - Requisitos e tipos de asfaltos modificados

Características	Método de ensaio	Tipos de asfalto			
		I	II	III	IV
Ponto de amolecimento, °C	NBR 6560	60 - 75	75 - 95	95 - 105	85 - 105
Penetração (25°C, 100 g, 5 s), 0,1 mm	NBR 6576	25 - 40	20 - 35	15 - 25	40 - 55
Ductilidade (25°C, 5 cm/min) cm, mínimo	NBR 6293	5	-	-	10
Perda por aquecimento em massa (163°C. 5 h) % máx.	ASTM D-6	1	1	1	1
Penetração resíduo (% da penetração original), min.	NBR 6576	60	60	75	60
Solubilidade em CS <sub>2</sub> , % em massa mín.	ASTM D-2042	99	99	99	99
Ponto de fulgor °C mínimo	ASTM D-92	235	235	235	235

NOTA - É recomendável que o mínimo de ponto de amolecimento corresponda ao máximo de penetração e vice-versa, para os quatro tipos de asfalto considerados.

#### 5 Inspeção e amostragem

A inspeção e a amostragem devem atender à ASTM D-140.

#### 6 Aceitação e rejeição

Os requisitos descritos na seção 4, quando verificados numa amostra representativa do lote, devem ser integralmente obedecidos para efeito de aceitação. Caso alguma das condições mencionadas não seja obedecida, o lote todo deve ser rejeitado.

DOCUMENTO  
CONTROLADO

## ANEXO B- Especificação do Cimento Asfáltico 50/70(CAP 50/70 Puro).



Número: 3129-14 G

CÓPIA

### CERTIFICADO DE ENSAIO

Produto: CIMENTO ASFALTICO 50/70		Código: 71K		
Local de Amostragem: TQ 28544111		Laboratório: REVAP/OT/DP		
Data/ hora Amostragem: 31/08/14 02:25		Endereço: Rod Pres Dutra Km 143 Jd Diamante		
Data/ hora Recebimento: 31/08/14 02:55		Rod Pres Dutra Km 143 Jd Diamante		
		Telefone:(012) 3928-6642 Fax: (012) 3928-6408		
Característica	Método	Especificação	Resultado	Unidade
PENETRAÇÃO	D 5	50 a 70	53	0,1 mm
PONTO DE AMOLECIMENTO	D 36	46 min	49,9	grau C
VISCOSIDADE BROOKFIELD 135GC-SP21 20RPM	D 4402	274 min	392	cp
VISCOSIDADE BROOKFIELD 150 GC-SP21	D 4402	112 min	195	cp
VISCOSIDADE BROOKFIELD A 177GC SP21	D 4402	57 a 285	71	cp
RTFOT PENETRAÇÃO RETIDA	D 5	55 min	61	%
RTFOT-AUMENTO DO PONTO DE AMOLECIMENTO	D 36	8 max	4,2	grau C
RTFOT - DUCTILIDADE A 25GC	D 113	20 min	>150	cm
RTFOT VARIACAO EM % MASSA	D 2872	-0,50 a 0,50	-0,200	%
DUCTILIDADE A 25 GC	D 113	60 min	>150	cm
SOLUBILIDADE NO TRICLOROETILENO	D 2042	99,5 min	100,0	% massa
PONTO DE FULGOR	D 92	235 min	279	grau C
INDICE DE SUSCETIBILIDADE TERMICA	X 018	-1,5 a 0,7	-1,1	N/A
DENSIDADE RELATIVA A 20/4 GRAUS CELSIUS	D 70	Anotar (1)	1,015	N/A
AQUECIMENTO A 177 GC	X 215	NESP (2)	NESP	N/A
<b>Notas:</b> (1) Ensaio nao faz parte da especificacao. Informacao para fins de faturamento. (2) NESP = Nao espuma				

Data de Emissão: 31/08/2014 13:00:00	Página: 1 de 1
Os resultados deste Certificado de Ensaio referem-se à amostra acima especificada. Este certificado só pode ser reproduzido integralmente com a autorização do responsável pelo seu conteúdo.	

Original Assinado Por:
Responsável: Alexssander Shigueru Araujo CRQ: 4244796

## ANEXO C-Ficha de especificação da Cera de Polietileno utilizada.

# Hi-Wax Products Are the Result of Uncompromising — from MITSUI CHEMICALS, INC.— The Petrochem

### GRADES AND PHYSICAL PROPERTIES OF MITSUI HI-WAX

Item	Unit	Testing Method	POLYMERIZATION TYPE												Acid-Value Type		
			High-Density Type				Low-Density Type								Acid-Value Type		
			800P	400P	200P	100P	720P	410P	420P	320P	210P	220P	110P	405MP	310MP	320MP	
Molecular Weight	—	Viscometric Method	8,000	4,000	2,000	900	7,200	4,000	4,000	3,000	2,000	2,000	1,000	4,000	3,000	3,000	
Density	kg/m <sup>3</sup>	JIS K7112	970	980	970	950	920	950	930	930	940	920	920	960	940	930	
Acid Value	KOH mg/g	JIS K5902	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.0	1.0	1.0	
Crystallinity	%	X-ray Diffractometry	84	85	87	90	60	80	70	65	75	70	80	80	80	70	
Melting Point	°C	DSC	127	126	122	116	113	118	113	109	114	110	109	121	114	107	
Softening Point	°C	JIS K2207	140	136	130	121	118	122	118	114	120	113	113	128	122	114	
Hardness (Penetration Test)	10 <sup>-1</sup> mm	JIS K2207	1↓	1↓	1	2	3	2	3	7	4	13	25	1	3	7	
Melt Viscosity	mPa·s cp	Brookfield Type Viscometer : (140°C)	8,000	650	80	15	6,000	650	650	250	80	80	20	650	250	250	
Characteristics			High hardness and softening point owing to high density and crystallinity				Low density and crystallinity which are attributable to low hardness and softening point								Good affinity for polar polymers, inorganic chemicals metals, etc Emulsifiable (High Acid-Value Grades)		

### REPRESENTATIVE USES, OF MITSUI HI-WAX, AND RECOMMENDED GRADES

Uses	Function	Performance and Effects	Recommended Grade
Paint Modifier	Surface Modification	Excels in delustering and improves abrasion resistance of coating. →Furnishes the coating of woodwork with a feeling of highquality along with longer durability.	405MP 4051E 1105A 2203A NP105 NP805
Lusting Agent	Surface Modifier	Exceeds in gloss, enhancing the physical properties of coating. →Improves the performance of car waxes and floor polishes.	405MP 4051E
Pigment Dispersant	Compatibility	Excellent wetting to pigments with the result of better dispersability. →Enables high-concentration masterbatching.	NL500 NL800 420P
Slip Agent for PVC	Slip Properties	Well balanced in slip properties, coupled with its lasting effect. →Bettered productivity, and saving ta power consumption.	220MP 4202E 4051E
Release Agent Molded Articles	Releasability	Gives good releasability to thermo-plastics and thermoset resins. →Improvements in molding cycle and extrusion properties.	200P 400P 1140H 1160H
Rubber Processing Aid	Releasability Viscosity Adjustment Compatibility	Superb in releasability and flowability which betters the dispersability of fillers and pigments. →Improvements in molding cycle and extrusion properties.	110P NL100
Toners for Plain Paper Copying	Releasability	Gives anti-offset to a fixing roll. →Improves the clearness of pictures.	NP055 NP105 NP505