3
MÉTODOS EXPERIMENTAIS

3.1
Montagem Experimental

A planta experimental projetada e construída por Dutra (18) no laboratório para representar o espaço anular de um poço e permitir a visualização da interface entre os fluidos que circulam pelo mesmo foi adaptada para melhorar a visualização e para permitir a inclinação do espaço anular. A figura 3.1 mostra uma foto da planta experimental com as adaptações.

Figura 3.1: Foto da planta experimental de Dutra(18) com adaptações.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0621122/CA

Na figura 3.1 podem ser observados os tanques utilizados para armazenar os fluidos de trabalho, as bomba e as tubulações por onde os fluidos escoam, a câmara de visualização e os tubos que determinam o espaço anular. O sistema pode ser inclinado de 0 a 90^o e o espaço anluar é formado por dois tubos de acrílico com diâmetros de 4" e 2" e altura de 2,38m.

Esse experimento estava preparado para a utilização de apenas dois fluidos por vez e requeria grandes quantidades dos mesmos por teste e devido às suas dimensões, houve grande dificuldade para incliná-lo. Além disso, assim como Dutra (18) a utilização de um plano de visualização gerado por um laser não apresentou bons resultados. Por essas razões foi observada a necessidade da construção de um experimento semelhante, em escala reduzida, para diminuir a dificuldade de inclinação, para permitir a utilização de mais de dois fluidos por teste e para permitir a utilização de um plano de visualização para analisar o formato da interface.

Assim, foi feita uma análise dimensional que tornou possível reduzir consideravelmente as dimensões do experimento. A figura 3.2 mostra uma foto da bancada experimental e a figura 3.3 esquema da nova planta experimental.

Figura 3.2: Foto da nova planta experimental.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0621122/CA

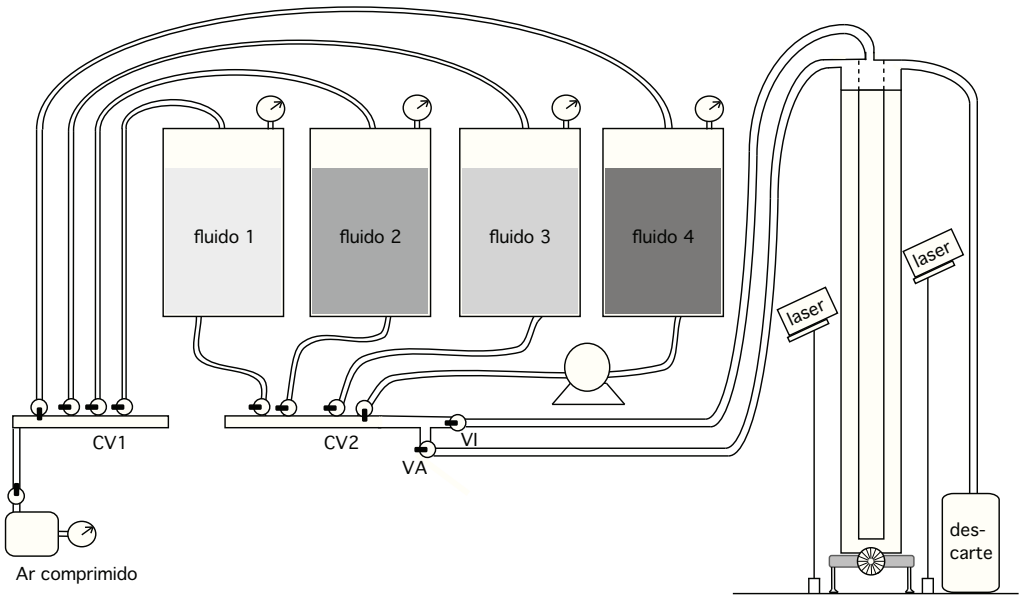

Figura 3.3: Desenho esquemático da nova planta experimental.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0621122/CA

Para a nova planta experimental foram fabricados quatro reservatórios em acrílico com capacidade para até 16 litros de fluido cada um.

A vazão de trabalho pode ser controlada de duas maneiras diferentes: por meio de uma bomba ou pela pressurização com ar comprimido do reservatório no qual se encontra o fluido desejado. Os fluidos circulam pelo experimento através de mangueiras de plástico. Cada reservatório tem uma entrada para a mangueira com ar comprimido e uma saída para a mangueira com o fluido de trabalho.

O comando de válvulas CV1 é responsável por controlar o fluxo de entrada de ar comprimido, e conseqüentemente a pressurização do reservatório desejado. Cada reservatório está equipado com um manômetro para monitorar a respectiva pressão. O comando de válvuas CV2 é responsável por controlar o fluxo de saída do fluido desejado. Através da válvula VA o fluxo de entrada no espaço anular pode ser controlado e com a válvula VI pode ser controlado o fluxo de entrada no tubo interno.

O espaço anular é formado por dois tubos cilíndricos de vidro (para permitir a visualização) um dentro do outro e tem aproximadamente um metro de comprimento. O tubo interno representa a coluna de revestimento e tem um diâmetro externo de 16mm e espessura de 4,1mm. O tubo externo tem o diâmetro interno de 30,3mm e espessura de 5,7mm. Assim, a folga da região anular é de 7,15mm.

Uma base de aço inox é responsável pela sustentação do experimento . Os tubos podem ser inclinados em qualquer ângulo da posição vertical (0^o) à

horizontal (90°). A figura 3.4 a seguir mostra uma foto da base de aço inox com um medidor transferidor para medir ângulo de inclinação.

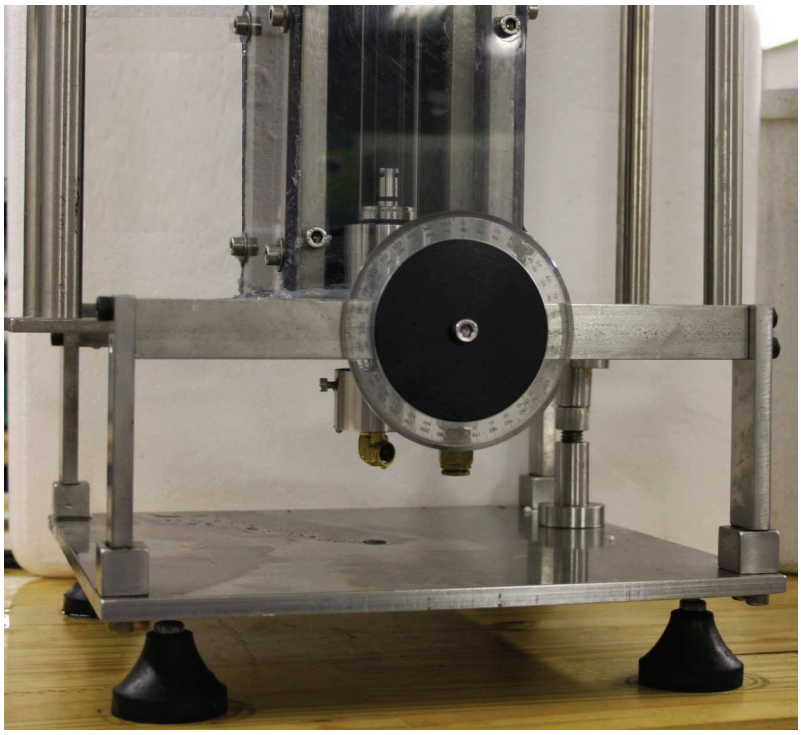

Figura 3.4: Foto da base de sustentação.

O tubo interno pode ser isolado do tubo externo, separando assim o fluido que se encontra no espaço anular do que se encontra no tubo interno por meio de um sistema que chamamos de "tampão". Na figura 3.5 a seguir podem ser observadas fotos do sistema "tampão" tiradas de cima (a) e de lado (b) bem como um desenho esquemático em corte do sistema (c).

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0621122/CA

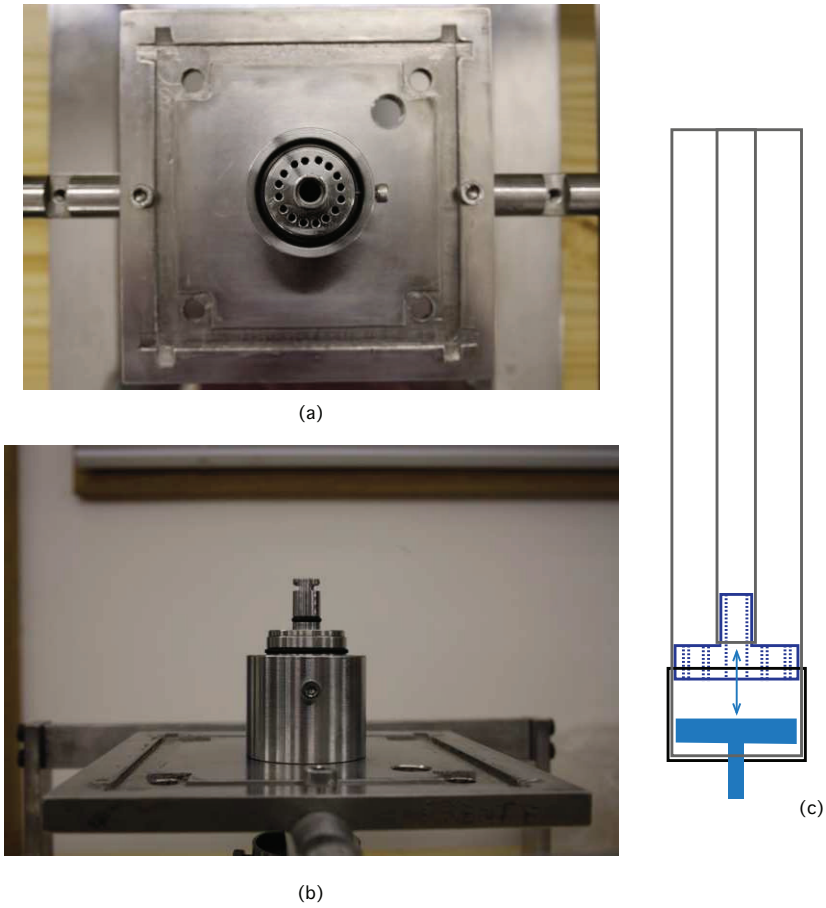

Figura 3.5: Foto de cima (a), foto lateral (b) e desenho esquemático (c) do sistema tampão.

Na extremidade superior dos tubos foi encaixada uma peça de aço inox com um furo no centro e quatro conectores que são ligados às mangueiras para permitir a entrada, circulação e saída dos fluidos de trabalho. A figura 3.6 mostra uma foto desta peça.

A visualização de escoamentos no interior de tubos cilíndricos é afetada pelo efeito de lente da curvatura da geometria. Para reduzir esse efeito, uma caixa para visualização foi montada sobre a base de aço inox, envolvendo o experimento. A caixa de visualização foi construída com placas de policarbonato com espessura de aproximadamente 2mm. Quatro placas foram presas entre si por parafusos e a caixa foi vedada com silicone. A caixa ento foi colada na base de aço inox na sua extremidade inferior e na placa de aço inox com a peça da figura 3.6 em sua extremidade superior. As dimensões da caixa de visualização são aproximadamente: 900mm de comprimento axial, 116mm de altura e 116mm de largura. Na figura 3.7 pode ser vista uma foto da caixa de visualização.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0621122/CA

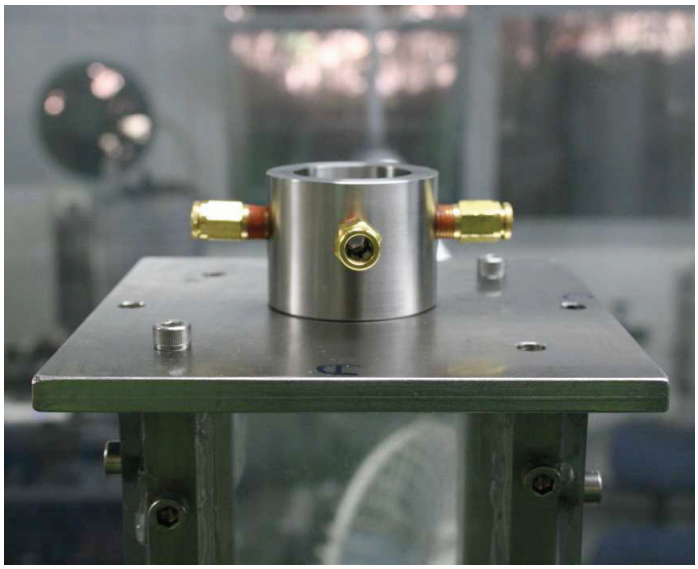

Figura 3.6: Foto da peça com conectores.

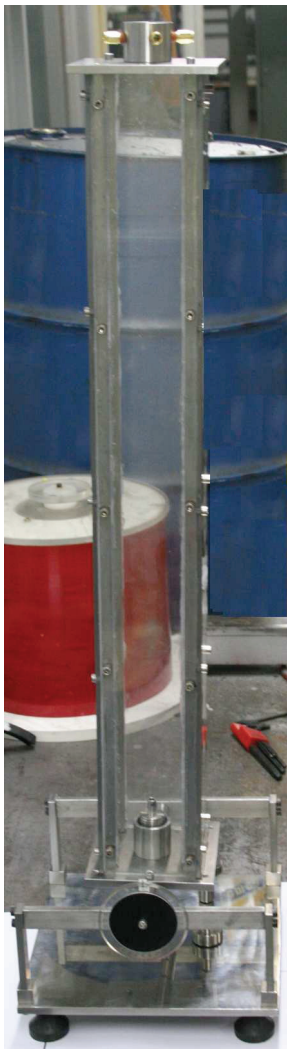

Figura 3.7: Foto da caixa de visualização.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0621122/CA

Para melhor estudar a evolução do formato da interface no processo de deslocamento de fluidos na região anular, é interessante utilizar um plano de visualização. Para tanto, misturamos a um dos fluidos de trabalho partículas traçadoras, que foram esferas ocas de vidro com cobertura metalizada modelo SH400S20 do tipo CONDUCT-O-FIL® produzida por Potters Industries Inc. importadas pela empresa R&D International Importação e Exportação Ltda - São Paulo Brasil. Essa partículas têm diâmetro médio de 13μm, sendo que 10% das partículas têm diâmetro de até 6μm e 90% têm diâmetro de até 33μm. A densidade média das esferas é de 1,6.

Essas micropartículas adicionadas ao fluido refletem a luz incidida a partir de dois feixes de laser inclinados, apontando na mesma direção e em sentidos opostos para a caixa de visualização, definindo uma seção de testes. No capítulo 4 no qual são apresentados os resultados, será explicada com mais detalhes a necessidade da inclinação e da utilização de dois feixes de laser. O comprimento de onda e a potência dos lasers foram respectivamente 670nm e 400mW.

Foram testadas a utilização de duas fendas acopladas à caixa de visualização pelo lado externo, depois foram testadas duas fendas dentro da caixa de visualização, presas ao tubo externo para auxiliar no alinhamento dos feixes de laser. Entretanto foi observado que as fendas reduziam a intensidade da luz incidindo na seção de testes e por isso, posteriormente foram retiradas e os testes foram realizados sem a utilização das fendas, alinhando-se os feixes de luz manualmente. A figura 3.8 mostra um esquema do posicionamento dos lasers em relação à caixa de visualização definindo a seção de testes e a figura 3.9 mostra uma foto dos lasers iluminando as micropartículas.

Para cada teste realizado, o formato da interface entre os fluidos é fotografado conforme ela avança através do espaço anular e então, a eficiência do deslocamento é associada a este formato . A câmera utilizada foi da marca Canon, modelo DS 126171 , com lente Canon compact-macro EF 50mm 1:2.5.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0621122/CA

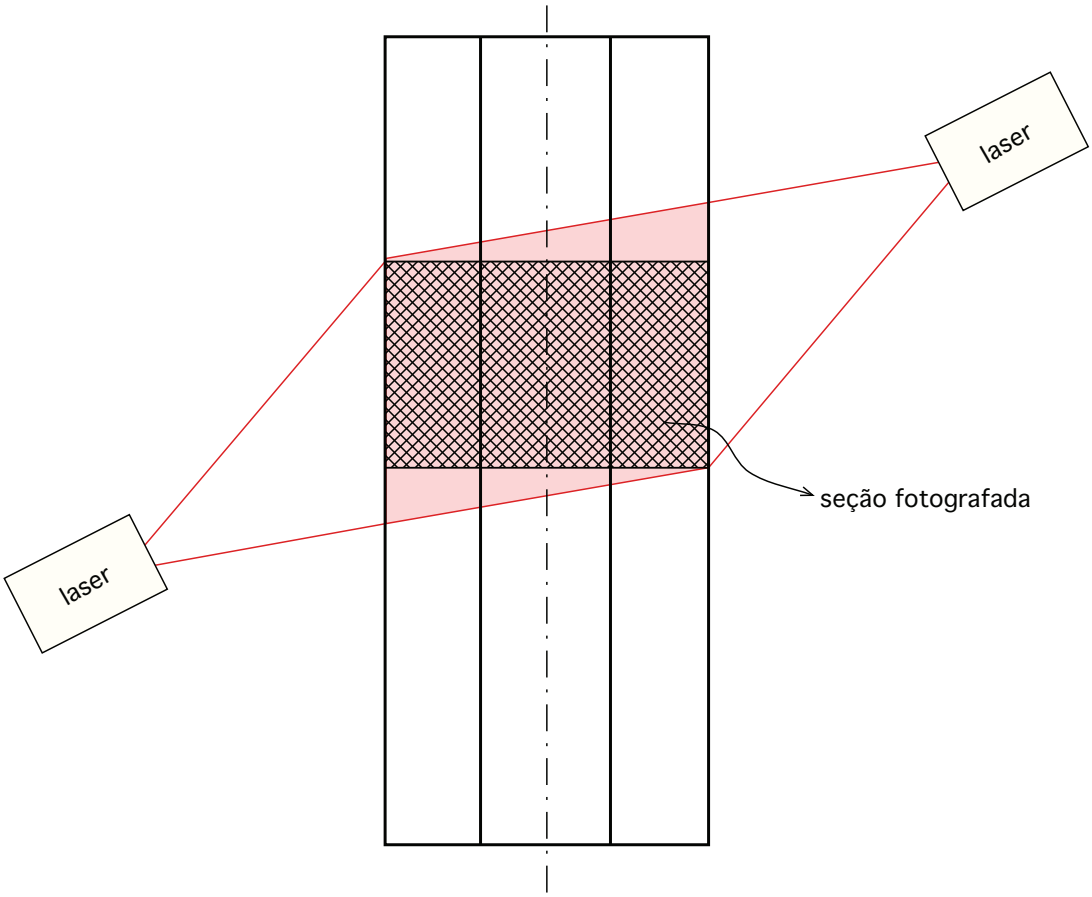

Figura 3.8: Desenho esquemático do posicionamento dos lasers.

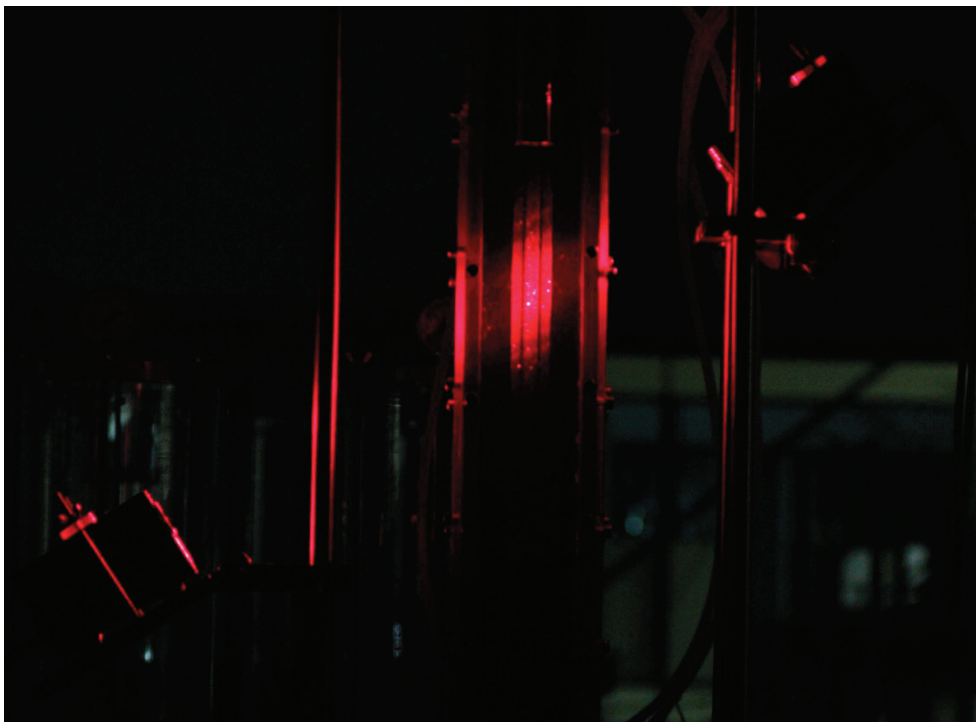

Figura 3.9: Foto dos lasers inclinados iluminando a seção de testes.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0621122/CA

3.2 Procedimento Experimental

3.2.1 Planta experimental antiga

Os testes realizados nesta planta experimental foram para representar um caso específico de um poço perfurado pela empresa Petrobras S.A. . Nesse poço foi utilizado um fluido de perfuração e um fluido espaçador, ambos com comportamento não newtoniano.

Os fluidos utilizados no experimento foram preparados no laboratório em soluções de base aquosa. A opção por soluções de base aquosa ao invés de base orgânica é devida ao fato de que as soluções de base orgânica dificultam a visualização, que por outro lado é mais clara quando são utilizadas soluções de base aquosa.

Para que os fluidos utilizados representassem o problema real, amostras dos fluidos reais de base orgânica foram caracterizadas e os fluidos preparados no laboratório à base aquosa tinham as propriedades reológicas o mais próximo possível dos fluidos originais.

Foram preparadas soluções aquosas de carbopol em diferentes concentrações para representar o comportamento não newtoniano dos fluidos de perfuração e espaçador.

Como ambas as soluções eram incolores, foi adicionado um corante à uma delas para facilitar a visualização da interface entre os fluidos. A solução aquosa de carbopol com o corante foi testada no reômetro para certificação de que o corante não influenciava as propriedades reológicas da solução.

Uma vez preparados os fluidos, foi dado início aos testes. Para isso, o espaço anular foi preenchido por uma bomba com o fluido a ser deslocado e em seguida o tubo interno foi preenchido por outra bomba com o fluido deslocador. A seguir foi iniciado o processo de deslocamento e a interface entre os dois fluidos foi capturada por uma câmera à medida que evolui pela seção de visualização. Este procedimento foi repetido três vezes para três diferentes inclinações, a saber: 0^o, 45^o e 90^o.

3.2.2 Planta experimental nova

Para começar o experimento, o tubo interno foi preenchido com o fluido deslocador através da pressurização do reservatório em que o mesmo se encontrava. O espaço anular foi então preenchido com fluido a ser deslocado da mesma maneira. A seguir, a conexão entre o espaço anular e o tubo interno

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0621122/CA

foi aberta, permitindo o contato entre os dois líquidos e formando a interface inicial.

Em seguida os lasers foram ligados e os feixes de luz atravessaram a caixa de visualização formando um plano de luz. As luzes do laboratório foram apagadas e então o processo de deslocamento está pronto para ser iniciado. O escoamento se dá para baixo no tubo interno e para cima na região anular.

O formato da interface entre os fluidos é então fotografado conforme ela evolui pelo espaço anular. A câmera é capaz de capturar de três fotos por segundo possibilitando assim a posterior análise das imagens e avaliação da eficiência de deslocamento.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0621122/CA