

8 NOV 13 26 88 815958

RIO - GB

6648-65

[Handwritten signature]

EUVALDO FREIRE CARVALHO LUZ, titular das autorizações de pesquisa referentes ao Decreto nº ~~33~~ 356 de 4 de outubro de 1966 e Alvarás de Pesquisa nº 288, 289, 290 e 291 de 12 de dezembro de 1967, em cumprimento ao Código de Mineração, apresenta, em duas vias, para a devida aprovação, o relatório da pesquisa realizada nas áreas acima referidas, elaborado pelo Engenheiro de Minas Sandoval Carneiro de Almeida.

N. Termos

P. Deferimento

Rio de Janeiro, 8 de novembro de 1968

[Handwritten signature of Euvaldo Freire Carvalho Luz]
Euvaldo Freire Carvalho Luz

INTRODUÇÃO

O presente estudo cobre uma bacia de salgema, que ocorre sob a parte oeste da cidade de Maceió, a uma profundidade de 1.000 metros.

A área foi coberta com cinco requerimentos de pesquisa, dos quais resultaram o Decreto nº 59.356 de 4-10-66 e os quatro Alvarás de números 288-289 290 e 291 de 12-12-67.

Os elementos disponíveis, especialmente dados publicados pela Petrobrás, foram estudados.

Foi feito um Plano de Pesquisa, oportunamente substituído por outro mais completo, abrangendo as cinco autorizações, de acordo com postulado do Código de Mineração. Este plano foi aprovado, já que os Alvarás foram concedidos.

Foram feitos os dois poços previstos no referido plano e mais um terceiro, com auxílio dos quais foram obtidos todos os demais elementos necessários ao estudo de área, consubstanciado no presente relatório.

Foram cubados 687.540.000 de toneladas medidas de salgema, e uma reserva indicada de 1.155.300.000 de toneladas.

Como o escopo do esforço que vem sendo realizado sempre foi dotar o país de uma indústria de cloro-soda capaz de suprir a faixa de consumo de soda cáustica ora oriunda de importação, cerca de 200.000 toneladas ano, a reserva medida é suficiente para o abastecimento de matéria prima por um período enorme.

Como naturalmente, com o passar do tempo haverá diversificação e oportunidade para um formidável aumento do consumo de sal, a existência de uma grande reserva indicada significa mais uma tranquilidade e garantia para a continuidade da indústria em épocas vindouras.

NOTÍCIAS HISTÓRICAS

244

II.1.

Sómente em 1941 foram descobertas as primeiras ocorrências de salgema do Brasil, nos poços Levada 1 (Al-3) e Bebedouro (Al-2), perfurados pelo Conselho Nacional do Petróleo, respectivamente no bairro Vergel do Lago e junto ao CSA, Centro Sportivo de Alagoas, em Maceió.

Ao tomar conhecimento do descobrimento, as Indústrias Químicas Brasileiras Duperial S.A. requereram, imediatamente, cinco concessões de pesquisa de salgema em volta do furo Al-2 do Conselho.

Ao mesmo tempo a Itatig, Asfalto e Mineração, que vinha pesquisando petróleo em Sergipe, dava início em 1939 a uma série de perfurações iniciadas com o poço Itatig I, na área de Cotinguiba. O Itatig 3 em 1941 cortou uma zona de sal entre 1.201 a 1.285 metros, sendo seguido pelo Itatig IV, que cortou 116 metros de sal.

A IBASA, Indústrias Brasileiras Alcalinas S/A., foi constituída no Brasil por esta época, pela Solvay e Cie de Bruxelas e pela Imperial Chemical Industries Ltd. de Londres, sendo esta associada no país na Duperial, à E. I. Dupon de Nemours de Wilmington.

Considerando que as concessões da Itatig eram para petróleo, a IBASA requereu as áreas correspondentes para salgema, mas a preferência foi dada à Itatig.

A IBASA iniciou sondagens por conta própria em áreas em torno das da Itatig, mas não prosseguiu. Em 1947 requereu novamente áreas novamente da Itatig, e para as quais esta havia requerido renovação de concessão. Novamente a Itatig teve ganho de causa.

Em 1956 registrou-se como empresa de mineração a Bracopa S.A. que, alegando que iria fabricar soda cáustica e fosfato bicálcico às custas do salgema de Cotinguiba, apresentou o estudo preliminar de uma instalação orçada em 27.5 milhões de dólares.

Estas empresas, componentes do grande truste internacional de soda cáustica, finalmente, obtiveram concessões de todas as áreas de ocorrência de salgema, não só de Alagoas, como também de Sergipe.

Tal como aconteceu com a IBASA e a DUPERIAL, a BRACEPA S.A. não deu andamento a seu projeto, não se tendo notícia de nenhuma atuação destas empresas, na área em aprêço, de então para cá.

Hoje evidencia-se que a obtenção do direito de pesquisa não tinha como objetivo a exploração das jazidas, mas sim impedir que outros o fizessem, impossibilitando a produção de soda cáustica no Brasil, a preços razoáveis. Comprova esta assertiva o conjunto do parque nacional de soda cáustica, àquelas empresas ligado, composto somente de fábricas sem condições de rentabilidade.

Isto ocorre porque, no âmbito das grandes nações industrializadas, as necessidades crescentes de cloro, para a fabricação de produtos clorados, criaram a super produção proporcional de soda cáustica, que atualmente orça por cifras fabulosas.

Nos países subdesenvolvidos há deficit na produção de soda cáustica, de modo que eles constituem excelente escoadouro para o excesso de produção da outra área. Interessa ao truste internacional matar no nascedouro as novas iniciativas, ou criar subsidiárias mal localizadas e subdimensionadas, para soffrear os impetus desenvolvimentistas tendentes a criar a autosuficiência em soda cáustica. Tudo, com a finalidade de comercializar uma parte da superprodução de soda cáustica, por outra forma jogada fóra.

O Brasil é hoje o maior importador de soda cáustica do mundo, constituindo excelente mercado para 150.000 toneladas anuais do excesso de produção referida.

Decorridos 27 anos da constatação da existência de salgema no Nordeste, estas jazidas permanecem ainda inexploradas.

Inconformado com a injustificável evasão de divisas resultante, resolveu o Snr. Euvaldo Freire de Carvalho Luz requerer pesquisa para localizar uma reserva de salgema, apta a abastecer uma fábrica de soda cáustica com capacidade inicial de 200.000 toneladas anos, capaz de libertar o Brasil, para sempre, de importação desta matéria prima básica e indispensável ao seu desenvolvimento.

SITUAÇÃO

O presente relatório abrange o grupo de áreas vizinhas, concedidas para pesquisa ao Sr. Euvaldo Freire de Carvalho Luz, pelo Decreto 59.356 de 4/10/66 e pelos alvarás nºs 288-289-290-291 de 12/12/67.

As áreas estão parte sob a cidade de Maceió e parte sob a Lagoa do Norte, como mostra a Fig. 1, anexa, indicando as diversas concessões, assim como os respectivos pontos de amarração.

Os locais de extração de sal podem ser situados em vários bairros de Maceió, beneficiando-se a indústria que vier a ser instalada, das facilidades da capital alagoana, tais como abundância de mão de obra, porto com calado até 10 metros, ligação asfáltica com Recife, abundância de energia elétrica da CHESF, e de uma disponibilidade inicial fácil de 70m³/hora de água de reserva da rede local de abastecimento. Como ponto de primordial importância deve ser destacada a proximidade de um porto, atualmente em fase de expansão, de situação de tal modo vantajosa que será impossível no Brasil obter um preço competitivo de transporte e carregamento de sal ou seus produtos, da origem até os porões dos navios.

ASPECTOS GEOLÓGICOS

A Formação Barreiras, provavelmente pliocena, constituída por sedimentos continentais, formando extensos tabuleiros é o termo geológico predominante em superfície. É composta de sedimentos pouco consolidados, variando de areia grossa a argilas multicoloridas. Sua espessura não ultrapassa 100 metros.

A Formação Barreiras impõe o aspecto fisiográfico dominante de tabuleiro com altitudes de 70 até 90 metros, cortada pelos vales íngremes dos riachos que desaguam no Atlântico e pelas escarpas que cogteiam este e a lagoa do Norte ou Mundaú que, por sua vez, cerca a cidade a S.W.

Abaixo da Formação Barreiras ocorre um pacote de sedimentos atribuídos ao Terciário Inferior, composto de areias feldspáticas e argilas variegadas, com finas intercalações de arenito calcífero relacionados a antigos recifes. Esta formação é possivelmente paleocenia e apresenta espessuras de ordem de 200 metros.

Subjacente à formação citada e em discordância forte, vem em sequência as formações Alagoas, Maceió e Jequiá do Cretáceo Superior.

A Formação Alagoas é constituída, litologicamente, de arenitos arcossianos grosseiros, piritosos, localmente duros intercalados com calcários dolomíticos e dolomitos cinza, ocorrendo ainda folhelhos - castanhos betuminosos. Na parte média da formação, ocorrem intercalações com arenito grosseiro, camadas de conglomerado com seixos gigantes (até ± 8 metros de diâmetro), de granito rosco. A espessura desta formação está entre 300 e 400 metros.

Formação Maceió - Pode ser dividida em três horizontes de fácil correlação. O pacote superior com espessuras até de 500 metros é uma sucessão monótona de arenitos finos a grosseiros feldspáticos, geralmente calcíferos e folhelhos cinza e esverdeados, ou castanhos escuro sub-betuminoso até betuminoso, com raras intercalações finas de calcário. O horizonte médio começa com uma camada característica de folhelho betuminoso, e é constituído por arenitos com menos folhelhos intercalados. Uma camada de finas intercalações de calcário na base deste pacote é uma camada guia na área. A espessura deste pacote é da ordem de 200 metros. A parte inferior da Formação apresenta muita uniformidade, com folhelho cinza esverdeado e duro no topo (± 150 metros), seguido de uma parte basal com arenitos predominantes com uma espessura de 300 metros.

Os evaporitos ocorrem na base do pacote médio da Formação Maceió.

GEOLOGIA ESTRUTURAL

A área em estudo é um baixo estrutural, limitado ao noroeste e oeste pelo Horst de Maceió, onde está localizado o pequeno campo de petróleo do Tabuleiro dos Martins, e pelo trend de altos estruturais que se estende em rumo à localidade Francês.

A bacia salifera se limita à leste por um conjunto de falhas, identificado em uma extensão de 4 Km pelo levantamento sísmico, que ocasionou o levantamento de um bloco em Maceió, isento de sal. Assim, pode-se dizer - que a bacia evaporítica em apreço ocorre em um pequeno graben, aparentemente sem ligação com a bacia maior de evaporitos do baixo de Paripuera. Esta última bacia se estende para sudoeste no lado ocidental do horst, tendo sido cortados seus evaporitos pelos furos ArP-1-Al e PV-1-Al.

Na área de interesse deste relatório foram feitos os furos com sal Al-3, Al-2 e ST-1-Al, para pesquisa de petróleo.

O mapa da Figura 2 mostra a localização dos poços que cortaram sal, o campo do Tabuleiro dos Martins e as falhas geradoras do graben. Nele estão indicadas as isopacas de espessura de sal, feitas pelo geólogo S.R.L. Harding a serviço da UNESCO em 1963, assim como as isopacas reinterpretadas após a perfuração dos poços Salgema 1, Salgema 2 e Salgema 3.

Não se sabe se o falhamento é anterior ou posterior à deposição do sal, na época aptiana. A ocorrência de frequentes fraturas, soldadas com o próprio sal, e mergulhos de até 30° nos estratos de sal, permitem supor que houve movimentação post-deposicional, podendo estes movimentos serem de rejuvenescimento do falhamento original, ou escoamentos plásticos.

A obtenção de melhores informações sobre esta área por meio de pesquisa geofísica, além dos estudos existentes, é problemática, especialmente por causa da falta de bons horizontes refletivos para prospecção sísmica. O resumo seguinte, sobre os trabalhos de geofísica executados na área, mostra como tem sido difícil chegar a resultados conclusivos nesta direção.

Em 1936 a D.F.P.M. executou uma série de levantamentos magnetométricos, gravimétricos e sísmicos. O mapa gravimétrico mostrou um mínimo regional, na área de sal objeto deste trabalho, e um pequeno alto no atual campo de Tabuleiro dos Martins.

Em 1940 a United Geophysical Company fez uma cobertura sísmica da área, traçando uma série de anticlinais e sinclinais com direção NE-SW.

Em 1948 a 1951 foram executados pelo C.N.P. nova série de trabalho de sísmica por métodos de reflexão, de refração e de refração por correlação. Os resultados não melhoraram os conhecimentos da área.

Em 1955, já então com a Petrobrás, foram executados novos estudos de semi-detálhe de gravimetria. Estes trabalhos mostraram novamente a área de Tabuleiro dos Martins como um nariz à noroeste de um mínimo, de então para cá chamado de Mínimo de Alagoas, no qual se situa a área de evaporitos. O mapa de gravidade residual mostra que a área de Tabuleiro fica em um trend de altos gravimétricos NE-SW.

No período de 1956-57, outra equipe de reflexão da United Geophysical Co. fez novo trabalho cobrindo as anomalias gravimétricas da área de Maceió, definindo o trend gravimétrico como uma estrutura regional do tipo Horst.

Desta época para cá novas reinterpretações foram feitas, incorporando os resultados dos furos feitos no campo de Tabuleiro dos Martins.

Convém atentar bem para o fato de que todos estes estudos tiveram por objeto principalmente a área do Tabuleiro dos Martins.

Como consequência destes estudos, ficou definida a existência de falhamento no lado SE do mínimo de Alagoas. O fato dos furos Al-1 e Al-5 não terem encontrado sal já fazia supor que estes se situam em área mais alta onde não houve possibilidade de deposição. Em realidade considera-se que há um conjunto de falhas, que condicionou os seguintes aspectos tectônicos: Horst de Maceió, Mínimo de Maceió, pequeno alto estrutural sob a área comercial da cidade, em seguida um baixo e, em seguida um trend de altos estruturais definidos pela sísmica, distante mar a dentro 8 Km a partir da praia.

As bacias de salgema são extensivas tanto em Alagoas como em Sergipe.

Em Alagoas a bacia de Paripuera, na área NE do Estado, é a mais ampla, flanqueando o Horst de Maceió a oeste, como mostram os poços com sal PV-1-41 e ArP-1-41. Esta bacia parece parte de uma maior separada do mar na época aptiana provavelmente pelo trend hoje submerso, referido acima. O mesmo parece ocorrer com a bacia de Minimo de Maceió objeto do presente estudo. Alguns geólogos suspeitaram que há conexão entre o Minimo de Alagoas e a bacia de Paripuera por um trend de baixos de direção NE-SW, sendo entretanto bem mais provável que tenha havido uma ligação da bacia em vista com uma bacia hoje submersa bem mais ampla, pelo lado sul.

Em Sergipe também existe uma ampla bacia salifera, com grande extensão hoje submersa.

Estas duas bacias são consideradas sin-genéticas, e são separadas pelo grande alto de Penedo. Ambas assentam sobre sedimentos clásticos. Entretanto, em Sergipe os evaporitos são seguidos por formações marinhas, enquanto em Alagoas as condições continentais continuaram a predominar.

De um modo geral os horizontes oleíferos da Formação Maceió estão acima do horizonte de Sal.

4

A BACIA SALÍFERA

Como foi dito, a descoberta de sal no Mínimo de Maceió, deve-se aos poços Levada-1 (Al-3) e Bebedouro-1 (Al-2), executados pelo Conselho Nacional do Petróleo.

O ST-1-Al, poço bem posterior perfurado pela Petrobrás, veio estender a área conhecida bastante para o norte.

Limites naturais, como o Horst de Maceió e Trend de altos estruturais que o continua no quadrante oeste, e como o alto por falha da cidade de Maceió à leste, confinam a Bacia salífera de Bebedouro a uma faixa NE-SW, intermediária.

Os contornos estruturais do mapa de gravidade Bouguer, Figura nº 3, executado pela Petrobrás, permitem estimar a posição do bordo N da bacia como uma curva ovalada tangenciando os bordos estabelecidos e incluindo o ST-1-Al. Para o lado SW esta estrutura se torna progressivamente mais funda, o que propiciaria condições para maiores espessuras de sal, fato que o Al-3 não confirma.

O poço Al-2 fica na área central da bacia, como mostra a Figura 2. Trata-se de poço com 153,2 metros de espessura total do pacote de salgema, com uma camada contínua de 98 metros de sal, cuja principal característica é uma pureza de primeira ordem. Os anexos I-Al-2 e II-Al-2 dão a descrição litológica do poço e os resultados das análises dos testemunhos. Estando a camada de sal a cerca de 1.000 metros de profundidade, com sal de alta pureza, e espessura considerável, a situação é muito favorável para uma instalação de extração de sal por solução, especialmente tendo-se em conta sua situação próxima do porto de Maceió.

O Poço Al-3, 1,675 Km. a sudoeste do Al-2, em um intervalo de 140 metros, apresenta apenas 3 camadas de sal com uma espessura total de 13 metros, situando-se o topo do sal a 1.150 metros. Isto mostra um rápido adelgaçamento do sal do Al-2 para o Al-3, indicando que a linha do pinchout não deve estar longe deste último poço. Pode-se pois fechar a área oval da bacia, incluindo o Al-3, como mostra a Figura 2.

O poço ST-1-Al, 2.9 Km ao norte do Al-2 apresenta um intervalo com sal de 98 metros, dos quais 66 metros de sal em cinco camadas, sendo a mais espessa de 39 metros. Este poço foi perfurado depois da visita dos geólogos das Nações Unidas à área, de modo que as isopacas por eles traçadas devem sofrer uma pequena rotação, como indicado na Figura 2, para retratar a imagem da bacia após a execução dos trabalhos aqui relatados.

A base do sal não apresenta variações de profundidade importantes, entretanto a maioria dos mergulhos dos siltitos e folhelhos laminados acima e abaixo do sal estão entre 15° e 30°, havendo mergulhos anômalos bem maiores. Dentro do sal os mergulhos situam-se entre 5° e 20°, atingindo 30° próximo à base, possivelmente como resultado de deslizamentos plásticos.

PROGRAMAÇÃO DA PESQUISA.

Sem dúvida o grande interesse despertado pela bacia Salífera de Bebe - dore deriva da excelente qualidade do sal, de sua considerável espessura e de sua proximidade, extremamente vantajosa, do porto de Maceió.

Si bem que os poços Al-2, Al-3 e ST-1-Al indiquem positivamente a existência de um depósito importante de salgema, eles não são suficientes por se sós, para definir a continuidade das camadas de sal. O mapa de isopacas da Figura 2 mostra uma hipótese de trabalho preliminar e sua reinterpretação após o programa de sondagens.

O "Plano de pesquisa de salgema em Maceió", datado de 26/7/67, abrangendo as cinco áreas de pesquisa, foi apresentado em substituição a anterior, referente só à área de Decreto nº 59.356. Este plano considera a necessidade de mais dois poços, adequadamente colocados e correlacionáveis com os existentes, para estabelecer a continuidade das camadas de salgema, em extensão suficiente para garantir a determinação de reserva medida de porte adequado para o plano de industrialização em cogitação. Além dos dois poços programados, foi perfurado um terceiro o Salgema 3, para consolidar o cálculo de reserva medida e para utilização futura como poço de produção. A previsão foi acertada, pois a ocorrência de espessas camadas de sal correlacionáveis no Al-2, ST-1-Al, Salgema 1, 2 e 3 assim como, menos precisamente no Al-3, permitiu chegar a valores positivos de reserva medida e de reserva indicada.

O Plano de Pesquisa recomendou a execução preliminar de um mapa fotogeológico e uma reavaliação dos dados de gravidade disponíveis, assim como a integração de dados geológicos, para chegar às locações mais indicadas para os poços.

Foi em consonância executado o estudo fotogeológico de 80 fotografias verticais da área de Maceió, escala 1:8.000, pela firma Doeringfeld, Amado and Ivey de Denver, Colorado, em junho de 1967. Este trabalho deu muito pouco resultado. Não encontrou as esperadas evidências de falhamento. Mostrou que um conjunto de fraturas e juntas parece controlar a direção dos vales locais, apresentando as mais importantes direções N 65° W e as menos destacadas N 15° E. Este trabalho está arquivado no escritório do concessionário, onde poderá ser examinado pelos engenheiros ou geólogos do DNPM.

Com relação a revisão dos dados de gravidade, o pequeno retrospecto dado anteriormente mostra a grande quantidade de trabalhos de sísmica, gravimetria e magnetometria feitos ou reinterpretados até 1957. Em 1961 houve nova reinterpretação pela Petrobrás, incorporando dados de poços furados na área, continuada em 1962 por reestudo de gravimetria e dados sísmicos, dos quais resultaram os atuais mapas de geofísica da área. Em face mesmo do grande volume de trabalho executado, não é compreensível que novo reexame venha a descobrir informação nova de interesse para o problema dos evaporitos. De um modo geral, pode-se dizer mesmo que o delineamento da bacia do mínimo de Maceió, é bastante claro, graças aos trabalhos da Petrobrás.

Foi apoiado nestes trabalhos que se fez o mapa da isopacas da Figura 2, conforme ficou anteriormente dito. Usando as informações mais precisas disponíveis, os dois poços propostos foram locados na parte central da bacia como indicado no referido mapa. Para evitar surpresas desagradáveis, como exemplo uma diminuição excessiva de espessura do intervalo de sal, ou a descaracterização dos leitos de sal impossibilitando sua correlação, foi cuidadosamente analisada a distância entre os diversos poços.

O furo Salgema 1 foi locado a 310 metros a N24° 30'W, e o Salgema 2 a 960 metros a N3° 45'E, em relação ao Al-2. Estes poços foram testemunhados com corôa a diamante, no intervalo do sal.

Posteriormente foi decidida a perfuração do Salgema 3, formando um triângulo com os Salgema 1 e 2, no alinhamento do Al-2 com o Salgema 1 distante 970 metros do Al-2. Este poço também foi testemunhado com coroa a diamante.

Os testemunhos dos poços Salgema 1 e 2 foram analisados no Southwestern Laboratories em Houston. Os resultados analíticos constam dos Quadros III-SA-1 e III-SA-2.

Os testemunhos do Salgema 3 ainda não estão analisados.

Os trabalhos de perfuração foram acompanhados pela Fenix and Scisson, International, Inc. de Tulsa, Oklahoma, que forneceu assistência técnica em geologia de poço, perfuração, testemunhagem, amostragem e completação dos poços para extração de Salmoura.

PROGRAMAÇÃO DE PERFURAÇÃO.

O programa de perfuração apresentado no "Plano de Pesquisas", foi cumprido, apenas com pequenas modificações necessárias à completação para extração de salmoura, emprego de revestimento de 8 5/8" e uso de broca a diamante de 8 5/8".

As principais etapas da perfuração e completação dos poços são dadas a seguir:

1º) - Elevação dos poços:

Salgema 1 - Nível do terreno 2m - Nível da mesa rotativa 8 metros.

Salgema 2 - Nível do terreno 30,65m - Nível da mesa rotativa 36,65 metros.

Salgema 3 - Nível do terreno 2m - Nível da mesa rotativa 8 metros.

2º) - Tubo condutor:

Salgema 1 - Perfuração com broca de 17 1/2" e colocação de 178,1 metros de tubo condutor de 13 3/8", 48 lb/pé cimentado com 432 sacos de cimento e circulado até escorrer em superfície.

Salgema 2 - Mesmo procedimento que anterior, apenas com colocação de 215 metros de tubo condutor de 13 3/8" e gasto de 460 sacos de cimento.

Salgema 3 - Idem, com colocação de 164,45 metros de tubo de 13 3/8" e emprego de 440 sacos de cimento, com retorno à superfície da coroa de 15 barris de pasta de cimento.

- 3º) - Perfuração com broca de 12 1/4" até topo do sal.
- 4º) - Testemunhagem do intervalo de salgema, com corôa a diamante de 8 5/8":
Salgema 1 - Cortados 11 testemunhos no intervalo 965-1.095 metros.
Salgema 2 - Cortados 13 testemunhos no intervalo 924-1.168 metros.
Salgema 3 - Cortados 13 testemunhos no intervalo 1.076-1.152 metros.
- 5º) - Alargamento do intervalo testemunhado de 8 5/8" para 12 1/4" e avanço da perfuração.
- 6º) - Perfilagem Schlumberger, em toda a extensão do poço, a partir do tubo condutor. Peffis corridos: Gama-Neutrão, densidade, sônico, dipmeter contínuo, laterolog e calibre.
- 7º) - Colocação de tampão de cimento no fundo do poço:
Salgema 1 - Topo do tampão de cimento 1.115 metros, gastos 70 sacos de cimento.
Salgema 2 - Topo do tampão: 1.066 metros. Gastos 150 sacos de cimento.
Salgema 3 - Na ausência de tubos de revestimento o poço foi preparado para abandonado provisório, com tampões colocados acima da zona de sal e no interior do revestimento de 13 3/8".
- 8º) - Assentamento do revestimento de 8 5/8", e cimentação do mesmo:
Salgema 1 - Colocação de tubo de 8 5/8", até 1.056,5 metros. Cimentação em 2 estágios: 1º estágio com 800 sacos de cimento e a quantidade de sal necessária para saturar a água utilizada; 2º estágio com 1.080 sacos de cimento com 2% de gel-prehidratado.
Salgema 2 - Alargamento para 12 1/4" até 1.095 metros e subsequente colocação de revestimento de 8 5/8" até 1.090 metros. Cimentação em dois estágios: 1º estágio com 560 sacos de cimento, com sal como acima; 2º estágio com 900 sacos de cimento com 3% de gel-prehidratado.

- 9º) - Salgema 1 - Perfurado o cimento com broca de 7 5/8" até 1.070 metros, testado a pega do cimento com 1.500 libras por polegada quadrada de pressão. Prosseguida a perfuração até 1.162 metros. Tamponamento com 115 sacos de cimento e 20 sacos de sal.
- 10º) - Salgema 2 - Testado o cimento com 1.000 libras por polegada quadrada de pressão. Como não chegou cimento entre a sapata do revestimento e o colar de flutuação, foi feito novo teste nesta zona com 500 libras por polegada quadrada de pressão. Prosseguiu no tampão de cimento até a profundidade final de 1.150 metros.
- 11º) - Em todos os casos a lama foi convertida para lama saturada com NaCl, um pouco antes do tampo de sal.

TESTEMUNHAGEM - PERFILAGEM - CIMENTAÇÃO.

A testemunhagem com corda d' diamante de 8 5/8", usando lama saturada com sal, cortou amostras representativas dos leitos de sal.

Os Quadros II-SA-1 e II-SA-2 dão a descrição litológica dos testemunhos e, em conjunção com os dados tabelados abaixo, mostram a formação das amostras analisadas:

Salgema 1

<u>Testemunho</u>	<u>Intervalo</u>	<u>Recuperado</u>	<u>Amostra</u>	<u>Litologia - Quad. II-SA-1</u>
1	15.0	9.1	1	1-1, 1-6, 1-9
2	19.0	13.65	2	2-2, 2-5, 2-8, 2-11
3	13.0	6.80	3	3-1, 3-3, 3-6
4	5.0	1.75	3	4-1
5	8.0	4.26	4	5-1
5	-	-	5	5-4
6	9.75	0.85	-	-
7	5.25	6.14	6	7-1, 7-4
8	10.80	6.85	6	8-1, 8-2
9	18.20	4.67	7	9-1, 9-4, 9-6
10	18.0	18.0	8	10-1, 10-4, 10-7
10	-	-	9	10-10
10	-	-	10	10-13
11	6.0	5.3	11	11-1

Salgema 2

TESTEMUNHO	INTERVALO	RECUPERADO	AMOSTRA	LITOLOGIA-Quadrado II-SA-2
1	6.0	3.5	1	1-1
2	3.8	3.8	-	-
3	1.65	1.65	-	-
4	8.0	8.0	2	4-1
4	-	-	3	4-1
5	1.0	1.0	4	5-1
6	3.0	1.62	-	-
7	15.0	15.0	5	7-2, 7-3, 7-4
7	-	-	6	7-6, 7-8, 7-10
8	18.0	17.0	7	8-1, 8-2, 8-3
9	9.0	9.0	8	9-1, 9-3, 9-5, 9-7
10	13.0	13.0	9	10-1, 10-2, 10-7
11	19.0	19.0	10	11-1
11	-	-	11	11-1
12	11.0	10.0	12	12-1
13	16.0	16.0	13	13-3

Recuperação dos testemunhos

Salgema 1 - 57%

Salgema 2 - 95%

A melhoria da recuperação no Salgema 2 deve-se à utilização de um tipo de corça a diamante mais adequado ao serviço.

No Salgema 3 foram cortados os seguintes testemunhos:

TESTEMUNHO	INTERVALO DE PROFUNDIDADE	INTERVALOS EM METROS	RECUPERADO
1	1.076-1.090	14.0	12.6
2	1.090-1.108	18.0	18.5
3	1.108-1.125	17.0	17.0
4	1.125-1.132	7.0	6.5
5	1.132-1.138	6.0	6.3 ?
6	1.138-1.140	2.0	2.0
7	1.140-1.146	6.0	6.0
8	1.146-1.152	6.0	6.0

Neste poço a recuperação foi de 96%.

Os testemunhos do Salgema 3 ainda não estão analisados.

Examinando-se o Quadro 1-A1-2, anexo, verifica-se que, com testemunhagem em intervalos de 3 metros, a recuperação foi apreciável para a época, situando-se em torno de 66%.

Os poços Salgema 1-2-3 foram perfilados pela Schlumberger, com ferramentas gama-neutrão, sônico-calibre, dipmeter contínuo, densidade e laterolog. As considerações que vem a seguir mostram a grande importância de uma perfilagem completa.

Os perfis gama-neutrão caracterizam muito bem as camadas de sal, por causa da baixa deflexão de raios gama pela halita e de sua baixa absorção de neutrão, dando assim importante baixo na curva de raio gama e alto também importante na curva de neutrão. Os folhelhos dão pico bem acompanhado de raios gama e vales fundos no neutrão, devido à grande absorção destes. Os arenitos dão picos bem menores no gráfico de raios gama, porém apresentam pouca absorção de neutrão, distinguindo-se por isto dos folhelhos. Os calcários se comportam, com relação aos raios gama, como os argilitos, mas apresentam maior absorção de neutrão. A comparação com outros tipos de perfil dirime as dúvidas que porventura aparecessem.

Os perfis gama permitem, com auxílio de algumas correções, determinações quantitativas de potássio.

Combinações, em gráficos de coordenadas ortogonais, de leituras de densidade e neutrão, e de densidade e sônico permitem determinações mineralógicas qualitativas.

A Petrobrás corre, em todos seus poços, ferramentas de sônico, gama e Laterolog (Resistividade) ou Indução, para estudos de correlação. O perfil sônico e o laterolog são usados para estudos de porosidade e saturação, detecção de camadas com óleo, reservatório etc.

Em trabalhos de grande refinamento, o tempo de trânsito do som, o valor da densidade, combinados com informações de raio gama e neutrão, permitem resolver um sistema de equações para determinações quantitativas de halita, silvita, carnalita e insolúveis.

O dipmeter contínuo é um perfil de alto interesse para estudos de estratigrafia e tectônica das formações presentes, pois indica a direção e mergulho de contatos de camadas marcantes das formações atravessadas.

Os originais dos perfis e cópias estão arquivados no escritório do concessionário, e poderão ser examinados pelos técnicos do D.N.P.M. É praticamente impossível juntar os mesmos ao presente, por causa de seu grande volume.

Conforme foi descrito sumariamente no capítulo "Programa de Perfuração", após a testemunhagem os poços foram alargados para 12 1/4" e precedida a colocação de revestimento de 8 5/8" e respectiva cimentação nos poços Salgema 1 e 2.

A cimentação do revestimento em toda sua extensão teve como finalidade isolar os diversos horizontes, que ficaram intercomunicados pelo espaço anular entre o revestimento e a parede do poço, e também proteger a tubulação contra a corrosão. A Figura 4 anexa, dá a seção dos poços como completados para produção.

Foi detetada a presença de um pouco de gás no Salgema 2, a 1.155 metros de profundidade, quando estava sendo cortado o testemunho número 12. Como a eventual presença de H_2S no gás pode ocasionar sério transtorno à utilização da Salmoura, foi colocado grande tampão no fundo do poço, enchendo cerca de 60 metros de altura a partir do fundo do mesmo, como medida de precaução. Tal como no Salgema 1, onde apareceu um pouco de gás, o assunto foi notificado à Petrobrás que mandou especialista verificar a ocorrência em ambos os casos. Asseverou esta que a presença de gás carecia de importância.

O exame da Figura 4 mostra também que a cimentação, tal como completada, isola o sal, separando-o por uma parede de cimento do interior do poço. Este arranjo não teria razão de ser, em se tratando de extração de salmoura por operação de poço singular. É entretanto muito conveniente, quando se tem em vista um fraturamento hidráulico para intercomunicar dois poços, porque, fazendo uso da ferramenta própria para perfurar o cimento por abrasão, pode ser escolhido o ponto mais conveniente para abrir o cimento nas zonas de laminações mais adequadas para receber a pressão e iniciar o fraturamento.

Como dito antes o Salgema-3 foi tamponado no topo do Sal e no interior do revestimento de superfície, pronto para ser completado quando oportuno.

Características do intervalo do Salgema.

As profundidades e espessuras dos horizontes de salgema, bem como o número de camadas, nos poços da área, são os seguintes:

	Al-3	Al-2	Sal-1	Sal-2	Sal-3	St-1-Al
Profundidade do topo de Sal	1.150	892	879	917	918.4	1.055
Profundidade da base do sal	1.290	1.227	1.165	1.208	1.149	1.153
Espessura total do intervalo	140	335	285	291	230,6	98
Espessura total do Sal	13	153,2	204,4	212	172,0	66
Número de camadas de sal	3	9	7	6	5	5
Unidade de Sal mais espessa	5	98	81	88.5	80	39
Cota de broca do poço	2	2	2	30,6	2	

O estudo da litologia e dos perfis gama-neutrão, nos intervalos de sal acima indicados, conduz à uma sub divisão das unidades de salgema, em membros aqui designados pelas letras de A até G. Estes membros são correlacionáveis nos poços Salgema 1-2 e 3, Al-2 e St-1-Al. As correlações estão claras nas Figuras nº 5 e 6 onde as camadas de sal estão bem caracterizadas por seu perfil de raios gama.

A unidade A é uma camada de sal vítreo, transparente, no topo do pacote, localmente com inclusões de dolomito sacaroide e finas laminações de folhelho, com 15 metros de espessura no Salgema 1, 25 metros no Salgema 2, aparentemente ausente no Salgema 3.

A camada B vem logo abaixo da A, apresentando espessura de 6 metros no Salgema 1 e 10 metros no Salgema 2, estando aparentemente ausente no Salgema 3.

A camada C é a segunda em importância no pacote de salgema. Tem espessura de 56.1 metros no Salgema 1, 54.9 metros Salgema 2, e 66.0 metros no Salgema 3. Trata-se de sal cinza claro, como o das camadas anteriores, com inclusões de dolomito sacaroide e finas laminações de folhelho dolomítico pouco frequentes.

A camada D é, no Salgema 1, um pacote de intercalações de folhelho e Sal, com delgadas laminações de anhidrita. No Salgema 2, é quasi só folhelho dolomítico com finas intercalações de sal. No Salgema 3, é constituída de alternancias das camadas de folhelho e de Sal, com espessuras de 0.5 até 2 metros.

A camada E é a unidade mais importante e correlacionável do pacote todo. No Salgema 2 ela tem 88.5 metros de espessura total, apresentando intercalações de folhelho dolomítico variando de 0.1 até 1.3 metros de espessura, sendo mais frequente as espessuras em torno de 0.4 metros. No Salgema 1 a espessura desta camada é de 81 metros, caracterizada pela extrema pureza, ocorrendo raras intercalações muito finas de anhidrita. No Salgema 3 ocorrem também 80 metros de camada E, muito pura, com algumas poucas intercalações de dolomito ou folhelho dolomítico com espessuras mais frequentes da ordem de 0.5 metros.

A unidade F tem espessura de 15 metros no Salgema 2, apresentando intercalações de sal e folhelho. No Salgema 1 esta camada tem 10 metros de espessura de sal isento de intercalações. O furo Salgema 3 não chegou a cortar esta camada.

A camada G é a base do pacote de salgema. No Salgema 2 esta camada tem 18 metros de espessura é constituída de sal cinza claro a branco, com raras e ocasionais inclusões de folhelho em cristais individuais de sal. No Salgema 1 esta camada tem 12 metros de espessura e é constituída de sal claro vítreo com finas laminações de folhelho argiloso.

As camadas A, B, C e E do poço Al-2 são bemcorrelacionáveis com os poços Salgema 1, 2 e 3, ocorrendo o mesmo entre estes e o ST-1-Al, sendo neste último caso notável o comportamento da camada G.

GENESE DE JAZIDA

Jazidas de salgema, do tipo da presente, fazem parte de pacotes de evaporitos originários da cristalização de salmouras, em bacias marginais.

Estes mares são separados do oceano por canais razeos de secção pequena, pelos quais são abastecidos de água salgada, para substituir a

que foi evaporada. Nesta condição pode haver um ritmo contínuo de cristalização, se as demais condições de ambiência forem adequadas.

A cristalização começa sempre por calcário ou dolomito seguida por gipsita, a qual se precipita quando a concentração de sais na água varia entre 2 e 12.1 vezes o valor da concentração da água do mar.

Sómente quando tiver evaporado 91.7% da água do mar original é que começa a cristalização do sal, ainda com alguma gipsita. A halita cristaliza enquanto a concentração varia de 12.1 até 63,6 vezes o valor normal da água do mar. Se a bacia é isolada, não recebendo suprimento de água do mar, esta variação de concentração é rapidamente atingida e ultrapassada, quando começam a cristalizar sais de magnésio e de potássio. Se, entretanto o afluxo de água salgada for suficiente para manter a concentração entre 12.1 e 63,6 vezes a de água normal do mar, então a precipitação da halita prosseguirá indefinidamente.

Para mostrar quão pouco sal seria depositado em uma bacia marginal completamente isolada do mar, basta o caso do mar Mediterrâneo, cuja profundidade média é 1.431 metros, que daria uma camada de sal de apenas 24 metros de espessura, se totalmente evaporado sem afluxo de água salgada externa.

Os calcários e dolomitos, que iniciam a sequência de cristalização, correspondem apenas a 1% dos sais dissolvidos na água do mar. Cristaliza-se a seguir a gipsita, que representa 3% dos citados sais, e depois a halita que constitui nada menos que 69% deles. Os restantes 27%, que cristalizam por última, são sais de potássio e de magnésio, especialmente bischofita ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$).

No caso presente a concentração da água do mar marginal deve ter se mantido em uma concentração maior do que o termo médio entre os extremos para deposição de halita, porque a presença de gipsita no Salgema, se bem que difusa, é bem pequena. Alguns delgados ou tenues leitos de gipsita devem ter resultado de eventuais concentrações menores de salmoura, que diminuíram o ritmo de cristalização da halita e aumentaram o da gipsita. Normalmente, nestas bacias a água doce oriunda do continente sobrenada a água salgada em grandes extensões, com ela não se misturando senão muito lentamente, durante alguns períodos climáticos, ou localmente de modo

permanente. As argilas ou olásticos muito finos, também oriundos do continente, nelas se espalham em estado disperso cobrindo grandes extensões horizontais. Em sua lenta sedimentação estes olásticos atingem a água salgada onde são como que floculados precipitando-se com mais rapidez para o fundo da bacia. Os ritmos ou ciclos climáticos, sucessão de ternos leitos argilosos e de halita, tem esta origem e são muito frequentes nos evaporitos. Os folhelhos, presentes em maiores potenciais, resultam de afluxos importantes destas materiais argilosos.

OUTRAS BACIAS DE EVAPORITOS

Os evaporitos constituem formações bastante frequentes em todos os continentes.

A idade dos depósitos de salgema, ou do conjunto de evaporitos varia desde atual até o Cambriano Superior, e sua distribuição e abundância variam muito com o tempo. As mudanças mais importantes na distribuição deles podem, com certeza, ser atribuídas a variações climáticas.

A área ora em estudo faz parte de um pacote de evaporitos muito maior, pertencente ao Membro Ibura da Formação Muribeca da Bacia Sedimentar Sergipe-Alagoas, que ocupa extensão considerável destes Estados e respectiva plataforma submarina.

No Amazonas foi encontrada pela Petrobrás enorme extensão de evaporitos, com salgema em profundidade da ordem de 500 metros. Ainda, descobertos pela Petrobrás, existem importantes domos de sal submersa na plataforma continental do Estado do Espírito Santo.

Existem evidências, em perfis elétricos, da ocorrência de salgema na Ilha de Itaparica, na Bahia.

Entre as ocorrências da América do Sul podem ser citados os depósitos de halita e gipsita da Formação Puca, que ocorrem na Colômbia, na vertente leste dos Andes, no Equador, Bolívia, Argentina, Chile e Patagônia.

Na América do Norte há depósitos de evaporitos de quase todas as idades citadas anteriormente. Bacia de grande importância é, por exemplo, a da Williston, cobrindo parcialmente as Províncias canadenses de Manitoba e Saskatchewan e os Estados americanos de Montana e de Dakota. Também de

grande importância é a bacia de Michigan que cobre parcialmente o oeste de N. York, Sul de Ontário, oeste de Pennsylvania, norte de Ohio e Michigan.

Os evaporitos do Mioceno Inferior da Romenia podem ser acompanhados até à Síria ao Iraque e ao Iran, atingindo mesmo a costa oeste da Índia.

Valiosos evaporitos com sais de potássio, de idade Oligoceno ocorrem no graben do Reno e na bacia do Ebro, entretanto a fase mais importante dos evaporitos da Europa ocorreu no Permiano, quando existia o mar Zechstein, que deu origem aos vastos depósitos de gipsita, anidrita, halita e sais de potássio do nordeste europeu.

Na Mongolia ocorrem extensas faixas de evaporitos, de várias idades, uma cambriana NE-SW da Sibéria até à Pérsia, outra siluriana E-W ao longo da costa norte do continente, além de duas outras faixas de evaporitos do Devoniano.

O importante é que os evaporitos de bacias marginais são frequentes, e apresentam em comum o fato de dependerem das condições climáticas para seu desenvolvimento, obedecendo também a mesma ordem de cristalização de seus elementos maiores, apresentando comportamento similar em função de sua ligação com o oceano.

QUALIDADE DO SAL

O salgema dos poços Salgema-1 e 2 e do Al-2 é de grande pureza.

Para ressaltar a qualidade deste salgema, são dados alguns resultados analíticos de sal solar de várias proveniências para comparação:

Composição	1	2	3	4
NaCl	98.638	98.095	98.894	99.195
CaSO ₄	0.424	0.960	0.511	0.625
MgSO ₄	0.132	0.520	0.125	0.055
MgCl ₂	0.041	0.275	0.470	0.125
H ₂ O	0.568			
HI	0.195	0.150	Tr	Tr

- 1) Amostra média de sal (3 meses) - Cia. Comércio e Navegação
- 2) Amostra média de lote de sal - " " " "
- 3) Amostra média de lote de sal - Tertuliano Fernandes
- 4) Sal refinado - Ribeiro de Abreu

Para utilização na indústria de soda cáustica, usando células eletrolíticas de mercúrio, os limites de impureza na salmoura, antes de entrar nas células de eletrolise, são os seguintes:

Ca - 0.005%
Mg - 0.002%
SO₄ - 0.2

Vê-se claramente que mesmo o sal solar refinado precisa de tratamento químico para precipitar as impurezas em excesso. Em geral são empregados o BaCO₃ para precipitar o SO₄ como BaSO₄, o NaOH para o Mg como Mg(OH)₂ e Na₂CO₃ para precipitar o CaSO₄ como CaCO₃. Como os reativos empregados são bastante caros a purificação do sal solar, muito impuro como mostram os 2 exemplos apresentados, é operação muito onerosa.

Na purificação do sal solar ocorrem perdas, de modo que o consumo por tonelada de soda cáustica é em média de 2,3 toneladas de sal solar, enquanto que este valor é apenas 1,6 toneladas para o sal puro.

As análises dos testemunhos de salgema dos poços Salgema-1 e 2 bem como do Al-2 são dados nos Quadros III-SA-1, III-SA-2 e II-Al-2, onde pode ser verificada a grande uniformidade de composição de salgema. As análises compostas seguintes se referem a média das amostras de testemunhos da cama da E:

	Salgema 1	Salgema 2	Al-2
Humidade	0.019	0.010	0.023
Insolúveis na água	0.530	0.390	0.370
" em ácido	0.150	0.200	-
Ca e Mg como Ca	0.002	0.021	Tr
Sulfato solúvel na água	0.010	0.010	Tr
" " em ácido	0.010	0.010	-
Alcalinidade como CO ₂	0.013	0.015	-
Cloreto	59.91	60.410	-
Cloreto como cloreto de sódio	98.76	99.51	-
Cloreto de sódio por diferença	99.36	99.56	99.54
Potássio	0.07	0.0	-
Fe solúvel na água	0,0002	0,0003	-
Fe solúvel em ácido	0,008	0,008	-

Sendo o limite de Ca e Mg, como impureza, a soma dos limites dados (0,005+0,002) igual a 0,007 na salmoura, no salgema (30% de salmoura) será 0,021%. Em consequência das amostras compostas, representando a média das amostras da camada B, apresentarem teores de impurezas abaixo dos limites das especificações a salmoura oriunda desta camada não precisa sofrer purificação, podendo ser encaminhada diretamente para as células eletrolíticas, simplesmente após filtração.

Além, verificando os quadros de análises citados anteriormente, é fácil constatar que toda a coluna de sal atende às especificações.

Em resumo, o salgema em estudo é um sal de alta qualidade para a indústria química, somente comparável ao sal de evaporação, de muitíssimo mais elevado custo.

EXEQUIBILIDADE ECONOMICA

O Salgema é explorado em toda parte por lavra subterrânea ou por solução.

As condições ótimas para lavra subterrânea são: profundidades moderadas, de ordem de 250-600 metros, camadas de sal com espessura de 10 metros ou mais, estratos horizontais, boas condições de teto e coluna de sedimentos até a superfície adequada para a perfuração dos poços - (Shaft) de extração e de ventilação.

A lavra por solução, através de poços tubulares nos quais é injetada água e extraída salmoura, após circulação na camada de sal, é usual quando ocorrem grandes espessuras de sal a profundidades da ordem de 500 metros até 2.000 metros.

A lavra subterrânea em geral é executada pelo processo de salões e pilares. Na mina da Detroit Rock Salt, em Detroit os salões tem 12 metros de largura e os pilares 12X12 metros, o que representa uma recuperação de 75% da camada. Na mina da Domtar Chemicals Ltd., em Coderich, Ontário, Canadá, os salões são de 18 metros de largura, e os pilares de 63X63 metros, dando cerca de 40% da recuperação do sal. A primeira das minas citadas é explorada a 330 metros abaixo da superfície, e a segunda a 520 metros.

De um modo geral, em condições normais, uma profundidade maior ou

menor dos poços ou do Shaft de extração, não pesa no custo do produto, por que o volume de sal a extrair é tão grande que o incremento do custo se torna desprezível.

A extração do sal por solução pode ser por poço e caverna individual ou por "Galeria", ou seja por meio de dois poços ligados por uma fratura criada por pressão hidráulica, entrando a água ou salmoura pobre por um poço e saindo salmoura rica no outro.

O preparo do poço para extração por caverna consiste, por exemplo, em cimentar o revestimento pouco acima do topo do sal e descer dois tubos concêntricos dentro d'ele, o interno indo quasi que até à base do sal e o intermediário até alguns metros acima. A água que entra por este último cano por causa de sua densidade menor, circula ao longo do teto dissolvendo sal e a medida que vai ficando densa desce ao longo da parede vertical da caverna de sal, até ficar saturada, quando caminha pelo fundo até o caso de extração que é o mais interno.

Usualmente, para que a dissolução não eleve descontroladamente o teto da caverna, e para que ela ataque somente a parede vertical da caverna aumentando o seu diâmetro, é mantido um colchão de ar, ou mais frequentemente de gasolina ou óleo, em cima da água ou salmoura, cujo nível é controlado pela pressão mantida no espaço anular entre o tubo de revestimento e o tubo interno de diâmetro maior.

Dissolvido o sal da fatia horizontal limitada pela colchão de ar ou óleo, até o diâmetro pre-estabelecido, calculado pelo volume de salmoura extraída e sua concentração, os tubos são deslocados para cima numa altura prefixada, e iniciada a extração de outra fatia horizontal e assim sucessivamente.

Quando ocorrem duas ou mais camadas, separadas por sedimentos insolúveis, é possível prosseguir na extração do sal, se não ocorrer desmoronamento ou outro acidente que danifique o poço, desde que o revestimento tenha sido cimentado na altura adequada.

O teto da caverna é mantido pela pressão da coluna do líquido, que o espreme contra as rochas circunvisinhas. São frequentes cavernas com 120 metros de diâmetro.

O processo de fraturamento é hoje sempre tentado, entre poços espaçados da ordem de 150 metros, empregando-se pressão hidráulica para abrir - como que uma cunha ao longo de uma linha de descontinuidade, como contato sal-folhelho, cujo progresso acaba ligando os dois poços. Não são raros os casos de insucesso, quando então os poços são aproveitados para extração por cavernas individuais.

Estabelecida a ligação passa-se ao uso de água doce para alargar a "galeria", termo que dá nome ao sistema. Estabelecida a galeria o sistema pode ser posto em produção, entrando salmoura pobre ou água doce por um poço e saindo salmoura rica pelo outro.

No caso de várias camadas, é difícil que o sistema de galerias chegue a extrair todas elas, pois seria necessário novo fraturamento quando atingida cada camada de sedimento insolúvel, o que as condições do poço, como tubulação danificada por desmoronamento ou corrosão ou dissolução do sal por trás da zona cimentada, podem impedir. Entretanto, pode ocorrer um conjunto de circunstâncias vantajosas, quando o aproveitamento sucessivo das diversas camadas de sal se torna possível.

Tal como no caso de exploração subterrânea, dentro da gama de profundidade em que a pressão das formações não cria problemas maiores quanto à largura dos salões e áreas de pilares, em que profundidades umas poucas centenas de metros a mais ou menos não afetam praticamente o custo de produção, na extração por solução, poços mais fundos ou mais rasos algumas centenas de metros não oscilam ponderavelmente no custo de produção, já que cada poço, como no caso de Maceió, pode extrair entre 200 e 400.000 toneladas de sal.

De real importância na escolha do processo de lavra é a destinação do sal. Se o sal é para ser usado no estado sólido, apenas britado ou moído e classificado, a mineração subterrânea pode dar o produto quase pronto, a um preço da ordem de US\$ 6,00 por tonelada na usina, enquanto que o processo de solução exigiria a evaporação da salmoura, operação onerosa, que daria um produto refinado valendo US\$ 18,00 por tonelada, na usina. Se o sal é para ser usado em solução, como é normal na indústria de soda cáustica, especialmente se o salgema é de grande pureza, o sal na salmoura custará cerca da metade do preço do sal de rocha.

Todo esforço desenvolvido em torno das jazidas aqui estudadas, tem como escopo a implantação de uma indústria de soda cáustica de porte suficiente para substituir as importações deste produto, atualmente na casa das 150.000 toneladas ano. Nesta indústria o sal entra como salmoura.

A finalidade do sal e as condições de jazimento indicam, para Bebedouro-1 (AL-2), a extração por solução. Há muito salgema, em considerável extensão da bacia sedimentar de Sergipe-Alagoas, mas o que torna peculiarmente vantajoso o conjunto de áreas em estudo são a espessura e qualidade do sal e sua localização muito conveniente em Maceió, junto de energia elétrica, água, mão de obra e porto.

A seguir serão dadas algumas informações sobre uns campos de salmoura, descritos na literatura sobre a matéria.

A Dow Chemical do Canadá tem 2 campos de salmoura na região de Sarnia, Província de Ontario, no Canadá, um com 10 poços, sendo que 6 estão paralizados e 4 em reserva, e o outro campo com 9 poços produtores. Neste último foram criadas 3 "galerias" uma das quais está em semi-abandono devido o colapso parcial de teto, dois poços operam como cavernas individuais e o último poço que se procurou ligar por fraturamento a um poço próximo, estabeleceu ligação com um outro distante 510 metros. Estes poços estão aproximadamente em malha de 150 metros. Os campos tem duas camadas importantes de sal, uma, a camada B, compreendida entre 600 e 690 metros de profundidade e a outra, a camada A2, compreendida entre 740 e 780 metros. As cavernas individuais e as galerias estão na camada A2.

A Canadian Brine Ltd. de Windsor, Província de Ontario, é especializada na produção de salmoura por poço, com contrato de fornecimento de 145 toneladas de sal contido em salmoura, por hora, com um mínimo de 306 gramas por litro de cloreto de sódio. Opera 18 poços em 3 linhas de 6 poços com 150 metros de espaçamento, distantes uma da outra 240 metros. Os poços foram ligados por fraturamento, formando 4 conjuntos de galerias. Como no caso anterior o sal é da formação Salina, camada B, com 60 metros de espessura e cujo topo está a 420 metros de profundidade.

A International Salt Co. opera em campo de salmoura em Watkins Glen, no Estado de New York. Aqui o grupo Salina apresenta 6 camadas de sal, numeradas de 1 até 6. As camadas são intensamente dobradas, em pequenas an

tiolinais e sinclinais cujos topos distam menos de 10 metros uma da outra. A camada em exploração está a 780 metros de profundidade e o programa é o estabelecimento de galerias paralelas distantes entre si uma distância igual à profundidade da camada.

O campo de Salmoura de Moundville em West Virginia, pertencente a Allied Chemical Corp., produz salmoura em galerias a 1,920 metros de profundidade, também no Grupo Salina.

A Pittsburg Plate and Glass Co. possui um campo de salmoura em Natrion, West Virginia, também no Grupo Salina, cuja principal característica é a grande profundidade, 1.940 metros.

A Diamond Alkali explora salmoura no domo de sal de Mont Belvieu, Texas, a profundidade de 1.020 metros, por cavernas individuais de 120 metros de diâmetros, separadas umas das outras por paredes no mínimo de 60 metros.

Algumas considerações sobre um campo de salmoura em Maceió.

Os estudos feitos pela Fenix and Scisson International aconselham a formação de cavernas individuais de 50 metros de diâmetro e espaçamento entre elas em malha de 150 metros de lado. Quando extraído todo o sal a caverna ficará com a forma de um cilindro vertical, com 50 metros de diâmetro e altura da ordem da espessura do sal extraído.

Foi aconselhado tentar sempre o fraturamento para ligar dois poços, distantes 150 metros, e estabelecer uma galeria. O controle da operação deve conduzir à formação de uma figura, em planta, composta de dois semi-círculos de 50 metros de diâmetro ligados por um retângulo de 50 metros de largura por 150 metros de comprimento. Extraído todo o sal, o vazio resultante terá esta seção e altura igual à da camada de sal dissolvida. Foi indicado um espaçamento de 250 metros entre as linhas paralelas de galeria e 180 metros segundo seu alinhamento, entre o fim de uma e o começo de outra.

Considerando a espessura extraída igual à espessura da camada de sal, os arranjos acima permitirão uma recuperação máxima de 9% e a reserva de camada em consideração.

É claro que os valores considerados são preliminares, podendo ser viável a diminuição dos lados da malha das cavernas, ou decréscimo no espaçamento das galerias, e concomitante aumento nos diâmetros destas camadas. Resultaria aumento de recuperação. Tenha-se em conta, porém, que acidentes nas câmaras de solução, tais como desabamentos, podem exigir sua retirada da linha de produção. Também, no fraturamento a geometria planejada nem sempre é atingida, pois que um poço visado pelo fraturamento pode não ser atingido, enquanto a ligação é estabelecida com outro não previsto, desmanchando a simetria prevista para os pilares e limitando em consequência a capacidade de produção da área.

Espessura útil do sal.

Examinando as Figuras 5 e 6 em conjunto com os quadros de litologia e descrição dos testemunhos, I-Al-2, II e III-SA-3, verifica-se quais as camadas C e E são consistentemente espessas e bem correlacionáveis.

As camadas A, B, F e G são lenticulares e portanto descontínuas, quando a camada D representa uma zona transicional, gradando de intercalações de folhelho, calcáreo e sal para bancos de folhelho ou calcáreo sem sal ou vice-versa. As Figuras 5 e 6 mostram claramente este aspecto. Estas camadas não serão consideradas na formação da reserva.

As camadas C e E, que serão as componentes da reserva, serão consideradas separadamente, pois pode ocorrer o caso, na exploração por galerias, de não se poder ter a certeza da explorabilidade econômica das duas.

As características das camadas C e E são as seguintes:

	SA-1	SA-2	SA-3	Al-2	ST-1-Al
<u>Camada C</u>					
Topo	918,3	976,9	918,5	944,0	1.054,0
Base	974,4	1.031,8	986,5	977,0	1.098,0
Intervalo	56,1	54,9	66,0	33,0	44,0
Espessura real de sal	51,2	45,8	66,0	33,0	39,0
<u>Camada B</u> $\rightarrow E$					
Topo	1.029,0	1.061,8	1.069,0	987,0	1.131,0
Base	1.110,0	1.150,3	1.149,0	1.088,0	1.151,0
Intervalo	81,0	88,5	80,0	101,0	20,0
Espessura real de sal	79,0	78,4	71,5	98,0	20,0
Espres. somáticos de folhelho	2,0	10,1	8,5	3,0	0

Em média a camada C tem 49 metros e a E 82 metros de espessura, nos poços SA 1, 2 e 3 e no Al-2.

Examinando com cuidado os quadros de litologia e descrição dos testemunhos, I e II - SA-1 e I e II - SA-2, e comparando com as Figuras 5 e 6, verifica-se que as intercalações de folhelho e calcário são, em realidade, bem mais delgadas do que os perfis de Raioes Gama mostram.

Pelos dados anteriores constata-se que nas camadas E do SA-2 há pequenas camadas de folhelho, representando 10% da espessura das camadas. Estas camadas de folhelho foram descontadas dos valores que geraram a espessura média da camada E.

A Figura 7 - Perfil longitudinal, é, como o nome indica, um perfil passando por Al-3, Al-2, SA-1, SA-2 e ST-1-Al e em escalas vertical e horizontal iguais, mostrando que em largos tratos as camadas de sal apresentam pouco tectonismo aparente. Este perfil dá uma visão panorâmica do depósito.

RESERVAS MEDIDAS E INDICADAS.

O Al-2 dista cerca de 1Km. dos poços SA-2 e SA-3, e destes dois cerca de 500 metros um do outro. Em toda esta extensão, as camadas C e E apresentam bastante uniformidade e espessuras muito próximas; como mostram as Figuras V e VI, ou melhor, a Figura VII. É natural considerar que este comportamento se mantenha em área menor, com raio de influência de 300 metros, com centro em cada poço considerado.

Uma área abrangendo os 4 poços constituirá parte de reserva medida. Esta área é formada pelas tangentes externas dos círculos de influência dos poços, como mostra a Figura VIII. A tangente ao círculo centrado no Al-2 foi traçada paralela à tangente às circunferências com centros em SA-2 e SA-3, definindo a figura de um trapézio, denominado de "A" na Figura VIII.

A outra área de reserva medida "B", é constituída pelo trapézio que tem por base a base maior do trapézio A, cujos lados, partindo dos vértices desta base, tangenciam o círculo de 300 metros de raio, que constitui a área de influência do poço ST-1-Al, e cujo último lado é a tangente externa do círculo de influência do ST-1-Al, paralela à primeira base citada.

No cálculo da reserva da área "A" foram tomadas as espessuras médias anteriormente fixadas de 49 metros para a camada C e 82 metros para a camada E.

Como a área B é bastante longa, a espessura da camada C, cujo comportamento é notavelmente uniforme, foi tomada como a semi-soma da espessura na área A, 49 metros, com a espessura no ST-1-Al, 39 metros, dando a média de 44 metros.

Na área B a espessura da camada E varia de 82 metros na área A para 20 metros no ST-1-Al, representando um decréscimo contínuo de 4 metros por cem horizontais na espessura. No meio das áreas B, b3 e B, b2 a espessura terá diminuído 8 metros, tomando-se como espessura média 74 metros. Para a área B b1 considerou-se a semi-soma de 74 metros com a espessura no ST-1-Al (20 metros), ou sejam 47 metros.

A área, definida pelo centro do poço Al-3 e o lado maior e máximo do trapézio A, poderia ser cubada como reserva medida, interesse especialmente o Decreto 59.356, tomando um leito de sal do Al-3 com nuação da camada mais importante do conjunto, ou seja da camada "E" reserva no grupamento mineiro não merece destaque, entretanto, considerando isoladamente o Decreto 59.356 convém tê-la presente, pois representa mais 40 milhões de toneladas medidas. Para este cálculo foi considerado um tronco de pirâmide oriundo da interseção da vertical dos limites do poço com uma pirâmide, que tem vértice no Al-3 e base igual ao produto do comprimento do lado referido do trapézio A pela altura, ou espessura da camada E, ou seja 82 metros.

Para o cálculo da Reserva Indicada, tomou-se como limite a isócora de 50 metros da Figura 2, correspondente à espessura somativa do sal no intervalo de evaporitos. Como a espessura do sal cresce para dentro da bacia, e sendo 50 metros o mínimo considerado, as reservas apresentadas são mais do que conservadoras.

A Figura 8 mostra a distribuição dos polígonos, dentro da isócora de 50 metros, usados para os cálculos de reserva, as quais estão detalhadas nos Quadros Re-1 e Re-2.

As reservas medidas são as seguintes:

Alvará	289 - Camada C -	146.080.000 toneladas	✓
	289 - Camada E-	244.730.000 "	
Alvará	291 - Camada C-	124.190.000 toneladas	/
	Camada E-	132.660.000 "	
Decreto 59.356-	Camada C-	14.910.000 toneladas	✓
	Camada E-	24.970.000 "	
Total de reserva medida:		687.540.000 toneladas	

As reservas indicadas serão as seguintes:

Alvará	288	-	163.270.000	toneladas *
Alvará	289	-	301.350.000	"
Alvará	290	-	28.870.000	" *
Alvará	291	-	192.780.000	"
Decreto	59.356	-	296.830.000	"

1.155.300.000 toneladas

983.100,00

finado

Sendo as reservas medidas e indicadas tão substanciais, como mostrado, torna-se desnecessário pensar em reserva inferida.

Ruy Mesquita Campos RGS
 RUY MESSIAS DE CAMPOS RGS.
 Engenheiro de Minas e Civil
 C. P. 2537 - C. A. R.