

1 Introdução

1.1 Generalidades

Muitos fluidos de interesse industrial apresentam comportamento não newtoniano mas, ainda assim, a maior parte dos estudos de mecânica de fluidos e transferência de calor está voltada para fluidos de comportamento newtoniano. Importantes avanços e mais freqüente atenção vêm sendo observados no que tange ao desenvolvimento de pesquisas nesta área. Porém, como os fluidos não newtonianos apresentam comportamentos muito singulares e de muita complexidade, para se conhecer bem o efeito dos processos pelos quais o fluido passa, sobre a reologia dos mesmos (bem como conhecer o efeito da interferência da reologia destes fluidos sobre os processos), é muito comum os casos serem estudados para modelos de fluidos específicos.

Metzner e Skelland [6] classificaram os fluidos em três grandes grupos: os puramente viscosos, os viscoelásticos e os dependentes do tempo. Os fluidos newtonianos estão no grupo dos puramente viscosos e os não newtonianos deste mesmo grupo são subdivididos em duas categorias, os pseudoplásticos e os dilatantes. A caracterização das funções materiais destes fluidos é relativamente direta quando se usa o modelo newtoniano generalizado e, dentro deste grupo, o mais simples é o *power-law*. Este modelo é o mais usado na mecânica de fluidos não newtonianos, por representar bem o comportamento de uma vasta quantidade de fluidos numa faixa razoável de viscosidade e taxa de cisalhamento. Contudo, em taxas de cisalhamento muito baixas ou muito altas, erros nas previsões podem ocorrer. Outros modelos de fluidos newtonianos generalizados, apesar de não preverem a existência das diferenças de tensões normais, permitem o ajuste da curva viscosidade em função da taxa de deformação para uma faixa de valores mais ampla, evitando, inclusive, a previsão de uma viscosidade infinita, o que acontece com o modelo *power-law*.

Nas indústrias alimentícia, bioquímica, química, petrolífera, dentre outras, onde é muito comum a presença de fluidos não newtonianos nos processos, a compreensão do comportamento destes fluidos sob as diferentes condições de operação é fundamental, pois disso irá depender o sucesso do produto final desejado. Para a discussão do processo de transferência de calor nesta classe de fluidos é necessário entender o comportamento do fluido quando o mesmo escoar em diferentes geometrias.

Visando uma satisfatória análise destes processos, torna-se importante se ter suficiente conhecimento das propriedades físicas do fluido, tais como densidade, calor específico, condutividade térmica, viscosidade, dentre outras propriedades reológicas. Estas propriedades precisam ser medidas (ou determinadas) antes do fluido entrar para o processo de aquecimento, durante tal processo (quando aplicável e possível), bem como após o referido processo. Com o devido monitoramento pode-se estabelecer, no mínimo, as variáveis que exigem maior atenção nos principais estágios do processo de aquecimento.

1.2 Motivação

Na escolha do fluido de perfuração, para a construção de um poço de petróleo, vários parâmetros devem ser considerados, entre os quais, a integridade das paredes do poço que será perfurado, a queda de pressão do fluido circulante e os níveis de temperatura atingidos pelo fluido. As características reológicas deste fluido também exigem cuidados, pois este tem também a função de lubrificar a broca (aumentando sua vida útil) e de manter suspenso o material sólido retirado, carregando-o para fora do espaço anular, que se estabelece entre a formação e a parede externa do tubo que sustenta a broca. Na elaboração destes fluidos é importante haver minucioso controle para a obtenção das propriedades necessárias ao mesmo durante o trabalho a ser realizado.

Diversos problemas podem ser evitados se um acompanhamento ou previsão do perfil de temperatura adquirido pelo fluido de perfuração ao longo do poço for realizado, como por exemplo, no que diz respeito à seleção de materiais compatíveis a serem empregados nos equipamentos. É possível ocorrerem reações dos fluidos de perfuração sintéticos com os elastômeros dos equipamentos, os quais são afetados química, física e termicamente. Mas, com relação à principal função de tal fluido no processo de perfuração, a viscosidade e a tensão de escoamento são características que necessitam

especial atenção, pois estas são termicamente sensíveis e têm forte influência no desempenho do fluido durante o trabalho.

A pesquisa aqui apresentada teve como motivação a necessidade de se compreender melhor o processo de transferência de calor nos fluidos de perfuração de poços de petróleo, devido à sua relevância destacada nos parágrafos anteriores.

1.3

Objetivos da Pesquisa

Para desenvolver o trabalho de pesquisa aqui apresentado, uma bancada experimental foi montada com o objetivo de determinar os coeficientes convectivos de troca de calor (número de Nusselt) do fluido representativo do fluido de perfuração, numa geometria similar à que se apresenta na perfuração do poço de petróleo, o espaço anular. Os fluidos de perfuração possuem comportamento tipicamente não newtoniano. Dentro da classe dos líquidos newtonianos generalizados, o modelo de Herchel-Bulkley, para materiais viscoplásticos, reproduz de forma aceitável o comportamento destes fluidos de perfuração. Por isso foi escolhido, na primeira fase do estudo, como modelo de fluido a ser considerado para o dimensionamento da bancada experimental. Todavia, para o fluido de trabalho, um outro modelo de comportamento foi adotado, a saber, o de Souza Mendes e Dutra [33], pois este modelo melhor se ajustou às curvas de caracterização dos fluidos utilizados nos experimentos.

Estudou-se também o aquecimento destes fluidos em tubos, comprovando-se relações teóricas da literatura.