

## DETERMINAÇÃO DA VISCOSIDADE EM CIMENTO ASFÁLTICO

### Método

### CONTEC

Comissão de Normas  
Técnicas

### SC - 20

Técnicas Analíticas  
de Laboratório

Cabe à CONTEC - Subcomissão Autora, a orientação quanto à interpretação do texto desta Norma. O Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma é o responsável pela adoção e aplicação dos itens da mesma.

**Requisito Mandatório:** Prescrição estabelecida como a mais adequada e que deve ser utilizada estritamente em conformidade com esta Norma. Uma eventual resolução de não segui-la ("não-conformidade" com esta Norma) deve ter fundamentos técnico-gerenciais e deve ser aprovada e registrada pelo Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma. É caracterizada pelos verbos: "dever", "ser", "exigir", "determinar" e outros verbos de caráter impositivo.

**Prática Recomendada** (não-mandatória): Prescrição que pode ser utilizada nas condições previstas por esta Norma, mas que admite (e adverte sobre) a possibilidade de alternativa (não escrita nesta Norma) mais adequada à aplicação específica. A alternativa adotada deve ser aprovada e registrada pelo Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma. É caracterizada pelos verbos: "recomendar", "poder", "sugerir" e "aconselhar" (verbos de caráter não-impositivo). É indicada pela expressão: **[Prática Recomendada]**.

Cópias dos registros das "não-conformidades" com esta Norma, que possam contribuir para o aprimoramento da mesma, devem ser enviadas para a CONTEC - Subcomissão Autora.

As propostas para revisão desta Norma devem ser enviadas à CONTEC - Subcomissão Autora, indicando a sua identificação alfanumérica e revisão, o item a ser revisado, a proposta de redação e a justificativa técnico-econômica. As propostas são apreciadas durante os trabalhos para alteração desta Norma.

**"A presente Norma é titularidade exclusiva da PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. - PETROBRAS, de uso interno na Companhia, e qualquer reprodução para utilização ou divulgação externa, sem a prévia e expressa autorização da titular, importa em ato ilícito nos termos da legislação pertinente, através da qual serão imputadas as responsabilidades cabíveis. A circulação externa será regulada mediante cláusula própria de Sigilo e Confidencialidade, nos termos do direito intelectual e propriedade industrial."**

### Apresentação

As normas técnicas PETROBRAS são elaboradas por Grupos de Trabalho – GTs (formados por especialistas da Companhia e das suas Subsidiárias), são comentadas pelos Representantes Locais (representantes das Unidades Industriais, Empreendimentos de Engenharia, Divisões Técnicas e Subsidiárias), são aprovadas pelas Subcomissões Autoras – SCs (formadas por técnicos de uma mesma especialidade, representando os Órgãos da Companhia e as Subsidiárias) e aprovadas pelo Plenário da CONTEC (formado pelos representantes das Superintendências dos Órgãos da Companhia e das suas Subsidiárias, usuários das normas). Uma norma técnica PETROBRAS está sujeita a revisão em qualquer tempo pela sua Subcomissão Autora e deve ser reanalisada a cada 5 (cinco) anos para ser revalidada, revisada ou cancelada. As normas técnicas PETROBRAS são elaboradas em conformidade com a norma PETROBRAS N-1. Para informações completas sobre as normas técnicas PETROBRAS, ver Catálogo de Normas Técnicas PETROBRAS.

## DETERMINAÇÃO DA VISCOSIDADE EM CIMENTO ASFÁLTICO (método)

### 1 OBJETIVO

1.1 Esta Norma prescreve o método para determinar a viscosidade de cimentos asfálticos (betume) pelo viscosímetro capilar a vácuo a 60° (140°F) (Nota 1).

1.2 Aplica-se a produtos com viscosidades na faixa de 0,0036 Pa.s (0,036P) a 20.000 Pa.s (200.000 P).

1.3 A viscosidade a 60°C (140°F) caracteriza o comportamento do escoamento e pode ser usada como ensaio para especificar cimentos asfálticos.

Nota 1: Esta Norma pode ser usada em outras temperaturas, mas a precisão está baseada na viscosidade de cimentos asfálticos a 60°C (140°F).

### 2 RESUMO

É medido o tempo que um volume, prefixado, do líquido leva para escoar de baixo para cima através de um tubo capilar, sob condições preestabelecidas e controladas de temperatura e vácuo. A viscosidade, em poise, é calculada multiplicando-se o tempo de escoamento, em segundos, pelo fator de calibração do viscosímetro.

Nota 2: A taxa de cisalhamento decresce à medida em que o nível de líquido sobe no tubo. Essa taxa pode também ser variada alterando-se o vácuo e o calibre do tubo viscosimétrico; por isso este procedimento pode ser usado para determinar a viscosidade de líquidos Newtonianos (simples) e líquidos não Newtonianos (complexos).

Prpriedade da PETROBRAS

Palavras Chave: Viscosidade  
- Cimento Asfáltico -  
Viscosidade Capilar - Vácuo

### 3 NORMAS A CONSULTAR

Da ASTM (American Society for Testing and Materials)

- (a) E-1 - Specification for ASTM Thermometers;
- (b) E-77 - Method for Verification and Calibration of Liquid-in-Glass Thermometers;
- (c) E-11 - Specification for Wire-Cloth Sleeves for Testing Purposes.

### 4 DEFINIÇÕES

#### 4.1 Viscosidade

A relação entre a tensão de cisalhamento aplicada e a taxa de cisalhamento é chamada de coeficiente de viscosidade. Esse coeficiente é a medida da resistência que o líquido possui ao fluir, sendo comumente chamado de viscosidade do líquido. A unidade de viscosidade no Sistema Internacional é 1 Pa.s (1N.s/m<sup>2</sup>) e equivale a 10 P (1dina.s/cm<sup>2</sup>) do Sistema CGS.

#### 4.2 Líquido Newtoniano

É o líquido no qual a taxa de cisalhamento é proporcional à tensão de cisalhamento. A relação constante entre a tensão cisalhante e a taxa de cisalhamento é a viscosidade do líquido. Se a razão não é constante o líquido é não Newtoniano.

### 5 APARELHAGEM

#### 5.1 Viscosímetros

Tipo capilar, construído com vidro borosilicato recosido, podendo ser usados os seguintes:

5.1.1 Viscosímetro capilar a vácuo Canon-Manning (CMVV), descrito no ANEXO I.

5.1.2 Viscosímetro capilar a vácuo Asphalt Institute (AIVV), descrito no ANEXO II.

5.1.3 Viscosímetro capilar a vácuo Modificado de Koppers (MKVV), descrito no ANEXO III.

Nota 3: A calibração dos viscosímetros é descrita no ANEXO IV.

Nota 4: A viscosidade determinada no viscosímetro CMVV pode ser 1 a 5 % menor do que aquela determinada, na mesma faixa de viscosidade, nos viscosímetros AIVV ou MKVV, Esta diferença, quando encontrada, pode ser resultante de um fluxo não Newtoniano.

## 5.2 Termômetros de Mercúrio (Tabela I)

Calibrados e com precisão de  $0,02^{\circ}\text{C}$  ( $0,04^{\circ}\text{F}$ ) ou outros tipos com a mesma precisão. Os termômetros ASTM para viscosidade cinemática 47C e 47F, podem ser usados para a temperatura mais comum de  $60^{\circ}\text{C}$  ( $140^{\circ}\text{F}$ ).

Tabela I

Termômetros para Ensaio de Viscosidade Cinemática (Nota 5)

| Temperatura do Ensaio para Avaliar<br>o Erro da Escala (Nota 6) |                    | Número do<br>Termômetro |             |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------|-------------|
| $^{\circ}\text{C}$                                              | $^{\circ}\text{F}$ | ASTM (Nota 7)           | IP (Nota 8) |
| 20 e 21,1                                                       | 68 e 70            | 44C, F                  | 29C, F      |
| 25                                                              | 77                 | 45C, F                  | 30C, F      |
| 30                                                              | 86                 | 18C, F                  |             |
| 37,8                                                            | 100                | 28F                     | 31C, F      |
| 40                                                              |                    | 120C                    |             |
| 50                                                              | 122                | 46C, F                  | 66C, F      |
| 54,4                                                            | 130                | 29F                     | 34C, F      |
| 60                                                              | 140                | 47C, F                  | 35C, F      |
| 82,2                                                            | 180                | 48F                     | 90C, F      |
| 93,3                                                            | 200                |                         | 36C, F      |
| 98,9 e 100                                                      | 210 e 212          | 30F                     | 32C, F      |
| 100                                                             |                    | 121C                    |             |
| 135                                                             | 275                | 110C, F                 |             |

Nota 5: A menor graduação para os termômetros em graus Celsius é  $0,05^{\circ}\text{C}$  e para os termômetros em graus Fahrenheit é  $0,1^{\circ}\text{F}$ .

Nota 6: O erro na escala dos termômetros Celsius não deve exceder a  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$  e nos termômetros Fahrenheit não deve exceder a  $\pm 0,2^{\circ}\text{F}$  (exceto para o ASTM 110 F que é  $\pm 0,3^{\circ}\text{F}$ ). Esses erros de escala são necessários para serem aplicados somente na temperatura do ensaio.

Nota 7: Detalhes completos de fabricação são especificados na norma ASTM E-1.

Nota 8: Os termômetros especificados devem ser padronizados com "imersão total", ou seja, imersão até o topo da coluna de mercúrio, mantendo o restante da haste e a câmara de expansão do topo da coluna de mercúrio expostas à temperatura ambiente.

Nota 9: Calibrar os termômetros periodicamente. Termômetros novos necessitam inicialmente de uma avaliação a cada semana. O procedimento de verificação e calibração é dado no método da ASTM E-77.

### 5.3 Banho

Apropriado para imersão do viscosímetro de forma que a marca de tempo superior fique situada pelo menos 20 mm abaixo da superfície do líquido do banho e deve manter visível tanto o viscosímetro como o termômetro. Deve possuir suportes firmes para sustentar o viscosímetro. A eficiência da agitação e o equilíbrio entre o calor perdido e o calor fornecido devem ser ponderados para se obter uma temperatura do banho que não deve variar mais do que  $0,03^{\circ}\text{C}$  ( $0,05^{\circ}\text{F}$ ) ao longo de um dado viscosímetro, entre 2 (dois) deles e no local onde se situar o termômetro.

### 5.4 Sistemas de Vácuo

Capaz de manter o vácuo em  $\pm 0,07$  kPa ( $0,5$  mm Hg) do nível desejado e alcançar pelo menos  $39,9$  kPa ( $300$  mm Hg) abaixo da pressão atmosférica. O sistema apropriado é mostrado esquematicamente na Fig. do Anexo V. Usar um tubo de vidro de  $6,35$  mm ( $1/4$  pol) de diâmetro interno e todas as juntas de vidro devem estar estanques de forma que, quando o sistema é fechado, não deve ser indicada perda de vácuo no manômetro de mercúrio com graduações de  $1$  mm. Utilizar uma bomba apropriada como a fonte do vácuo.

### 5.5 Cronômetro

Graduado com divisão menor ou igual a  $0,1\text{s}$  e precisão em torno de  $0,05\%$  em testes com intervalos de tempo maiores que  $15$  minutos. Pode ser usado cronômetro elétrico somente em circuitos elétricos cuja frequência é controlada com uma precisão mínima de  $0,05\%$ .

Nota 10: Correntes alternadas, cuja frequência é intermitente, como a fornecida pela maioria dos sistemas públicos, podem causar erros acentuados principalmente em intervalos de tempo pequenos.

## 6 EXECUÇÃO

### 6.1 Precauções de Segurança

6.1.1 Antes de iniciar qualquer manuseio com reagentes, materiais e equipamentos, consultar e aplicar os procedimentos apropriados de segurança e de operação dos equipamentos.

6.1.2 O Anexo VI contém algumas informações de segurança referentes aos reagentes a serem utilizados pelo método.

## 6.2 Materiais, Reagentes e Soluções

### 6.2.1 Solução sulfocrômica para limpeza

Dissolver 92 g de dicromato de sódio ( $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) em 458 mL de água. Adicionar, com as precauções de segurança convenientes, 800 mL de ácido sulfúrico concentrado.

### 6.2.2 Acetona livre de resíduos.

## 6.3 Pré-Tratamento da Amostra

6.3.1 Aquecer a amostra, com cuidado, para evitar aquecimento localizado, até torná-la suficientemente fluida para transferência. Agitar a amostra, ocasionalmente, para permitir a homogeneização.

6.3.2 Transferir um mínimo de 20 mL de amostra para um recipiente apropriado e aquecer até  $135 \pm 5,5^\circ\text{C}$  ( $275 \pm 10^\circ\text{F}$ ). Agitar esporadicamente para evitar aquecimento localizado e atentar para não ocorrer entrada de ar.

Nota 11: Se existir suspeita da presença de material sólido, passe a amostra liquefeita por uma peneira nº 50 (300  $\mu\text{m}$ ), conforme especificação ASTM E-11.

## 6.4 Procedimento

Os detalhes específicos de operação variam até certo ponto para os vários tipos de viscosímetros. De acordo com o tipo de viscosímetro escolhido, consultar nos ANEXOS de 1 a 3 a descrição detalhada do viscosímetro e as instruções de uso. Em todos os casos, entretanto, seguir o procedimento geral descrito nos itens 6.4.1 a 6.4.9.

6.4.1 Manter o banho na temperatura de ensaio dentro de uma variação de  $\pm 0,03^\circ\text{C}$  ( $\pm 0,05^\circ\text{F}$ ). Aplicar as correções necessárias a todas as leituras do termômetro.

6.4.2 Usar um viscosímetro limpo e seco que forneça um tempo de escoamento maior do que 60 segundos e aquecer até  $135 \pm 5,5^\circ\text{C}$  ( $275 \pm 10^\circ\text{F}$ ).

6.4.3 Colocar a amostra preparada (item 6.3) no viscosímetro até 2 mm da linha E (Fig. 1, 2, 3 - ANEXO VII).

6.4.4 Colocar o viscosímetro com a amostra numa estufa ou banho a  $135 \pm 5,5^\circ\text{C}$  ( $275 \pm 10^\circ\text{F}$ ), por um período de 10 a 12 minutos, para permitir a saída das bolhas de ar.

6.4.5 Remover o viscosímetro da estufa ou banho e, dentro de cinco minutos, fixá-lo no suporte (ANEXO VIII) e posicioná-lo verticalmente no banho de forma que a marca de tempo superior fique pelo menos 20 mm abaixo da superfície do líquido do banho.

6.4.6 Ajustar o vácuo em  $39,9 \pm 0,07$  kPa ( $300 \pm 0,5$  mm Hg) abaixo da pressão atmosférica e conectar, com a válvula "A" fechada, a linha principal do sistema de vácuo ao viscosímetro.

6.4.7 Após deixar o viscosímetro no banho durante 30 a 35 minutos, iniciar o escoamento do cimento asfáltico, girando a válvula "A" da linha principal do sistema de vácuo no sentido anti-horário.

6.4.8 Medir, com precisão de 0,1 segundo, o tempo necessário para o nível superior do menisco passar entre um par de marcas de tempo sucessivas. Deve ser considerado e anotado o primeiro tempo de escoamento que exceda a 60 segundos e identificado o par de marcas de tempo.

6.4.9 Após terminar o ensaio, limpar o viscosímetro completamente, lavando-o com várias porções de um solvente apropriado para a amostra (Fig. do Anexo IX) e, em seguida, lavar com um solvente volátil. Secar o viscosímetro, passando um suave fluxo de ar limpo e seco através do capilar por dois minutos ou até que os últimos traços de solventes sejam removidos. Periodicamente lavar o viscosímetro com solução sulfocrômica (Nota 12) para remover os depósitos orgânicos, enxaguar com água destilada e acetona livre de resíduos e secar com ar seco filtrado.

Nota 12: O uso de soluções alcalinas de limpeza não é recomendado, pois podem mudar o fator de calibração do viscosímetro.

## 7 RESULTADOS

### 7.1 Cálculos

Usar o fator de calibração correspondente ao par de marcas de tempo identificado no ensaio, como descrito no item 6.4.8. Calcular e anotar a viscosidade com 3 (três) algarismos significativos usando a equação:

Viscosidade, poise =  $kt$

k = fator de calibração correspondente ao par de marcas, P/s,  
t = tempo de escoamento, s.

## 7.2 Expressão dos resultados

Fornecer sempre com a viscosidade, a temperatura e o vácuo empregados no ensaio. Por exemplo: viscosidade, em poise, a 60°C (140°F) e vácuo de 39,9 kPa (300 mm Hg).

## 7.3 Precisão

O seguinte critério (Nota 1) pode ser usado para avaliar a aceitabilidade dos resultados (95% de confiabilidade).

7.3.1 Repetibilidade: resultados em duplicata alcançados pelo mesmo analista usando o mesmo viscosímetro não devem ser considerados suspeitos a menos que difiram em mais que 7% da média.

7.3.2 Reprodutibilidade: os resultados entre dois laboratórios não devem ser considerados suspeitos a menos que difiram em mais que 10% da média.

## 8 ANEXOS

Esta Norma contém 09 Anexos.

---

CONTEC - Subcomissão nº 20 - Técnicas Analíticas de Laboratório.

Esta Norma se baseia no método ASTM D 2171/88.

Toda norma é dinâmica, estando sujeita a revisões. Comentários e sugestões para seu aprimoramento devem ser encaminhados à Comissão de Normas Técnicas da PETROBRAS - CONTEC - RJ.