

Ocorrência de gás sulfídrico durante a perfuração de poço tubular profundo em São José do Rio Preto - SP

Luiz Fernando Loffredo (1)

Luiz Guidorzi (2)

Flávio de Paula e Silva (3)

Rosa Beatriz Gouveia da Silva (4) (in memoriam)

1 Introdução

Durante a fase final de perfuração de um poço tubular profundo para abastecimento de água no bairro Jardim Urano, município de São José do Rio Preto, localizado na região noroeste do Estado de São Paulo (Figura 1), foi constatado o aparecimento de gás sulfídrico (H_2S) no fluido de perfuração, preparado à base de polímero orgânico (CMC).

Este artigo relata as providências tomadas pelo DAEE e as operações realizadas para completação do poço e os estudos levados a efeito para determinação das causas e proveniência do H_2S , evitando-se que o poço fosse precipitadamente tamponado e abandonado, comprometendo o sistema de abastecimento daquele município.

2 Aspectos geológicos

A cidade de São José do Rio Preto assenta-se sobre sedimentos mesozóicos da Bacia do Paraná correspondentes ao Grupo Bauru, atribuídos à Formação Adamantina. Esta unidade ocorre por grande extensão ao Oeste do Estado de São Paulo e compreende um conjunto de fácies cuja principal característica é a presença de bancos de arenito de granulação fina a muito fina, de tons avermelhados, espessuras variáveis, intercalados com bancos de lamitos, siltitos e arenitos lamíticos castanho-avermelhados, depositados em ambiente fluvial meandrante. A espessura desta unidade na área ultrapassa 200 metros.

Em subsuperfície, recoberta pela Formação Adamantina, jazem espessos derrames de rochas basálticas pertencentes à Formação Serra Geral, de idade juro-cretácica, com espessura em torno de 700 metros.

(1) Engenheiro do Departamento de Água e Energia Elétrica de São Paulo — DAEE.

(2) Geólogo da Contep-Companhia Técnica de Perfuração.

(3) Geólogo do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo — IPT.

(4) Geóloga do Departamento de Água e Energia Elétrica de São Paulo — DAEE.

Subjacente às rochas basálticas posicionam-se as formações Botucatu e Pirambóia, compreendendo sedimentos predominantemente arenosos, de granulometria fina a média, bem selecionados, pouco argilosos, friáveis, com boa porosidade, gradando para arenitos heterogêneos, grosseiros, às vezes conglomeráticos, argilosos, mal-selecionados, com frequentes intercalações de lamito vermelho, mole. Devido às suas características texturais e seu posicionamento estratigráfico, esta unidade se constitui no principal

sistema aquífero da região, com espessura superior a 300 metros.

3 Características de projeto

Perfurações anteriores do DAEE na área demonstraram que as porções superiores da Formação Serra Geral, correspondentes à câmara de bombeamento, apresentavam-se bastante fraturadas, com tendência a desprendimento de fragmentos rochosos de basalto, quando não revestidas, ocasio-

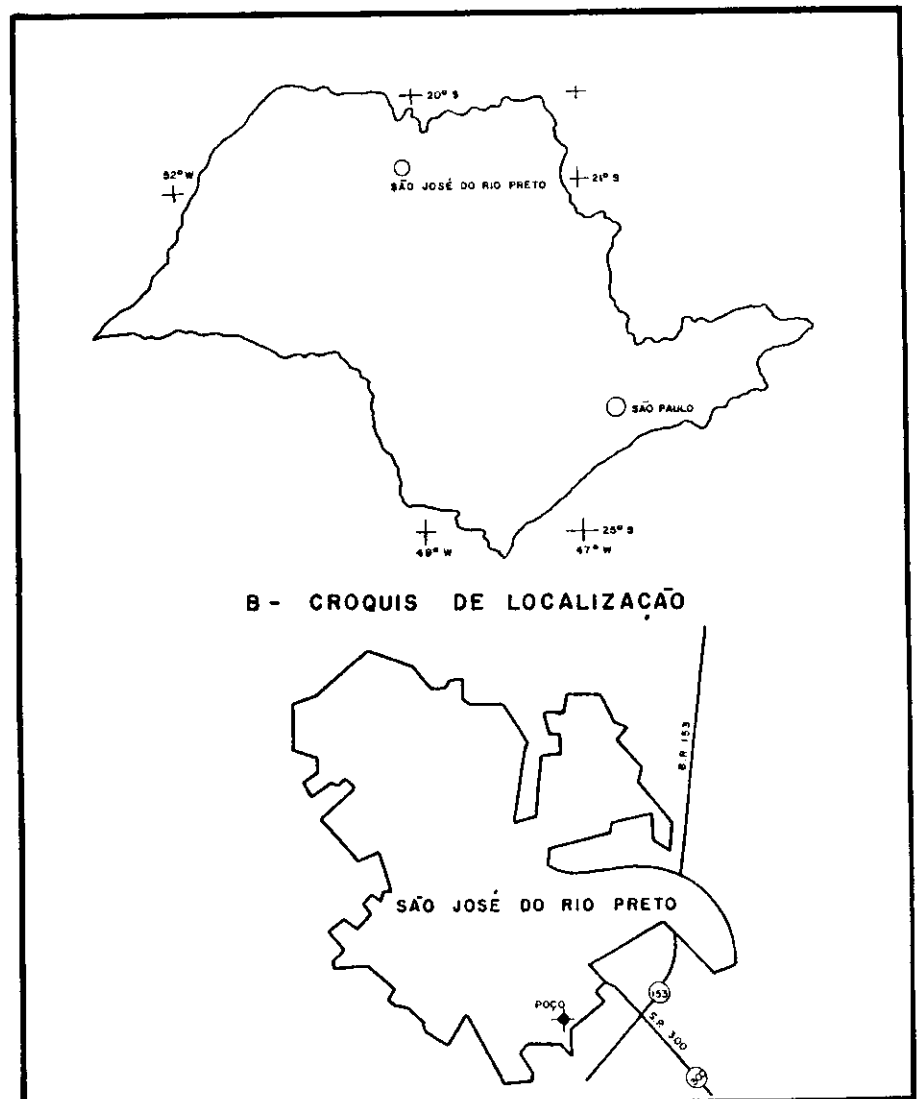


Figura 1-A — Localização do município no Estado de São Paulo

nando danos nos equipamentos de bombeamento. A elaboração do projeto original do poço profundo do Jardim Urano previa o revestimento total da câmara de bombeamento com o objetivo de evitar a erosão das paredes e proteger o equipamento de bombeamento.

A Figura 2 compara o projeto original com projetos anteriormente realizados pelo próprio DAEE.

4 Histórico da perfuração

A perfuração foi realizada em 12¼" dentro do basalto quando aos 640 m houve aumento da taxa de penetração e a viscosidade do fluido de perfuração à base de bentonita diminuiu, indicando a presença de uma "entrada d'água" naquele trecho. Houve "enceramento" da broca e a mesma foi retirada para limpeza.

A partir daí, a perfuração prosseguiu normalmente até 825 m quando foi atingido o topo da Formação Botucatu. Após o revestimento e cimentação da câmara de bombeamento, preparou-se para perfurar o arenito, substituindo o fluido inicial por fluido à base de polímero orgânico (CMC).

Antes da substituição, a firma foi orientada para executar uma operação de "jateamento" das paredes do poço com solução de água e soda cáustica, na proporção de 2,5 lb/bbl, com a finalidade de diminuir a contaminação do fluido de CMC por partículas de bentonita oriundas do reboco aderido às paredes. Este procedimento foi adotado em função dos excelentes resultados obtidos em poços projetados pelo DAEE em outras oportunidades (Araraquara, Bauru, Ibaté, entre outros).

Após a substituição do fluido, iniciou-se a perfuração do furo-guia no arenito produtor, observando-se um baixo rendimento do polímero, acarretando um consumo excessivo do material para manter o fluido com as características desejáveis. O consumo elevado implicou, posteriormente, a paralisação da reabertura para 17½" por falta do produto, visto na ocasião não haver condições de reposição imediata.

Quando do reinício das operações constatou-se degradação total do fluido contido no poço, assumindo coloração negra, com forte odor de enxofre e perda total das propriedades reológicas. Após sucessivas trocas do

fluido e mantido o quadro de decomposição do CMC, foi providenciada a vinda de um especialista em fluidos de perfuração, que ao término de várias análises de campo constatou a presença de gás sulfídrico. A quebra e o aparecimento de orifícios em algumas hastes de perfuração e o aspecto enegrecido dos tanques de lama corroboravam com a suspeita de zona produtora de H₂S.

Foram coletadas amostras circuladas do fluido deteriorado relativas a várias profundidades (Tabela 1) para análises posteriores.

Suspeitando-se que a presença de H₂S no poço poderia ser atribuída à degradação da lama pelo ataque de bactérias, concentradas no trecho 600/640 m, foram adicionados hipoclorito de sódio, para eliminar possíveis focos e óxido de zinco, para neutralizar quimicamente o H₂S, permitindo que as características do fluido pudessem ser

mantidas nos padrões normais, possibilitando a completação do poço.

5 Operações de completação

Uma vez determinado o intervalo mais provável de produção do gás sulfídrico, decidiu-se por isolar totalmente o trecho problemático, cimentando-se o espaço entre as paredes do poço e a coluna de produção, a fim de garantir a qualidade da água.

Para estas operações foram chamadas firmas especializadas que atuam principalmente no setor petrolífero.

Após a descida da coluna de revestimento com "bridge plug" aos 755 m foi realizada operação de canhoneio, pela GO Internacional, na altura de 725 m, em duas séries de quatro disparos simultâneos. Sobre o "bridge plug" foi depositado um volume de

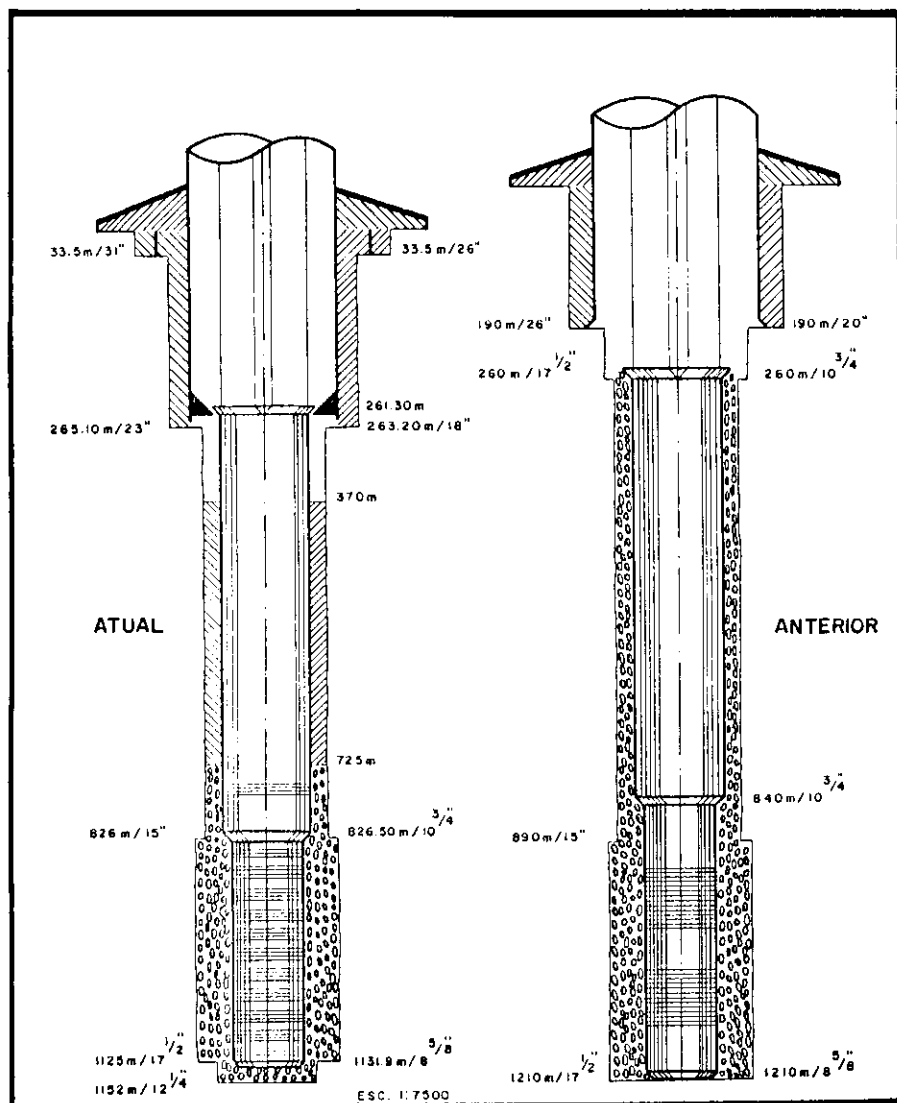


Figura 2 — Esquema comparativo entre os projetos

Tabela 1 — Características do fluido deteriorado amostrado

Amostra	t C	pH	Prof. (m)	Tempo/Circ. (min)
1	29,7	8,9	570	53
2	28,6	8,9	600	56
3	29,7	8,8	630	59
4	30,3	8,7	660	62
5	30,3	8,6	690	65

Prof.(m) = profundidade provável em metro

Tempo/Circ. = tempo de circulação do fluido amostrado.

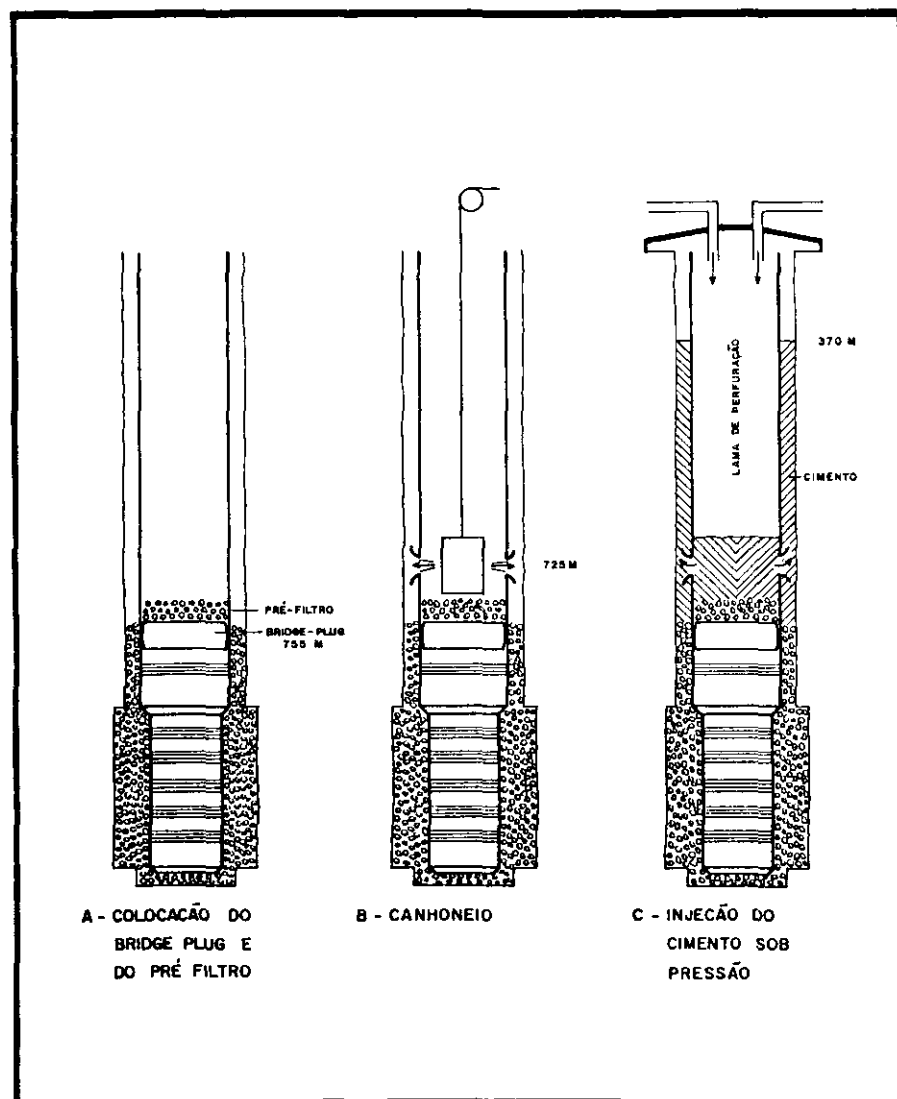


Figura 3 — Esquema das operações de completação

pré-filtro ocupando uma altura de 10 metros. Em seguida a Dowell realizou os serviços de cimentação, tendo sido injetados aproximadamente 25 m³ de pasta de cimento e água. Após o tempo de pega, o cimento remanescente da tubulação foi cortado, o plug foi retirado e foi realizada circulação e limpeza com hipoclorito de sódio.

A Figura 3 esquematiza as operações de completação.

6 Estudos complementares e resultados

Com o objetivo de detectar as causas do aparecimento e proveniência

do gás sulfídrico durante a perfuração, foram realizados estudos envolvendo análises bacteriológicas e químicas das amostras do fluido de perfuração deteriorado, coletadas em diversas profundidades ao longo do trecho onde ocorreram anomalias. Foram providenciados também exames do polímero orgânico (carboxil-metil-celulose), componente principal do fluido.

As hastes de perfuração (drill-pipes) que apresentaram problemas de quebra ou furos foram enviadas a laboratório para exame e averiguação das causas das fraturas.

Amostras de calha compreendidas no intervalo 620/660 m também receberam minuciosa análise para determinação dos teores de sulfato presentes no basalto.

O CMC puro não apresentou nenhuma anomalia no exame bacteriológico (Tabela 5). Já o fluido de perfuração alterado demonstrou presença de grandes quantidades de bactérias redutoras de sulfato (*Desulfobrio*) e elevada contagem de bactérias heterotróficas em placas (Tabela 2). No exame químico de sulfato e sulfeto constataram-se teores elevados (350 e 3,5 mg/l, respectivamente) apenas na amostra circulada correspondente ao intervalo 620/660 m (Tabela 3).

As determinações de sulfato realizadas nas amostras de calha de basaltos do trecho acima citado variaram de 2.000 a 3.400 ppm, quando valores esperados para basaltos toleíticos são no máximo da ordem de 1.000 ppm (*Handbook of Geochemistry*, Executive Editor K. H. Wedepohl, Germany, 1972) (Tabela 4).

Os resultados dos exames efetuados nas hastes de perfuração indicaram que em apenas uma das hastes houve fratura sob a influência do gás sulfídrico (corrosão sob tensão). As fraturas das demais amostras foram devidas à fadiga sob corrosão, tendo como causa aditiva a alta agressividade da lama de perfuração (relatório IPT 23.286).

7 Conclusões

Pelo exposto conclui-se que:

— O CMC puro não apresentou alterações bacteriológicas relevantes não sendo, portanto, ele próprio a causa do aparecimento do H₂S.

— As rochas basálticas não poderiam por si só produzir H₂S ou alojarem bactérias anaeróbias em virtude de sua composição química e ori-

Tabela 2 — Exames microbiológicos de amostras de lama deterioradas

Nº da Amostra	Hora	Temperatura Ar °C	pH	NMP / 100 ml			Contagem de Bactérias Heterotróficas em Placas UFC/ml*
				Bactérias red. do Sulfato	Coliformes		
					Totais	Fecais	
1	19:40	37	8,9	8,0 x 10 ³	140	< 2	6.500
2	19:43	37	8,9	5,0 x 10 ³	9	< 2	6.500
3	19:46	37	8,8	800	2	< 2	6.500
4	19:49	37	8,7	8,0 x 10 ³	2	< 2	6.500
5	19:52	37	8,6	9 x 10 ³	2	< 2	6.500

*UFC = Unidade formadora de colônia

Obs.: Métodos de análises baseados na 16ª Edição do "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" - APHA - AWWA - WPCF.

Análises efetuadas pela CETESB.

Tabela 3 — Análises químicas de sulfato e Sulfeto de Amostras de lama deterioradas

Nº da Amostra	Hora da Coleta	Temperatura		pH Campo	pH	Sulfato Mg/l SO	Sulfeto Mg/l S
		°C	Ar				
1	19:40	37		8,9	-	-	-
2	19:43	37		8,9	-	-	-
3	19:46	37		8,8	8,90	350	3,9
4	19:49	37		8,7	-	-	-
5	19:52	37		8,6	-	-	-

Obs.: Métodos de análises baseados na 16ª Edição do "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" - APHA - AWWA - WPCF.

Análises efetuadas pela CETESB.

Profundidade da amostra	Teor de sulfato (%)
620m	0,29
624m	0,30
628m	0,20
632m	0,24
636m	0,23
640m	0,24
644m	0,24
648m	0,30
652m	0,22
656m	0,34
660m	0,20

Obs.: Resultados obtidos pela determinação do enxofre total e convertidos para sulfato.

Análises efetuadas pelo I.P.T.

Exames	Resultados
Contagem padrão de bactérias	Ausentes
Coliformes totais	< 20 N.M.P/100 ml
Coliformes fecais	Ausentes

Tabela 4 — Teores de sulfato determinado em amostras de calha de basalto

(Empty table content)

Tabela 5 — Análises bacteriológicas realizadas em amostras de CMC

(Empty table content)

gem, pois não apresentam matéria orgânica como as rochas sedimentares, geradoras de gás e/ou petróleo.

— A presença de gás sulfídrico ou hidrogênio pode induzir o processo de corrosão sob tensão em tubos de aço carbono de alta resistência mecânica e cuja dureza seja superior a 22 RC, como no caso de uma amostra de tubo fraturado. Neste sentido, sugere-se maior aprofundamento dos estudos sobre a ação deste tipo de lama sobre as ferramentas de perfuração e como minorar seu desgaste (Relatório IPT n.º 23.286).

— A confirmada presença de H₂S deve ser atribuída à introdução, de forma involuntária, de bactérias anaeróbias entre outras (seja pela água de perfuração, ferramentas sujas etc.). Estas bactérias (Desulfovibrio) também são chamadas facultativas e podem ser encontradas em estado de latência em qualquer ambiente aeróbio (solo, água etc.). Quando encontram condições propícias (anaerobiose, fonte de nutrientes orgânicos e de enxofre), proliferam com rapidez e utilizam sulfato para respiração, produzindo H₂S. No caso, o CMC seria o nutriente, o poço profundo e parado temporariamente criou condições de anaerobiose e a fonte de sulfato seria oriunda provavelmente do basalto e/ou de suas águas.

— O fato de o problema ter sido resolvido com adição de hipoclorito de sódio indica que, exterminadas as bactérias, a produção do H₂S cessou completamente.

— Acredita-se que a água fornecida pelos basaltos neste caso poderia apresentar teores elevados de sulfatos. Pelo fato de o poço ter sido cimentado até a profundidade da ordem de 700 m este problema foi eliminado.

— Análises químicas e bacteriológicas da água do poço do Jardim Urano, efetuadas após o desenvolvimento, atestam sua excelente qualidade e potabilidade, comprovando a eficiência dos métodos empregados pelo DAEE, para que o poço pudesse ser aproveitado, evitando que fosse precipitadamente tamponado e abandonado.

8 Bibliografia

- Relatório DAEE/DTS — Presença de H₂S em poço profundo em São José do Rio Preto, Rosa Beatriz Gouveia da Silva, 1986.
- Relatório IPT/SP — n.º 23.286 — Estudo das causas de fratura e corrosão em tubos de perfuração.