

5º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

Estudo dos Evaporitos com ênfase na Bacia Sergipe-Alagoas

AUTORES:

Maria Elisa Leite Costa

Viviane Carrilho Leão Ramos

William Wagner Matos Lira

INSTITUIÇÃO:

Universidade Federal de Alagoas

As bacias de rochas salinas possuem a capacidade de armazenar petróleo, conforme descoberto as reservas de grande produtividade a profundidades extremas como na Bacia de Santos. Essas rochas, denominadas evaporitos, apresentam uma característica marcante quanto a sua impermeabilidade, são rochas selantes que permitem o aprisionamento de hidrocarbonetos, possibilitando a sua extrapolação. O presente trabalho visa caracterizar essas rochas com um enfoque geológico quanto a sua formação, analisando as propriedades físicas e mecânicas, pois os evaporitos apresentam o fenômeno da fluência, característica de se deformar lentamente com o tempo, como grande entrave a ser pesquisado e superado. A ocorrência desse sal é em ambiente submetido à forte e contínua evaporação associado à água salgada oriunda dos mares e a constante sedimentação, onde a taxa de evaporação deve ser maior que a taxa pluviométrica, estando a bacia isolada a fim de permitir uma progressiva concentração e deposição sequencial dos evaporitos. A distribuição geográfica dos minerais evaporíticos é muito ampla, sendo registrada a sua existência em praticamente todos os continentes e em várias regiões submersas. As aplicações das mesmas também é foco deste artigo relacionando seus usos: a criação de cavernas para reservas estratégicas de petróleo, bastante estudada em Portugal e nos Estados Unidos, como os reservatórios de lixo nuclear e outros rejeitos industriais encontrados no continente europeu, e na perfuração de poços para a exploração de hidrocarbonetos e extração do sal-gema, como o que acontece na Bacia Sergipe-Alagoas, onde os evaporitos são utilizados quanto matéria-prima que através da mineração subterrânea são explorados nessa região.

Estudo dos Evaporitos com ênfase na Bacia Sergipe-Alagoas

Abstract

The saltin basin rocks are able to be a petroleum storage, like the storage with high productivity at depths located in Bacia de Santos. This rocks, called Evaporitos, are impermeability, they are rock sealants which are the hydrocarbon trap, allowing the its exploitation. This article wants to characterize these rocks with a focus on their geological formation, examining the physical and mechanical properties, because the evaporites present the phenomenon of creep, characteristic to deform slowly with time, as a major obstacle to be overcome and searched. The incident of this type of salt is in an environment subject to strong evaporation and further associated with salt water from the seas and constant sedimentation, where the evaporation rate must be greater than the rainfall rate, and the isolated basin to enable a gradual concentration and deposition sequence of evaporites. The geographical distribution of evaporitic minerals is very broad, and recorded its existence in almost all continents and in several areas submerged. The applications of the same focus of this article is also related to their uses: the creation of caverns for strategic oil reserves, widely studied in Portugal and the United States, as the tanks of nuclear waste and other industrial waste found on the European continent, and the drilling of wells for oil exploration and extraction of rock salt, as the case in the Sergipe-Alagoas Basin, where the evaporites are used as raw material by underground mining are exploited in this region.

Introdução

Os estudos quanto a exploração de petróleo nas zonas de sal tem se tornando uma constante para os cidadão brasileiros, principalmente, após serem informado de novos campos de exploração dessa riqueza em águas profundas na Bacia de Santos, que está situado abaixo de uma camada de sal de dois mil metros de espessura (“pré-sal”). Os volumes recuperáveis estimados de óleo e gás para os reservatórios do pré-sal, se confirmados, elevarão significativamente a quantidade de óleo existente nas bacias brasileiras, tornando o Brasil como um país com grandes reservas de petróleo e gás do mundo, de acordo com Botelho (2008).

Sendo assim, o sal contribuiu, de acordo com suas respectivas propriedades, coma formação e acumulação do petróleo, como já foi confirmado por diversas regiões do mundo, que a presença das rochas salinas pode implicar em reservas de petróleo. De acordo FIGUEIREDO & MOHRIAK(1984), apud Borges (2008) são abundantes os exemplos de áreas produtoras de hidrocarbonetos que contêm evaporitos, como, por exemplo: Arábia Saudita, Irã, Mar do Norte, China, Argélia, Romênia, Líbia e Canadá, observado na Figura 01 abaixo. Borges (2008), também afirma que as zonas costeiras do Atlântico Sul (Brasil, África) possuem esses depósitos evaporíticos.

É o sal também o responsável por elevados custos e dificuldades à atividade exploratória, como no caso da perfuração dos enormes domos salinos em águas profundas, por isso os estudos referentes a esse tema, pois torna-se um desafio bastante atrativo para a área de engenharia. Na Figura 01 tem-se uma representação em termos mundiais dos grandes depósitos de sal.



Figura 01 – Grandes depósitos globais de sal. IKELLE & AMUNDSEN (2005)apud Borges (2008) .

Os evaporitos

Evaporitos é rocha sedimentar composta por minerais originados da evaporação parcial e/ou total de uma solução salina. Esses minerais são depositados em condições de forte evaporação e precipitação de bacias de sedimentação restritas, quentes e subsidentes, podendo estar situados no continente ou no mar. A deposição de camadas salinas ocorre em uma seqüência ou sucessão de salinização progressiva da bacia de deposição, dos sais menos solúveis para os mais solúveis. São exemplos de minerais a gipsita e anidrita, localizados nas camadas inferiores; e halita, silvita e carnalita nas camadas superiores. (Mackay,2007).

Os evaporitos têm ocorrência limitada no tempo geológico, pois exigem condições especiais, fazendo com que a utilização de inferências de níveis estratigráficos não seja tão utilizadas, pois poderiam causar deduções equivocadas,segundo Palagi(2008).

A importância do sal e suas aplicações

O sal, sempre esteve presente, seja devido a história através de as suas diversas utilizações, como moeda, como alimento ou seu conservante, como agente mumificador, possuindo assim sua colocação em cada civilização, desde a Babilônia, Egito, China, Mediterrâneo, África e America pré-cambriana. Além da importância econômica no uso de seus minerais como matéria-prima de diversos produtos presentes na indústria farmacêutica, de materiais de construção, alimentícia, química, de papel, de fertilizantes e etc, conforme o quadro 01 abaixo.

Quadro 01- Importância econômica dos minerais componentes do sal

Halita (Sal Comum)	Anidrita/Gipsita (Gesso)	Silvita (Cloreto de potássio)
• Sabor • Conservante • Vidro • Papel • Tecido • Tinta • Borracha artificial • Plástico • Couro	• Indústria da Construção Civil	• Indústria de fertilizantes • Indústria alimentícia • Química • Farmacêutica

Sendo assim, a exploração desse mineral, vem gerando benefícios econômicos em diferentes setores da economia, ou seja, sem que haja um envolvimento direto desse mineral ou a prospecção do petróleo ainda, pelo menos no Brasil. Assim, devido a essas utilizações, já existe tecnologia desenvolvida para a retirada desse minério, tecnologia essa que pode servir de inspiração para a prospecção de petróleo em que estejam situadas abaixo das camadas evaporíticas. Caso que recaem sobre o Estado de Alagoas, que dispõe da bacia Sergipe Alagoas em seu território onde há exploração da “salgema” que será abordado posteriormente.

Há inúmeras outras aplicações do sal no cotidiano que influenciam na economia mundial e não envolvem qualquer tipo de exploração, como a utilização das cavernas de sal para armazenamento, como acontece em Portugal. Esse país já realizou estudos referentes ao aumento de consumo de gás nas sazonalidades do ano onde há o predomínio do frio e o consumo desse combustível aumenta significativamente, além de anualmente. O gás desse país é proveniente da Argélia, através de gasodutos, e é utilizado um armazenamento de gás nas camadas evaporíticas para garantir esse bem para a população. De acordo com Pinto (2002), serão necessárias 12 cavidades de armazenamento para satisfazer as reservas e permitir a população o uso do gás. Na Figura 02 apresenta-se um esquema simplificado da estação em Portugal.

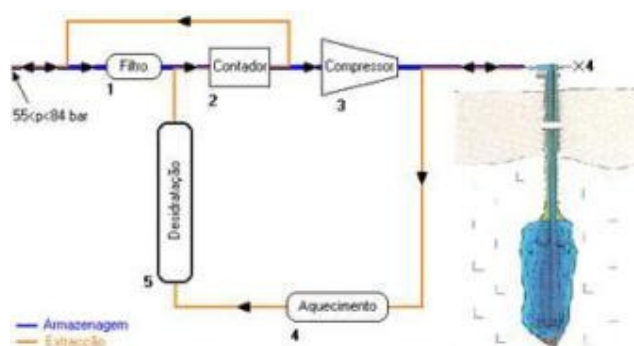


Figura 02. Esquema Simplificado de Funcionamento da Futura Estação de Compressão. Pinto 2002.

Os Estados Unidos possuem a maior reserva estratégica de petróleo do mundo, um armazenamento emergencial. De acordo com o Departamento de Energia dos Estados Unidos, eles possuem uma reserva de 570 milhões de barris de óleo cru em cavernas de sal subterrâneas, em quatro locais ao longo do Golfo do México. Para criar as cavernas os trabalhadores perfuram um domo de sal e colocam água para dissolvê-lo. Cada caverna tem cerca de 600 metros e pode guardar 38 mil m³ de óleo. O governo utiliza as cavernas de sal porque os custos de armazenamento subterrâneo são menores do que os custos dos tanques de superfície e porque as pressões do terreno em volta do reservatório selam os vazamentos. E também que a diferença de temperaturas nas cavernas subterrâneas conserva o óleo circulando, o que contribui para manter sua qualidade.

Outra utilização dessas rochas é para armazenamento de lixo nuclear. Fato que ocorrem em países como Estados Unidos, Suíça, Alemanha, Finlândia, Suécia. A rocha que deve receber esse material deve ter características importantes como quanto a sua homogeneidade, não deve apresentar fissuras, e possuir baixa condutividade hidráulica e de aquecimento, por isso as rochas salinas tornam-se uma boa opção. Mas, sabe-se, que o sal apresenta o fenômeno de fluência que pode causar uma convergência natural permitindo a fechar o espaço entre os depósitos armazenadores e o sal rocha. Outra preocupação é quanto a capacidade de dissolução do sal, a água poderia destruir uma parte da rocha hospedeira provocando radiações ionizantes e os resíduos possam contaminar o meio ambiente, no entanto, deve ser salientado que a presença de grandes quantidades de água nas minas não é comum. (Castagna, 2007). Um exemplo de armazenamento pode ser observado na Figura 03 abaixo.



Figura 03. Exemplos de reservatórios de lixo nuclear em rochas salinas. Castagna (2007.)

Assim, o presente trabalho, visa caracterizar a bacia Sergipe-Alagoas a partir da presença de evaporitos nesse local. Sendo a principal contribuição dessa bacia para com a sociedade, a exploração de sal através da mineração subterrânea. O estudo na bacia Sergipe-Alagoas será importante para o conhecimento de outras bacias brasileiras, com ênfase ao processo de exploração e armazenamento de hidrocarbonetos.

Metodologia

Na figura 04 está esquematizado a metodologia adotado no artigo. Pois esse trabalho corresponde a uma das etapas de um projeto de pesquisa que envolve a utilização de métodos computacionais para a simulação das tensões aplicadas em uma rocha salina durante a sua escavação. Como etapa inicial, foi desenvolvido uma pesquisa bibliográfica desde da influencia desse mineral na economia, ou seja, como o sal pode ser fonte de riqueza, a sua associação ao petróleo, além de três utilizações desse tipo de rocha: como reserva de lixo nuclear, reserva de gás e como mineração subterrânea: a extração do mineral, os dois primeiros são comuns na Europa e Estados Unidos, enquanto que o segundo é bastante utilizado na Bacia Sergipe-Alagoas, que é o foco do trabalho.

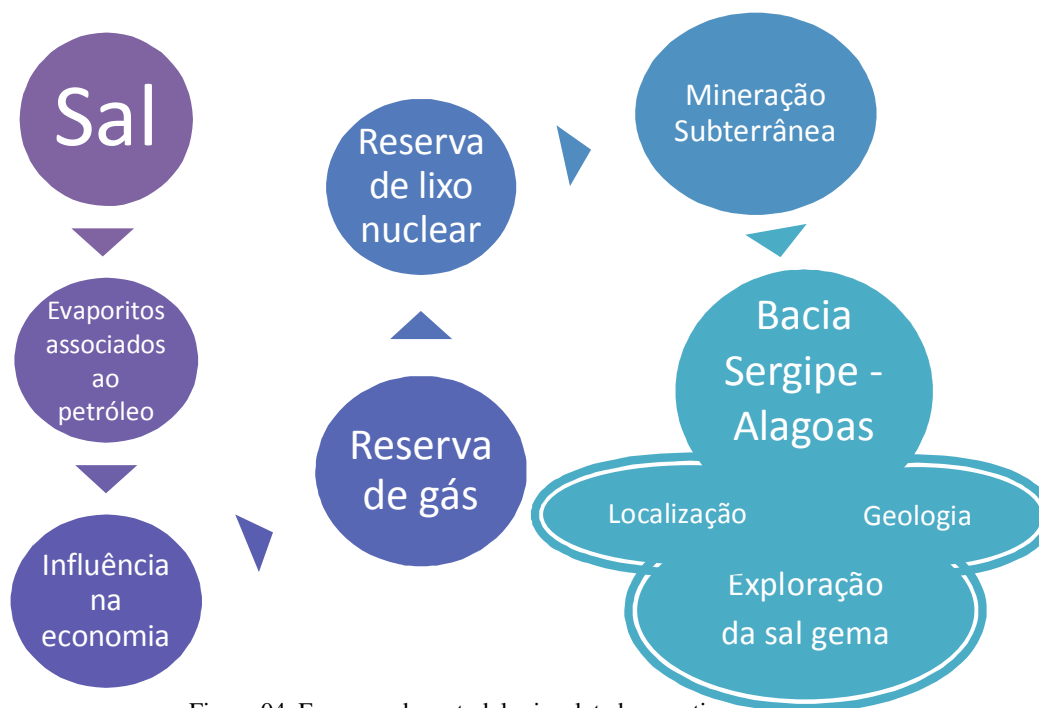


Figura 04. Esquema da metodologia adotada no artigo.

Bacia Sergipe – Alagoas: Características geológicas

A bacia Sergipe - Alagoas localiza-se na margem continental nordeste do Brasil, abrange uma área de aproximadamente 13.000 km² e sua porção submersa uma área de cerca de 40.000 km², até a cota batimétrica de 2.000 m. É caracterizada por uma espessa seção sedimentar da fase rifte na região continental e por feições associadas à transpressão na região da plataforma e talude. Apresenta um entre a região da plataforma continental e a região de águas profundas, intrusões ígneas, de acordo com Pontes (1991) *apud*. Entre as sub-Bacias de Alagoas e Sergipe ocorrem feições diapíricas em águas profundas que podem estar relacionadas à tectônica de sal, Mohriak (1995b) confirmando assim a presença de depósitos evaporíticos nessa região.



Figura 05. Imagem da Bacia Sergipe – Alagoas, no detalhe a foz do Rio São Francisco. Sal e geologia 2008.

Os Evaporitos, caracterizados do Cretáceo Inferior (Aptiano), ocorrem de maneira expressiva na seqüência sedimentar da Margem Continental Leste do Brasil, desde a Bacia de Alagoas até a Bacia de Santos, em espessuras que podem ultrapassar 1 km. São dessa maneira excelentes marcos estratigráficos, pois os evaporitos formam o pacote sedimentar que separa a seqüência continental da fase “rift” do pacote marinho superior. Além disso, apresentam potencial econômico como fornecedores de sais. No entanto, a proporção dos minerais que constituem os evaporitos da Bacia de Sergipe- Alagoas (representada por pouco sulfato, abundância de carnalita, além de taquidrita, silvinita e halita, que é o mineral mais abundante), é distinta daquela prevista de se formar a partir da evaporação da água do mar, o que sugere composição diferente para a salmoura geradora desses evaporitos Aptianos segundo (Silva, 1997).

Na sub-bacia evaporíticas de Maceió são registradas espessas camadas de halita, com quase 300 metros de espessura de sal, o intervalo salífero é representado predominantemente por halitas, com folhelhos e rochas carbonáticas intercaladas, além de arenitos nas seções basais com intercalações de rochas siliciclásticas e carbonáticas, conforme a figura 06, (Florêncio et al 2002.) A deposição dessas camadas salinas foi marcada pelo intenso aporte de terrígenos, representados por inúmeras intercalações de folhelhos. A invasão marinha, aliada às condições climáticas e circulação restrita favoráveis, permitiu a precipitação de halita em diversas partes da bacia. As características mais marcantes desses evaporitos são as espessas camadas de halita e a ausência de anidrita e de sais mais solúveis que a halita, como a silvinita e a carnalita.

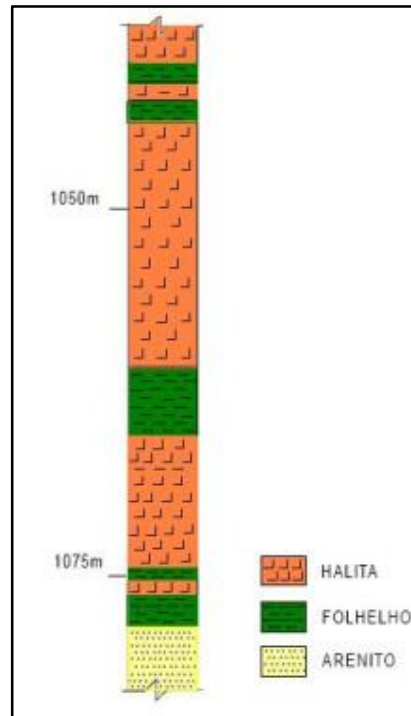


Figura 06. Perfil da Bacia Sergipe-Alagoas. (Florêncio et al 2002 *modificado*)

Extração do sal na Bacia Sergipe-Alagoas

Nessas camadas, são realizados a produção de salmora bruta pela empresa Braskem há mais de 20 anos. Onde as profundidades de jazidas perfuradas variam de 900 a 1200m e estão concentradas na porção sul da cidade de Maceió, conforme a Figura 04., onde são extraídos em torno de 60 mil toneladas por ano.



Figura 07. Localização da jazida e da indústria química.

O método utilizado para essa atividade por essa empresa é a extração por dissolução subterrânea, que com um poço instalado, a água injetada sob pressão pelo tubo central e dirigida à base da camada a ser minerada, onde o sal dissolvido retorna à superfície pelo espaço anular do revestimento, sob a forma de cloreto de sódio (Florencio, 2008).



Figura 08. Processo de Extração do Sal e sua localização. (César Augusto Monte)

O sal extraído apresenta concentração média de NaCl de 280 g/l, variando entre 305 g/l e 260 g/l . As principais impurezas estão presentes na forma de sulfatos e cloretos sendo encontrados com mais frequência o Cálcio = 80 a 130 mg/l, Magnésio = 10 a 45 mg/l e a Amônia = 30 a 50 ppm. (Monte, 2004).

Conclusões

As rochas salinas possuem uma importância no desenvolvimento econômico de diferentes possibilidades, seja como locais para armazenamento de diversos materiais, como o lixo nuclear, podendo assim fornecer um destino seguro a esses materiais radioativos, seja como reserva estratégica para países que não possuem jazidas de gás e necessitam desse produto para uma manutenção da população como também para fonte de energia, ou como a extração do sal para a sua comercialização. O sal apresenta essas diferentes vertentes devido as características que apresentam, sendo considerado impermeável, permitindo ser um bom local de armazenagem, e ele também é matéria-prima para diversos materiais, justificando a sua extração.

Como a Bacia Sergipe-Alagoas já foi foco de estudos através de coleta de amostras para se conhecer o comportamento de rochas salinas, e como nessa bacia ocorre a mineração subterrânea do sal através de uma grande empresa instalada, percebe-se a importância em focalizar a tecnologia implantada, estudando suas atividades.

Pretende-se continuar estudando essa Bacia e através dos métodos numéricos que possam implantados, deseja-se simular o procedimento dessas rochas a fim de minimizar problemas ocasionados por se comportamento quando submetidos a pressões necessárias para sua escavação.

Agradecimentos

Ao Laboratório de Geotecnia da Universidade Federal de Alagoas, e também ao Laboratório de Computação Científica e Visualização ambos pela disponibilidade do espaço físico e do acesso a fontes bibliográficas. A empresa BRASKEM por fornecer por meios de palestras dados das atividades que exercem no estado de Alagoas. E a Secretaria de Ensino Superior do Ministério da Educação, pelo auxílio ao programa PET – Engenharia Civil – UFAL.

Referências Bibliográficas

5º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS

BORGES, R.G. *Avaliação Numérica de Perturbações de Tensões Associadas a Estruturas Salíferas e suas influências na Estabilidade de Poços*. Dissertação de mestrado COOPE. Rio de Janeiro 2008.

BOTELHO, F.V.C. *Análise Numérica do Comportamento Mecânico do Sal em Poços de Petróleo*. Dissertação De Mestrado. Rio de Janeiro 2008.

CASTAGNA, S. *Thermo Hydraulic Behviour Of Unsaturated Salt Agregates*. Tese de Doutorado da. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona.2007.

FLORENCIO, C.P. *Análise estratigráfica da sub-bacia evaporítica de Maceió*.

FLORENCIO, C.P. ;Ribeiro Filho, E. *Geoquímica do bromo em halitas da sub-bacia evaporítica de Maceió*. Revista de geologia, 1998, Vol. 11: 5-14.

FLORENCIO, C.P. A mineração dos evaporitos. 2008.

LIMA, W.S. Sequencia evaporiticas da bacia Sergipe-Alagoas.2008.

MOHRIAK, W.; SZARMARI, P.; ANJOS, S.M.C. *Sal : geologia e tectônica, exemplos de bacias brasileiras*. 2008.

MOHRIAK, W.; BASSETTO, m.; VIEIRA, I. *OBSERVAÇÕES SOBRE A CARTA ESTRATIGRÁFICA E A EVOLUÇÃO TECTONO-SEDIMENTAR DAS BACIAS DE SERGIPE E ALAGOAS*.Rio de Janeiro. 1997.

MACKAY, F., BOTELHO, F. V. C., INOUE, N. et al., “Análise do Comportamento de Evaporitos”. In: *Anais do IV PDPetro*, Campinas, Out. 2007.

PALAGI, P.R. Evaporitos no Brasil e na America do Sul. 2008.

PINTO, P.A.S. *Sistema de Armazenagem de Gás Natural no Carriço*. 2002.

SILVA, M.A.M.; LOWESTEIN, T.; TIMOFEEFF, M. *Composição Química Da Água Do Mar Inferida Através Da Análise Das Inclusões Fluidas Nas Halitas Dos Evaporitos Aptianos Da Bacia De Sergipe*. 1997.

Reserva estratégica de petróleo. Disponível em:<<http://pessoas.hsw.uol.com.br/questao478.htm>> visitado no dia 20 de junho de 2009.

Strategic Petroleum Reserve Storage Sites. Disponível em: www.fossil.energy.gov/programs/reserves/spr/spr-sites.html, visitado no dia 20 de junho de 2009.