

ASPECTOS PRÁTICOS IMPORTANTES DOS FLUIDOS DE PERFURAÇÃO MODERNOS

Eugênio Pereira¹

1. **Resumo** - Os Fluidos de Perfuração modernos contribuem para que sondagens rotativas e a ar comprimido se tornem seguras, eficientes e controláveis. Para isto é necessário que técnicos responsáveis pelas obras estabeleçam Programas Preliminares de Fluidos adequados às litologias previstas para cada perfuração. Nas execuções dos furos são indispensáveis os controles dos parâmetros haste a haste e as correções decorrentes quando estes se tornarem inadequados. Monitoramentos exaustivos e intervenções nas horas certas são fundamentais para que se otimizem execuções e resultados obtendo-se produtividade máxima.

Palavras-chaves - Fluidos, Polímeros, Foam

2. INTRODUÇÃO

Objetiva-se neste artigo a abordagem de vários aspectos práticos importantes, e não de todos, dos Fluidos de Perfuração utilizados em construções de poços tubulares para água. As informações aqui resumidas – inclusive sobre os Fluidos Pneumáticos, um outro ramo dos Fluidos de Perfuração – destinam-se ao trabalho diário de geólogos e técnicos de campo que detectaram o papel fundamental dos Fluidos nas sondagens pelo método rotativo e, também agora, como possibilidade de combiná-los eficientemente com o sistema roto-pneumático.

3. PRÁTICAS MODERNAS EM FLUIDOS DE PERFURAÇÃO

3.1. PRELIMINARES

Os Fluidos de Perfuração podem ser divididos em 3 grandes grupos, conforme se observa na fig. 1:

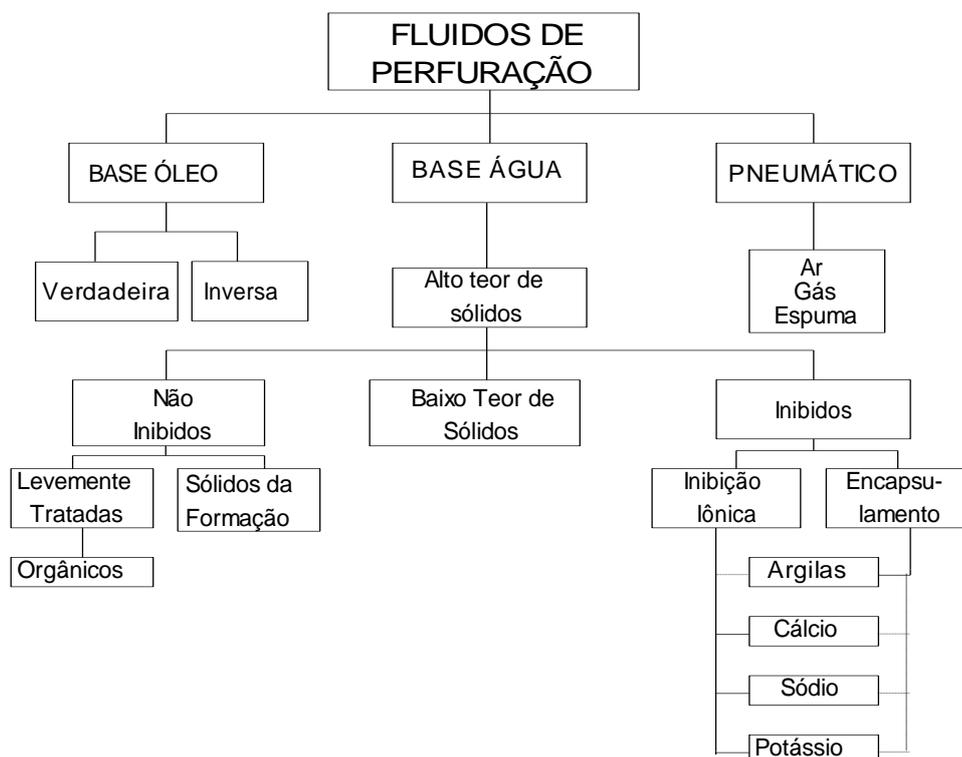


Fig. 1 Esquema Geral dos Fluidos de Perfuração (Ênfase: Baixo Teor de Sólidos)

3.1.1. Fluidos a Base de Óleo

Fluidos utilizados atualmente em cerca de 70% das perfurações para petróleo.

3.1.2. Fluidos a Base de Água

São subdivididos em dois tipos:

3.1.2.1. Fluidos de Alto Teor de Sólidos

A base de argilas hidratáveis, sendo bentonita a mais utilizada. O setor de poços de água vai seguindo os passos da área de petróleo onde a bentonita entrou em desuso a partir dos anos 90. Esta deverá ser utilizada somente em situações emergenciais quando, por exemplo, houver uma grande fuga de Fluido, ou então quando se necessitar de géis elevados (tixotropia), ou mesmo melhorar a capacidade de limpeza em grandes diâmetros e profundidades.

3.1.2.2. Fluidos de Baixo Teor de Sólidos

Utiliza a tecnologia dos polímeros que necessita de 20 vezes menos material aplicado para produzir a mesma viscosidade da bentonita. A fig. 2 resume as características de aplicação. Na fig. 3 –sobre os tipos de polímeros utilizados em perfuração – deve-se chamar a atenção dentre as composições citadas ao controvertido *uso do polímero sintético (Poly-Plus)*. Recomenda-se sua utilização *com cuidados especiais*: para furar aquíferos sempre junto com CMC AV (alta visc.) ou BV (baixa visc.); nunca deve ser misturado a bentonita; para Fm argilosas pode ser utilizado sozinho com controle de pH e mantendo-se a concentração livre de 2 l/m³ (lembrar de que é “consumido” pelas argilas).

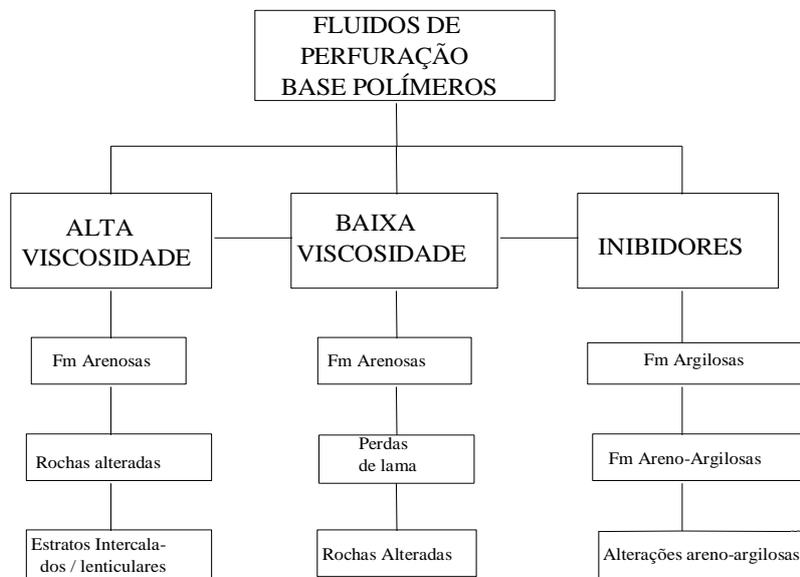


Fig.2 Principais Classes de Polímeros para Perfuração e Litologias de Atuação

Os tipos de polímeros normalmente utilizados em perfuração estão relacionados na fig. 3:

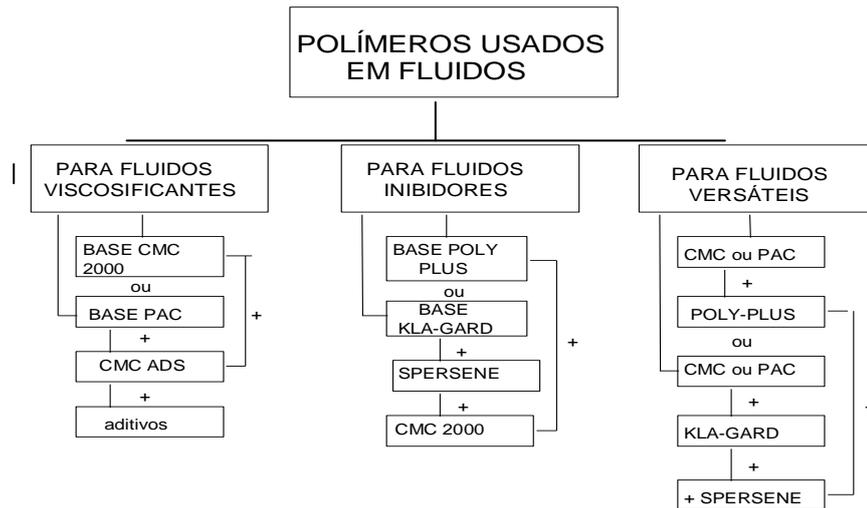


Fig. 3 Principais tipos de polímeros usados em perfuração

O Quadro I resume as formulações dos Fluidos e quantifica as concentrações normais para cada caso:

<p><u>FORMAÇÕES ARENOSAS</u> (AREIAS LIMPAS – ex.: Fm Botucatu)</p> <p>Fluido: <i>VISCOSIFICANTE (CMC 2000 AV*): 2,5 kg/m³</i> <i>SELANTE P/ EVITAR PERDAS (CMC ADS BV**): 1,5 kg/m³</i> <i>ADITIVO(Dispersante SPERSENE se necessário): 0,5 kg/m³</i></p>
<p><u>FORMAÇÕES ARENOSAS</u> (MATRIZ ARGILOSA)</p> <p>Fluido: <i>VISCOSIFICANTE (CMC 2000 AV): 2,5 kg/m³</i> <i>SELANTE P/ EVITAR PERDAS (CMC ADS BV): 1,5 kg/m³</i> <i>ADITIVOS (SPERSENE quando necessários): 0,5 kg/m³</i></p>
<p><u>FORMAÇÕES MULTICAMADAS</u> (INTERCALAÇÕES DE PACOTES ARGILOSOS E ARENOSOS)</p> <p>Fluido: <i>INIBIDOR ARGILAS (POLY-PLUS* ou Kla-Gard):2-4 litros/m³</i> <i>VISCOSIFICANTE (CMC 2000 AV):1-1,5 kg/m³</i> <i>ADITIVOS (SPERSENE): 0,5-1 kg/m³</i></p>
<p><u>FORMAÇÕES ARGILOSAS</u> (FOLHELHOS/ARGILITOS PREDOMINANTES)</p> <p>Fluido: <i>INIBIDOR/VISCOSIF. (POLY-PLUS + Kla-Gard): 4 litros/m³</i> <i>VISCOSIDADE (CMC 2000 AV): 1-1,5 kg/m³</i> * AV: alta viscos.</p>

Quadro I - Formulações de Fluidos Segundo Litologias

*Obs.: furar com POLY-PLUS (2 litros/m³) na parte inicial, ao pegar arenito (aquífero) adicionar 1 – 1,5 kg/m³ de CMC 2000 AV

3.1.3. Fluidos Pneumáticos (a base de espuma ou “Foam”)

São utilizados em perfurações a ar comprimido onde o fluido condutor ao invés de ser água é ar:

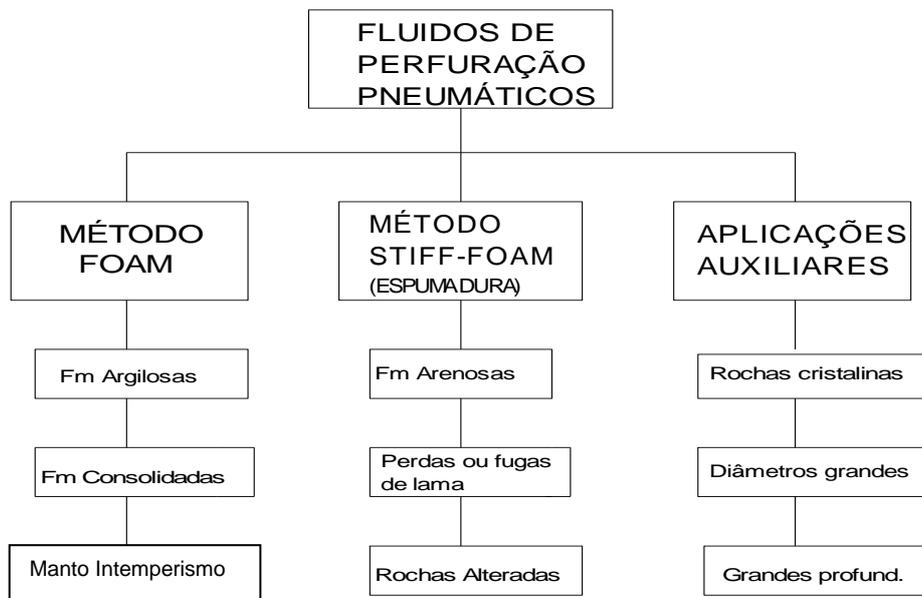


Fig. 4 Tipos de Fluidos a Base de Espuma (“Foam”) e Principais Aplicações

Utiliza-se um agente espumante (SUPER FOAM PLUS) capaz de produzir espuma (pesada e consistente) aditivada por inibidores iônicos (neutralizar argilas) e lubrificantes (evitar enceramentos), este adicionado na linha de ar através da bombinha de injeção de água no martelo.

O objetivo aqui é combinar rapidez e eficiência da sondagem roto-pneumática a capacidade dos Fluidos de Perfuração em carrear e estabilizar formações moles e friáveis. Possibilita seccionar coberturas sedimentares e mantos de intemperismos direto com o ar comprimido, sem necessidade de instalar a circulação do Fluido pelo método rotativo.

Também pode ser utilizado em situações de fuga de Fluido ou quando diâmetro e profundidade tornam avanço da perfuração inexpressivo pela velocidade anular abaixo da necessária para limpeza. Velocidades anulares de 4000-5000 pés/min serão equivalentes a 1500-2000 pés/min quando se utiliza o Método Stiff Foam (agente espumante Super Foam acrescido de CMC 2000 e/ou Bentonita).

O Quadro II detalha formulações e concentrações recomendadas.

Litologia	Método	Produto(s)	Dosagem	Observações
<i>Arg/Sed consol</i>	Foam	Super Foam	2 litros / m ³	Poly-plus*
<i>Arg-Areias</i>	Foam	Super Foam	3 litros / m ³	Poly-plus*
<i>Areias fríasveis e/ou cascalhos</i>	Stiff-foam	Super Foam + CMC 2000	2 litros/m ³	utilizar CMC líquido e/ou bentonita
			1-2 kg/m ³	
<i>Rocha alterada e/ou pedaço rocha</i>	Stiff-foam	Super Foam + Bentonita	2 litros/m ³	hidratar bentonita 12h e misturar
			6-12 kg/m ³	
<i>Rochas duras</i>	Foam	Foam	2-3 litros/m ³	Poly-plus*

Quadro II - Resumo das Aplicações dos Fluidos Pneumáticos

* Uso eventual de Poly-Plus (1 litro/m³) para melhorar limpeza e enceramento do bit

4. FLUIDOS DE PERFURAÇÃO: INFRAESTRUTURA NECESSÁRIA

4.1. EQUIPAMENTOS PARA BOMBEAR FLUIDO:

Bombas Centrífguas	> vazão < pressão
Bombas de Pistão	> vazão < pressão

4.2. EQUIPAMENTOS PARA EXTRAÇÃO DE SÓLIDOS:

Peneiras Vibratórias
Desareidores
Dessiltadores

4.3. ACONDICIONADORES DE FLUIDOS:

Tanques Subterrâneos	Sondas Pequenas (poços até 600m)
Tanques Elevados	Sondas Grandes (“poções”)

4.4. EQUIPAMENTOS PARA MONITORAMENTO DE FLUIDOS:

Kit simplificado de Campo	Funil e Copo (Viscosidade Marsh) Balança de Densidade (peso) medidor de pH medidor de areia (teor de areia)
Laboratório de Campo (+ kit simplificado acima)	Reômetro (V.A., V.P. e L.E.) Prensa de Filtrado (reboco/filtrado) Retorta (teor de sólidos) Reagentes (análises hidroquímicas)

4. ELABORAÇÃO DE PROGRAMAS DE FLUIDOS

De posse do projeto construtivo do Poço Tubular é possível elaborar um Programa de Fluido onde serão definidos os materiais aplicados e as respectivas quantidades previstas para toda obra, como também a formulação do Fluido junto a uma predefinição dos parâmetros adequados para controle ao longo da sondagem. Recomendações para correções da água a ser utilizada e, no final, para compor o Fluido lavador deverão constar neste programa. O Quadro III apresenta uma sugestão de roteiro a ser seguido.

5. ELEMENTOS DO CANTEIRO

Para o cálculo de volume necessário de Fluido de Perfuração devem ser considerados a profundidade prevista em projeto, a seqüência litológica provável e os diâmetros finais do poço. Admite-se um volume mínimo de 30% para o tanque de decantação principal, ou de sucção, em relação ao volume total do sistema (poço + tanques + canaletas). Em casos de Fm arenosas aconselha-se que o volume se aproxime de 50%.

<u>PROGRAMAÇÃO PRELIMINAR DE FLUIDO DE PERFURAÇÃO</u>
<u>Obra:</u> Local: Poço Local: Empresa:
<u>Introdução</u> A geologia do local previsto para construção do poço
<u>Resumo do Projeto</u> Perfuração: de 0 a ___ m: Ø Ø ___” Revestimento: de 0 a ___ m Ø ___” Filtros: ___ m Ø ___” Pré-filtro: tipo _____ granulometria: ___ a ___ mm Previsão de Projeto: NE: ___ m ND: ___ m Vazão: ___ m ³ /h Rebaixamento: ___ m Vazão Específica: ___ m ³ /h.m
<u>Cálculos Volumétricos e Sugestões para Canteiro</u> Cálculos dos volumes de Fluidos necessários para toda obra e esquematização de tanques e canaletas recomendados (de acordo com espaço disponível para instalar caoteiro)
<u>Programa de Fluido de Perfuração</u> Descrição das classes Fluidos previstas segundo a litologia do local.
<u>Fluido Recomendado</u> Descrição dos tipos de Fluidos programados e respectivas concentrações (kg/m ³).
<u>Quantidades Previstas de Materiais para Fluido</u> Descrição das quantidades totais previstas para cada tipo de Fluido e aditivos programados
<u>Recomendações</u> Alertas quanto a qualidade inicial da água prevista e sugestões para Fluido (“colchão”) lavador para instalação de pré-filtro.

Quadro III - Modelo de Programa Preliminar de Fluidos de Perfuração

Os tanques em geral devem ter seção retangular, sempre obedecendo a profundidade mínima necessária para a instalação do mangote de sucção da bomba de lama. Devem ser 3, ou mais, como mostra a fig. 5.

As canaletas devem ter seções retangulares, larguras e profundidades mínimas estimadas em função da vazão do Fluido de Perfuração. Para débitos de bombas da ordem de 60 a 70 m³/h, a largura ideal está em torno de 45 cm e a profundidade de 15 cm. O comprimento das canaletas deve ser calculado tendo como parâmetros as litologias atravessadas. Para litologias predominantemente arenosas além de comprimentos maiores devem ser usados recursos para melhorar a decantação: canaletas mais longas,

obstáculos, decantadores auxiliares, outros tanques e desareidores/dessiltadores. A declividade deve ser 0. As figuras 7 e 8 apresentam duas sugestões de canteiros planejados.

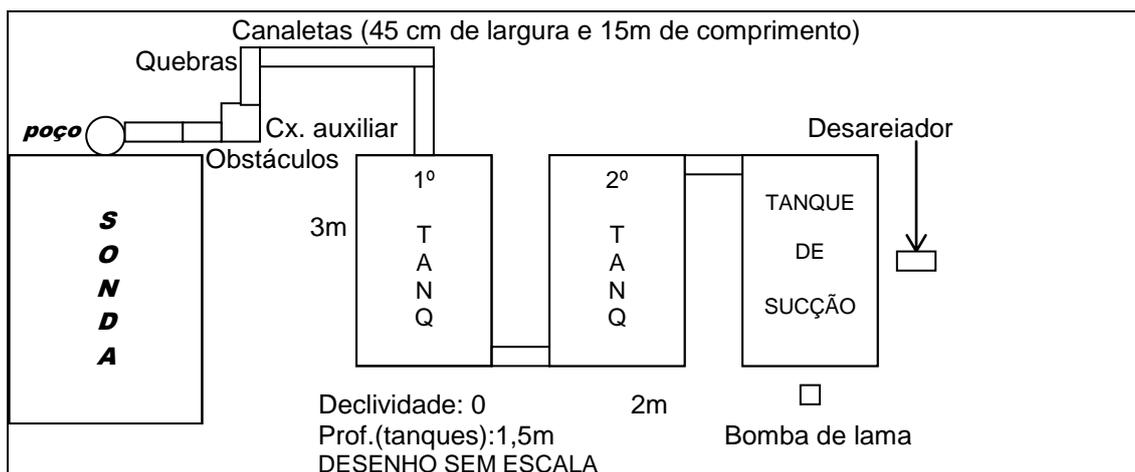


Fig. 5 Modelo de canteiro com tanques separados

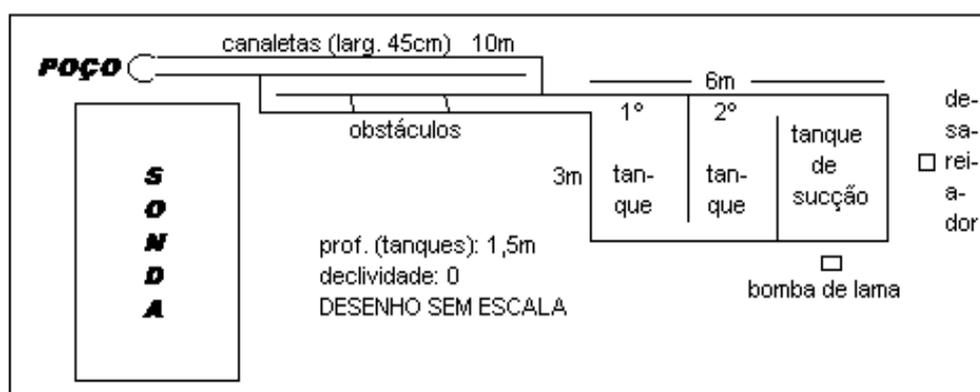


Fig. 6 - Modelo de canteiro com tanques unidos

Observe que os desareidores estão colocados no último tanque, fazendo um circuito fechado para extrair o que sobrou de sólidos até então. A colocação do desareiator antes não é recomendada pois este coloca em suspensão sólidos já depositados no fundo do tanque e portanto acaba funcionando mais como um agitador. Os desareidores (cones > \varnothing 6") removem partículas até 0,074 mm. Os dessiltadores (cones = \varnothing 6") removem partículas até 0,032 mm. Sobram ainda muitos sólidos para serem removidos se forem colocados em suspensão.

6. CONFEÇÃO DO FLUIDO PARA INICIAR FURO-GUIA

6.1. PROVIDÊNCIAS PRELIMINARES

Conferir qualidade química da água que vai compor o Fluido:

- Dureza alta (> 300ppm): corrigir adicionando 0,7 kg/m³ de barrilha leve e 0,5 kg/m³ de soda cáustica.
- pH (< ou > 8,5-10,5): adicionar soda cáustica 98% para alcalinizar (0,10 kg/m³) ou ácido muriático para acidificar (0,10-0.50 l/m³)
- Cloreto alto (> 5000ppm): pré-hidratar bentonita com água doce e usar polímeros para água salgada (PAC's / CMC 600)

No caso de aquíferos de alta pressão (poços surgentes) deverá ser calculado o peso específico necessário para “matar” o jorro e adensar o Fluido quando a perfuração estiver próxima da Fm produtora. Proceder:

- O agravamento deverá ser feito com barita ($P_{esp}=4,2 \text{ g/cm}^3$)
- A fórmula para calcular a quantidade de barita a ser adicionada é a seguinte: $4200 \frac{(D2 - D1)}{(4,2 - D2)} = \text{kg/m}^3 \text{ de barita}$
 $D1 = \text{peso inicial (em g/cm}^3) \quad D2 = \text{peso final (em g/cm}^3)$

6.2. ELABORAÇÃO DO FLUIDO

Devem ser obedecidas as seguintes etapas:

- Corrigir pH e aspectos químicos da água (item 6.1)
- Bater CMC de alta viscosidade: 40 min/saco 25kg
- Bater CMC de baixa viscosidade: 30 min/saco 25 kg
- Bater aditivos: Polímero inibidor, Spersene, detergentes

Obs.: no caso de usar bentonita esta deve ser batida (15 min/saco 25kg) primeiro sem corrigir pH da água (se for próximo ao neutro), pois esta já tem barrilha. Depois deve-se medir pH e se ainda estiver abaixo de 8,5, aí sim adicionar soda cáustica.

7. PROCEDIMENTOS E PARÂMETROS SATISFATÓRIOS

7.1. FURO-GUIA

O Fluido já deve ser controlado no furo-guia e este servir como indicador para o controle principal na reabertura. O técnico deve ter em mãos uma planilha com os itens relacionados no Quadro IV e fazer medidas de haste em haste. Deve ser observado principalmente a capacidade de limpeza (viscosidade), peso específico, teor de sólidos, controle de reboco e filtrado (perdas de Fluido). O uso de bentonita nesta fase é opcional (vai ocasionar a troca total do Fluido na reabertura).

7.2. REABERTURA

Para iniciar o alargamento do furo-guia é aconselhável que o Fluido esteja com todos os parâmetros adequados.

Parâmetros de Controles	Valores Desejáveis
Viscosidade Marsh (seg/quart)	
Peso (lb/gal)	40 a 60
pH	< ou = 9
Viscosidade Aparente (cP)	8,5 a 10
Viscosidade Plástica (cP)	20 a 40
Limite de Escoamento (lb/100pés ²)	8 a 20
Gel (lb/100pés ²)	10 a 20
Teor de Areia (%)	3 a 6
Teor de Sólidos (vol. %)	< 1
Filtrado (cm ³)	< 5
Reboco (mm)	< 15
Rendimento de CMC ou PAC AV (kg/m ³)	< 1
	< ou = 2,6
Concentração de CMC ADS BV (kg/m ³)	0.5 a 1.0
	0.1 a 1.0
Concentração de Soda Cáustica (kg/m ³)	0.3 a 0.5
Concentração de Spersene (kg/m ³)	

Quadro IV - Controle de Campo para Fluidos de Perfuração

Se não for o caso, este deve ser trocado, parcialmente ou totalmente, ao menos quando a última reabertura chegar às zonas produtoras (aquíferos) já delimitadas pela perfilagem elétrica executada no final do furo-guia. O controle de peso, reboco e filtrado é fundamental nesta fase. A viscosidade deve ser a suficiente para que haja uma remoção total dos recortes. As formulações possíveis estão indicadas no Quadro I. O uso de bentonita deve ser evitado.

8. INTERVENÇÕES NECESSÁRIAS PARA CONTROLE

Os *problemas* mais comuns para serem corrigidos são:

- I. Incorporação de argila ao Fluido (\uparrow peso \uparrow viscosidade \uparrow teor de sólidos \uparrow reboco \uparrow filtração)
- II. Teor de areia alto ($> 1\%$)
- III. Perdas por filtrações (\uparrow filtração \uparrow reboco)
- IV. Fuga de Fluido ocasionando perda de circulação (fraturas, cavernas, zonas \uparrow permeáveis)
- V. Limpeza ineficiente de recortes (\downarrow viscosidade \downarrow gel \uparrow peso)
- VI. Refluxo ao interromper circulação (\downarrow gel \downarrow viscosidade)
- VII. Prisões diferenciais da coluna de perfuração

As *correções* devem ser as seguintes:

- I. Adição de polímero inibidor de argilas (Poly-Plus ou Kla-Gard – 2 a 4 kg/m³). Ou então diluição com água de 30% ou mais. Spersene não reduz peso, é só afinante.
- II. Melhora da decantação. Uso de desareiaadores e dessiltadores.
- III. Uso de CMC ADS BV (no mínimo 1,5 kg/m³)
- IV. Uso de polímeros expansivos (aumenta 200 x – 120 kg/m³)
- V. Adicionar CMC AV e elevar a V_{marsh} até 80 seg/quart
- VI. Adicionar CMC AV. Em casos extremos adicionar bentonita (no máximo 6 kg/m³) ou biopolímero (XCD – 4 kg/m³)
- VII. Uso de Fluidos Poliméricos (\downarrow Peso \downarrow Reboco \downarrow Filtrado)

9. CONDICIONAMENTO DO FLUIDO DE COMPLETAÇÃO

O Fluido de Completação (“colchão lavador”) é destinado a aplicação de pré-filtro e constitui-se em etapa fundamental para otimizar a produtividade do poço. Deve ser composto das seguintes procedimentos:

- I. Antes do revestimento, afina-se o Fluido com água limpa até $V_{\text{marsh}} < 30$ seg/quart
- II. Aplica-se o oxidante Hipoclorito de Sódio (10%) a 20 l/m³ (2%)
- III. Após o revestimento afina-se até viscosidade da água
- IV. Aplica-se Hexametáfosfato de Sódio (5 kg/m³) e circula-se até completar-se 3 ciclos

V. Inicia-se a descida do pré-filtro

Obs.: após o poço pronto é aconselhável uma nova dosagem de Hexa (5-8 kg/m³) para remover os sólidos depositados nas aberturas dos filtros.

Produto Aplicado	Etapa de aplicação	Concentrações médias
Hipoclorito de Sódio(10%)	Afina para revestir (Vmarsh=30seg/quart)	2%
Hexametáfosfato de Sódio	Afina para empedregulhar (Vmarsh<27seg/quart)	3 kg/m ³

Quadro V - Resumo das Etapas de Execução do “Colchão Lavador”

10. OBSERVAÇÕES FINAIS

10.1. OS FLUIDOS POLIMÉRICOS DE BAIXO TEOR DE SÓLIDOS apresentam-se como melhor alternativa para minimizar danos à permeabilidade na região envoltória da área drenante do revestimento.

10.2. A EXTRAÇÃO DE SÓLIDOS do Fluido durante a perfuração através do sistema de decantação externo (tanques, canaletas e desareidores) e de polímeros inibidores (Poly-Plus ou Kla-Gard) é o mecanismo que preservará o Fluido de incorporações de argilas e teores altos de areia (> 1%) para deixá-lo com características próximas as que iniciou (poderá ser reaproveitado).

10.3. O POLÍMERO SINTÉTICO é ferramenta importante para incrementar o avanço de perfuração das “cabeças” de poços do sistema roto-pneumático no embasamento cristalino (Fm argilosas). Para obter rapidez (o avanço é 3 vezes maior nos argilitos) é necessário trabalhar-se com tanques grandes (2 vezes o volume final do furo a ser revestido) e adicionar continuamente o polímero a medida que vai sendo consumido pelas reações com as argilas (perde viscosidade).

10.4. EXPERIÊNCIA DOS FLUIDOS PNEUMÁTICOS demonstra efetividade como alternativa para melhorar a rapidez da parte inicial dos poços de martelo. A maior

vantagem será a eliminação do sistema de decantação do método rotativo. A desvantagem é o acúmulo de espuma quando a sondagem se der em área urbana. Poderá ser aproveitado também para se misturar a bentonita em perfurações com percussora.

11. BIBLIOGRAFIA

Manual de Engenharia dos Fluidos de Perfuração – M-I Drilling Fluids – Revisão 1972

Quezada, A.E.D.; Oliveira, T; Barboza; A.L.F.; *Aplicações de Carboximetilcelulose em Fluidos de Perfuração*, Gr.Ultra, 1992

Pereira, E.; Bianchi, C.; Filho, F.W.B.F.; Souza, J.C.S de.; *Reprogramação dos Fluidos de Perfuração em Poços da SABESP no Vale do Paraíba*, X Encontro Nacional de Perfuradores de Poços, Campo Grande (MS), pp. 73-83, 1997

12. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Geól. Jorge Elias Lamas Mamede (JUNDSONDAS) e ao Geól. Nelson Breveglieri Júnior (GEOPLAN) por informações técnicas, levantamento de dados e apoio de campo recebidos.