



+ - Copyright 2004, Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP

Este Trabalho Técnico Científico foi preparado para apresentação no 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, a ser realizado no período de 2 a 5 de outubro de 2005, em Salvador. Este Trabalho Técnico Científico foi selecionado e/ou revisado pela Comissão Científica, para apresentação no Evento. O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pelo IBP. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, Sócios e Representantes. É de conhecimento e aprovação do(s) autor(es) que este Trabalho será publicado nos Anais do 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás

ESTUDO REOLÓGICO DE POLÍMEROS E BLENDS PARA RECUPERAÇÃO TERCIÁRIA DE PETRÓLEO

Denise Z. Correia, Francisca P. de França, Cheila G. Mothé

Escola de Química / UFRJ, Av. Brigadeiro Trompovski s/ nº, Centro de Tecnologia, Bloco
E – Rio de Janeiro / RJ, denise@eq.ufrj.br

Resumo

O trabalho relata o comportamento reológico de polímeros isolados e blends formados por esses polímeros, com o objetivo de detectar uma possível interação entre os mesmos. Também foi avaliada a influência da temperatura, visto que em diferentes reservatórios de petróleo esta pode ser muito variável. O sinergismo entre polímeros é de grande interesse comercial, pois além de possibilitar novas funcionalidades, pode reduzir a quantidade de polímeros necessária para obtenção de uma determinada viscosidade, diminuindo os custos. Os polímeros utilizados na pesquisa foram a poliacrilamida parcialmente hidrolisada, a goma xantana e a goma guar. Foram preparadas blends desses polímeros na proporção de 1:1. As blends que continham a goma guar apresentaram sinergismo, enquanto a blend formada por poliacrilamida e xantana não exibiram interação. Nas blends que apresentaram sinergismo (poliacrilamida/guar e xantana/guar), houve um aumento de viscosidade nas temperaturas de 55 e 65°C. Como as temperaturas encontradas nos reservatórios são superiores à temperatura ambiente, esse fato pode ser considerado como uma vantagem, visto que não haverá perda de viscosidade das soluções dessas blends ao percorrer o reservatório.

Palavras-Chave: reologia; polímeros; blends; temperatura; recuperação de petróleo.

Abstract

This work studies the rheological behavior of pure polymers and blends made by them polymers, with the objective to detect a possible interaction between them. It is also evaluated the influence of the temperature, since it could change by reservoir to reservoir. The synergism between polymers is of great commercial importance because besides the possibility of new functionalities, it can reduce the amount of polymers to obtain a certain viscosity, reducing costs. The polymers used in this research were partially hydrolised polyacrylamide, xanthan gum and guar gum. The blends were formed in the proportion of 1:1. Blends containing guar gum showed synergism, while the blend made by polyacrylamide and xanthan did not exhibit any kind of interaction. The blends that showed synergism, polyacrylamide/guar and xanthan/guar, have had an increase in viscosity at temperatures of 55 and 65°C, which is an advantage since temperatures of reservoirs are higher than the ambient temperature. Thus the solutions of these blends will not have viscosity loss passing through the reservoir.

Keywords: rheology; polymers; blends; temperature, petroleum recovery.

1. Introdução

O petróleo responde pela maior parte da energia consumida no mundo civilizado. Vem sendo usado como combustível e como matéria-prima nas indústrias, especialmente na petroquímica. É uma fonte de energia não renovável, e por isso, a procura por petróleo tem levado sua exploração a caminhos cada vez mais difíceis, como, por exemplo, a lâminas de água profundas e ultraprofundas. Esse esforço tem resultado em aumento nas reservas, entretanto, tem sido insuficiente para compensar o aumento no consumo. O petróleo obtido de novas descobertas tenderá a ficar cada vez mais escasso e de difícil acesso, valorizando aquele já existente (MUSTAFA *et al.*, 2003).

Nos chamados poços surgentes, a produção de óleo durante o primeiro estágio é obtida devido à pressão natural do reservatório. A quantidade de óleo produzida pela energia do reservatório, assim como pelo bombeamento de poços para auxiliar no escoamento natural, é conhecida como recuperação primária. A eficiência da recuperação de óleo nesse primeiro estágio se limita a uma faixa entre 10 e 30% do volume total de petróleo disponível, dependendo da natureza do reservatório. Portanto, mais de 70% do óleo inicialmente contido no reservatório estão disponíveis para técnicas secundárias e terciárias de recuperação de óleo. Durante o segundo estágio de recuperação, água ou gases podem ser injetados com a finalidade de extrair o óleo das rochas porosas. Porém, esses fluidos tendem a percorrer as regiões mais permeáveis, deixando quantidades substanciais de óleo na formação (VOSSOUGH, 2000; MOGHADASI *et al.*, 2004). Os métodos de recuperação terciária são empregados para atuar nos pontos onde o processo convencional falhou. As baixas recuperações resultantes de um processo convencional de injeção de fluidos podem ser creditadas basicamente a dois principais aspectos: alta viscosidade do óleo do reservatório e elevadas tensões interfaciais entre o fluido injetado e o óleo. No caso de um reservatório com óleo de alta viscosidade, pode-se adicionar polímeros à água de injeção para transformá-la em um fluido que se desloque dentro do meio poroso com a mesma mobilidade que o óleo (THOMAS *et al.*, 2001).

Para se obter o escoamento desejado, alguns polímeros são usados em combinação com outros. Quando a interação é positiva, resulta no aumento da viscosidade ou na gelificação. O sinergismo entre polímeros é de grande interesse comercial, pois além de possibilitar novas funcionalidades, pode reduzir a quantidade de polímeros usados, reduzindo os custos (KATZBAUER, 1998). Sendo assim, a caracterização de misturas poliméricas é de extrema importância, pois pode resultar no desenvolvimento de um novo material com menor custo. O objetivo deste trabalho é estudar a reologia de soluções de goma xantana, goma guar, poli(acrilamida e de suas blends em diferentes temperaturas, visando simular o comportamento reológico dos polímeros em reservatórios de petróleo com diferentes temperaturas.

2. Parte Experimental

2.1. Preparo das Soluções

Os polímeros utilizados foram a poli(acrilamida parcialmente hidrolisada FLOPAAM 2130 S (PM 3×10^6 e GH 25%), goma xantana RHODIGEL 80 (PM: 2×10^6 g/mol) e a goma guar HIGUM 55-1, ambas da marca Rhodia. A poli(acrilamida foi doada pelo Centro de Pesquisas Leopoldo A. Miguez de Melo (CENPES) e as gomas xantana e guar foram gentilmente cedidas pela empresa Plury Química Ltda.

Para o preparo das soluções, foi feita a adição dos polímeros na forma de pó à água destilada. As soluções permaneceram sob agitação magnética por cerca de 30 minutos em temperatura ambiente. Após a solubilização dos polímeros, as soluções permaneceram em repouso e sob refrigeração por, no máximo 24h, até que fosse realizado o ensaio reológico. A concentração final das soluções foi de 5000 ppm; no caso das blends, foi utilizada a metade da quantidade de cada polímero (2500 ppm).

2.2. Ensaio Reológico

Os ensaios reológicos foram realizados no viscosímetro modelo LV-DVIII, da marca Brookfield com sensor cone e placa (CPE 52), em uma faixa de taxa de cisalhamento de 50 a 450 s^{-1} e variação de temperatura de 25°C a 65°C , controlada por um banho de água termostatizado TC501, também da marca Brookfield.

3. Resultados e Discussão

A Figura 1 mostra as curvas de viscosidade da goma guar em temperaturas variando entre 25 e 65°C . O polissacarídeo exibiu um comportamento tradicional, ou seja, diminuição da viscosidade com o aumento da temperatura. Resultado semelhante também foi relatado por Casas *et al.* (2000), que explicam esse efeito em termos de interações moleculares em solução, as quais são mais fracas em temperaturas mais altas.

No caso da poli(acrilamida (Figura 2), quando as soluções foram submetidas a diferentes temperaturas, a viscosidade da solução a 55°C ficou entre os valores de viscosidade nas temperaturas de 35 e 45°C . Esse fato pode estar relacionado a algum processo de gelificação do polímero nesta temperatura.

As curvas de viscosidade da goma xantana são mostradas na Figura 3. Em termos de aquecimento, nas temperaturas mais elevadas as soluções apresentaram maiores valores de viscosidade, novamente destacando-se a

temperatura de 55°C. Em temperaturas próximas a esse valor, ocorre a gelificação da goma xantana, o que explica os maiores valores de viscosidade terem sido encontrados nas temperaturas de 45 e 55°C. Em relação à viscosidade na temperatura de 65°C estar abaixo dos valores de viscosidade nessas duas temperaturas onde ocorre a gelificação, esse fato pode ser explicado em termos de estrutura secundária do polissacarídeo em questão. A conformação desse biopolímero sofre uma transição entre molécula ordenada (hélice) e desordenada (novelo) sob a ação do calor, diminuindo o volume hidrodinâmico efetivo e, conseqüentemente, a viscosidade. A forma desordenada é favorecida por baixas concentrações de sal e por altas temperaturas. A transição da conformação em hélice para a conformação em novelo ocorre entre 40 e 80°C, dependendo da força iônica da solução (LUNDIN & HERMANSSON, 1995; KATZBAUER, 1998). Sendo assim, na temperatura de 65°C, o polímero gelificado perderia viscosidade devido à mudança de conformação da molécula.

Em relação às misturas, a blenda poliacrilamida/guar (PG) exibiu significativo aumento de viscosidade em relação à goma guar e à poliacrilamida (Figura 4). O efeito térmico foi praticamente o mesmo para todas as temperaturas estudadas, destacando-se apenas um ligeiro aumento da viscosidade nas temperaturas de 55 e 65°C em baixas taxas de cisalhamento. A Figura 5 apresenta a influência da temperatura sobre a viscosidade da blenda poliacrilamida/xantana (PX), que não demonstrou nenhum tipo de interação. Assim como seus polímeros formadores, a viscosidade da blenda também foi influenciada pela temperatura de 55°C. A blenda xantana/guar (XG) apresentou sinergismo, e as temperaturas de 55 e 65°C influenciaram de forma positiva na viscosidade, ficando esta, nas temperaturas citadas, apenas abaixo da viscosidade a 25°C (Figura 6). O fato da viscosidade na temperatura de 65°C, agora estar no mesmo patamar de viscosidade a 55°C ocorre porque a temperatura de transição entre conformação ordenada e desordenada, T_m , é deslocada para valores maiores após a adição de um segundo polímero, como galactomananas, à solução de xantana (LUNDIN & HERMANSSON, 1995).

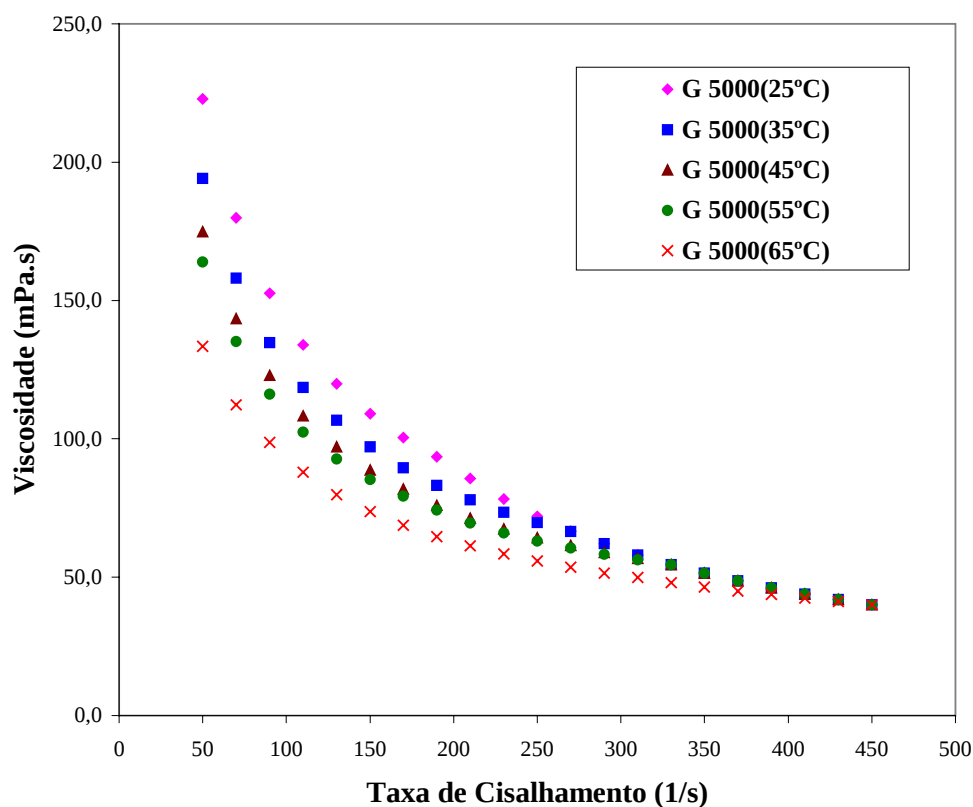


Figura 1 – Curvas de viscosidade da solução de goma guar a 5000 ppm em água destilada.

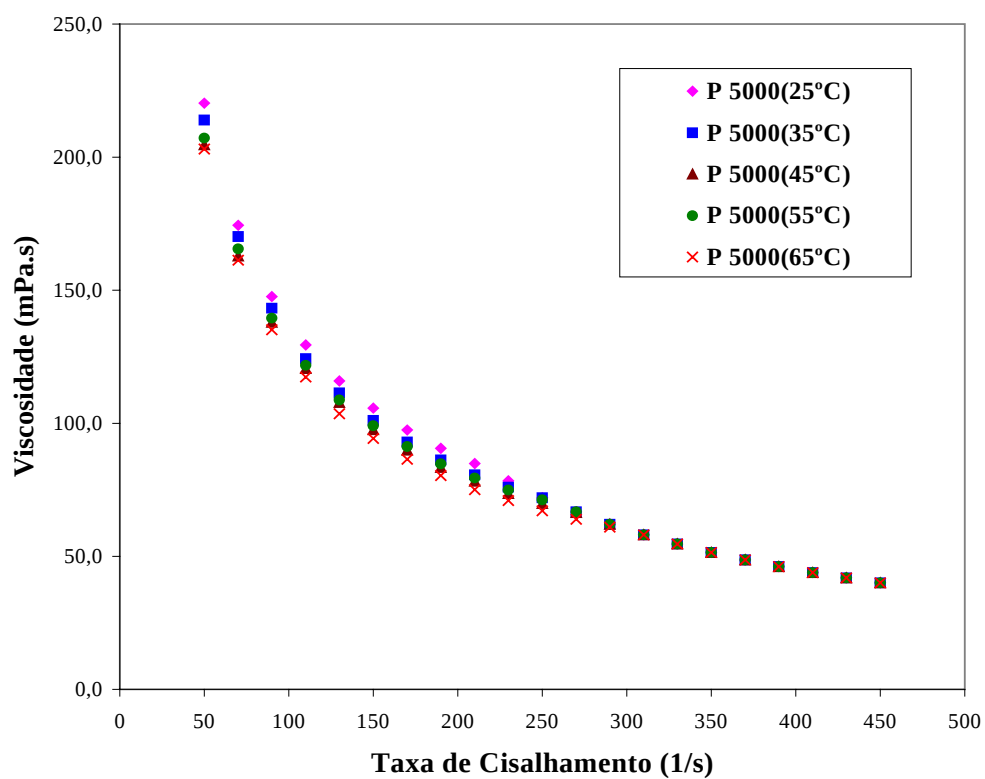


Figura 2 – Curvas de viscosidade da solução de poliacrilamida a 5000 ppm em água destilada.

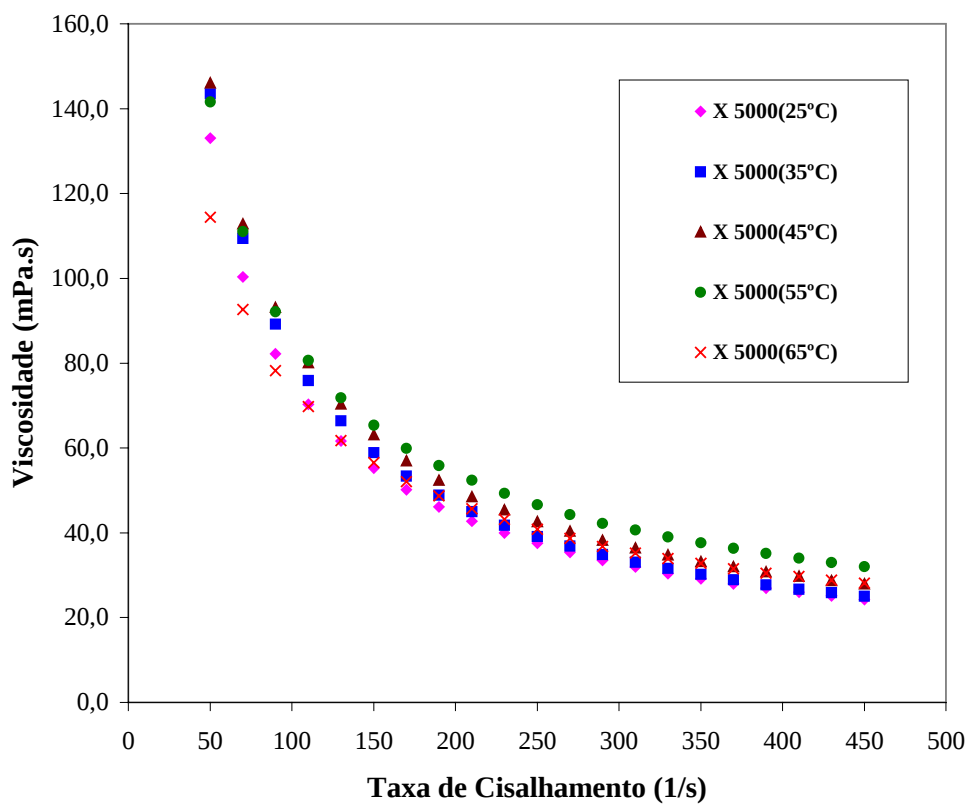


Figura 3 – Curvas de viscosidade da solução de goma xantana a 5000 ppm em água destilada.

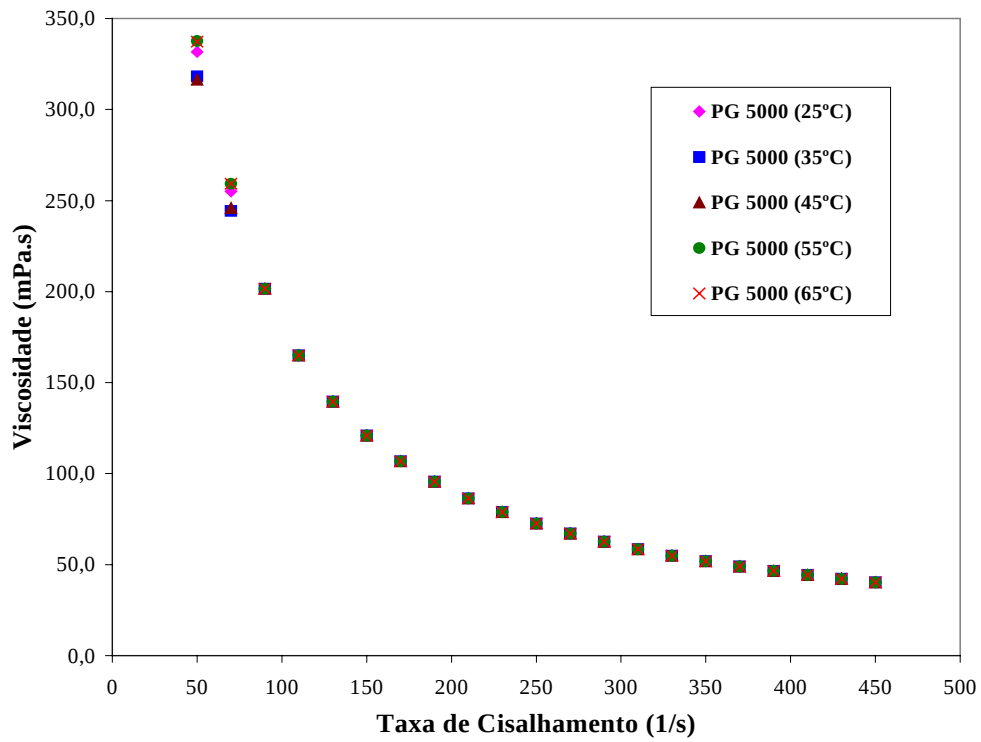


Figura 4 – Curvas de viscosidade da solução de blenda poliacrilamida/guar (PG) a 5000 ppm em água destilada.

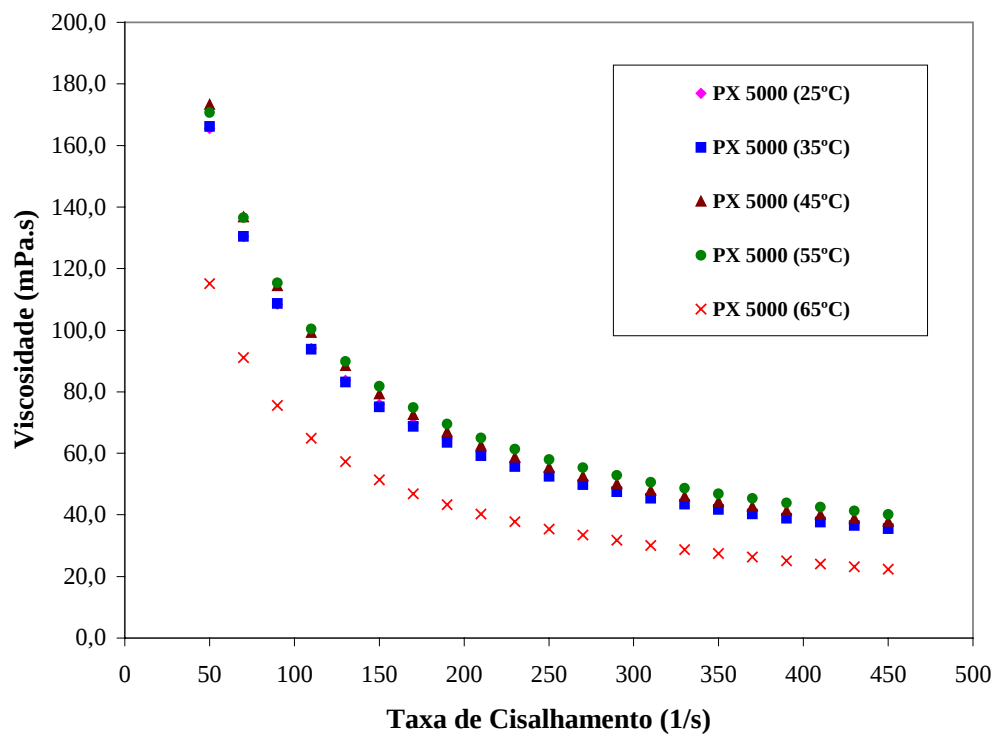


Figura 5 – Curvas de viscosidade da solução de blenda poliacrilamida/xantana (PX) a 5000 ppm em água destilada.

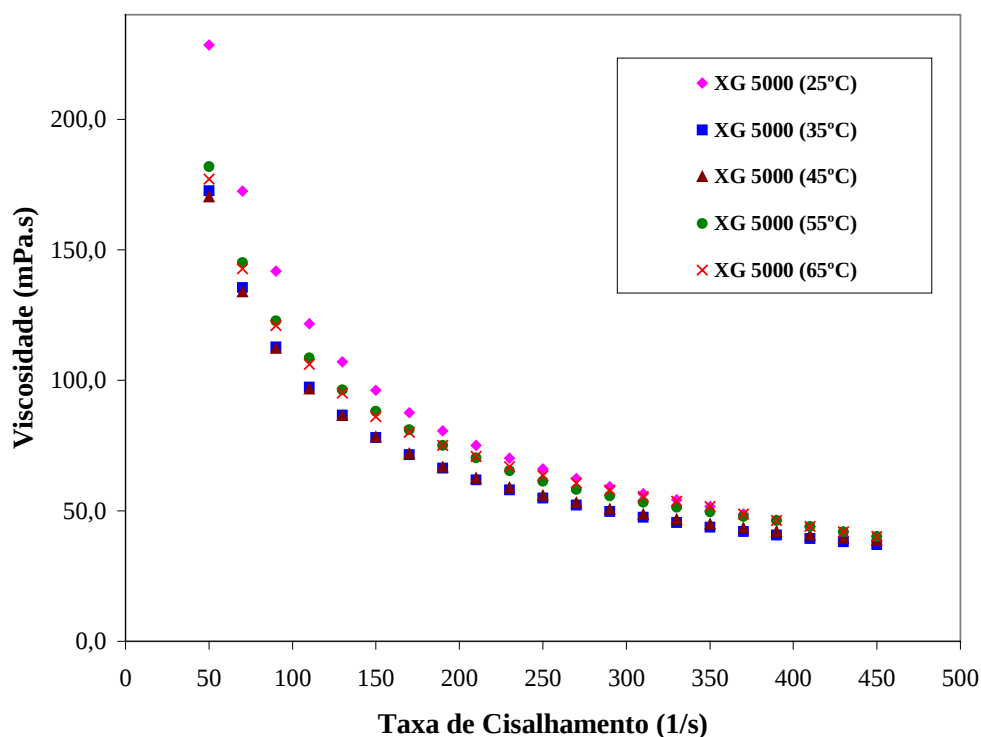


Figura 6 – Curvas de viscosidade da solução de blenda xantana/guar (XG) a 5000 ppm em água destilada.

4. Conclusões

O estudo reológico das soluções poliméricas revelou que, para uma concentração total de polímeros de 5000 ppm, a goma guar pode ser utilizada tanto com a poliacrilamida quanto com a goma xantana para obter um acréscimo de viscosidade em relação aos polímeros isolados. Além disso, houve um aumento de viscosidade dessas blends nas temperaturas de 55 e 65°C, e como as temperaturas encontradas nos reservatórios são superiores à temperatura ambiente, esse fato pode ser considerado como uma vantagem, visto que não haverá perda de viscosidade das soluções dessas blends ao percorrer o reservatório.

5. Agradecimentos

As autoras agradecem ao CNPq e à ANP pelo apoio financeiro, ao CENPES pela doação da poliacrilamida e à empresa Plury Química Ltda pela doação das gomas xantana e guar.

6. Referências

- CASAS, J. A.; MOHEDANO, A. F.; GARCÍA-OCHOA, F. Viscosity of guar gum and xanthan/guar gum mixture solutions. *J. of Sci. of Food and Agric.*, no. 80 p. 1722-1727, c2000.
- KATZBAUER, B. Properties and applications of xanthan gum. *Pol. Degrad. and Stab.*, no. 59, p. 81-84, 1998.
- LUNDIN, L.; HERMANSSON, A. M. Supermolecular aspects of xanthan-locust bean gum gels based on rheology and electron microscopy. *Carbohydrate Polymers*, no. 26, p. 129-140, 1995.
- MOGHADASI, J. *et al.* Theoretical and experimental study of particle movement and deposition in porous media during water injection. *J.Petr. Sci. Eng.*, no.43, p.163-181, 2004.
- MUSTAFA, G. S.; SOUZA, A. O. A. B de. Utilização de emissões industriais gasosas para rejuvenescimento de campos maduros de petróleo. *Eng. Sanitária e Ambiental*, v.8 n. 4, p. 209-212, out/dez 2003.
- THOMAS, J. E. *et al.* Reservatórios In: *Fundamentos de Engenharia de Petróleo*. Interciência, Rio de Janeiro, 2001. Cap. 7, p. 169-207.
- VOSSOUGH, S. Profile modification using in situ gelation technology – a review. *J. Petr. Sci. Eng.*, no. 26, p. 199-209, 2000.