

# Similaridade da Camada do Sal Brasileira e Africana de Acordo com a Teoria da Pangeia

## Similarity of Brazilian and African Salt Layer According to the Pangeia Theory

Katherine Bittencourt Mendes LEITÃO [1](#); André Luiz Tenório REZENDE [2](#)

Recebido: 26/10/2017 • Aprovado: 12/11/2017

### Conteúdo

[1. Introdução](#)

[2. Metodologia](#)

[3. Considerações Finais](#)

[Referências Bibliográficas](#)

#### RESUMO:

Este artigo aborda a similaridade entre Brasil e África Ocidental referente à camada do sal, analisando o processo histórico de sua formação geológica e química baseado na Teoria da Pangeia e o tectonismo de placas. Através de pesquisas bibliográficas, aborda-se o contexto social e financeiro dos dois países, comparando tecnologias e investimentos. Ao final, pela similaridade de estruturas de formação, evidenciam-se vantagens para o mercado petrolífero no continente africano, com base na promissora riqueza oriunda das profundezas do pré-sal brasileiro.

**Palavras-Chave:** Pré-Sal. Similaridade. Brasil. África

#### ABSTRACT:

This article discusses the similarity between Brazil and Western Africa in the salt layer, analyzing the historical process of its geological and chemical formation based on the Pangaea Theory and plates tectonism. Through literature review, the social and financial context of the two countries is compared, comparing technologies and investments. Finally, by the similarity of formation structures, it'll be shown the advantage for the oil industry in African continent, based on promising wealth from the depths of the Brazilian pre-salt.

**Keywords:** Pre-salt. Similarity. Pangaea. Brazil. Africa.

## 1. Introdução

No século XVI, com Abraham Ortelius, surgiu a primeira Teoria de que, a Terra, há cerca de 200 milhões de anos, não apresentava a conformidade atual. Acreditava-se que os continentes eram unidos formando um único supercontinente chamado Pangeia, que significa "Toda Terra". Esta teoria voltou a ganhar força, novamente, no século XIX. (Redfern, 2000).

Devido ao movimento das placas tectônicas, placas rígidas que estão em constante movimento na crosta terrestre (litosfera), este grande continente foi subdividido ao longo dos anos até que

se configurassem os continentes.

Por volta de 180 milhões de anos atrás, havia duas únicas massas continentais conhecidas como Supercontinentes, uma ao Norte, conhecida como Laurásia, e outra ao Sul, conhecida como Gondwana. O Supercontinente Gondwana deu origem à atual formação do Hemisfério Sul – América do Sul, África, Oceania, Antártica e subcontinente indiano.

Fruto das evidências paleontológicas encontradas, e pela litologia idêntica entre América do Sul e África, é que a teoria da deriva continental (movimentação dos continentes) ganhou destaque.

As camadas do sal brasileira e africana se assemelham, pela litologia e composição química, por serem compostas em sua maioria pelo sal de rocha Halita, pela fórmula: NaCl.

A partir de 2006, com a descoberta do pré-sal no Brasil, percebe-se que o pré-sal teve papel decisivo na elevação da produção total nacional de petróleo – 11,4% –, com média de 2,3 milhões de barris/dia em 2014. E ainda, a produção de petróleo no pré-sal passou de 110,5 milhões de barris em 2013 para 179,8 milhões de barris em 2014 (ANP, 2015).

Entretanto, para se alcançar o pré-sal, a camada do sal apresenta certo efeito de fluência, o que se torna um desafio no que diz respeito à tecnologia e ao grau de investimento em ambos os países, devido ao fato de sua instabilidade poder resultar num aprisionamento de equipamentos ou necessidade de maiores tecnologias.

A seguir, abordaremos as vantagens da similaridade das camadas do sal brasileira e africana perpassando pela geologia, tipos de sal e fluência.

---

## 2. Metodologia

### 2.1. Pangeia

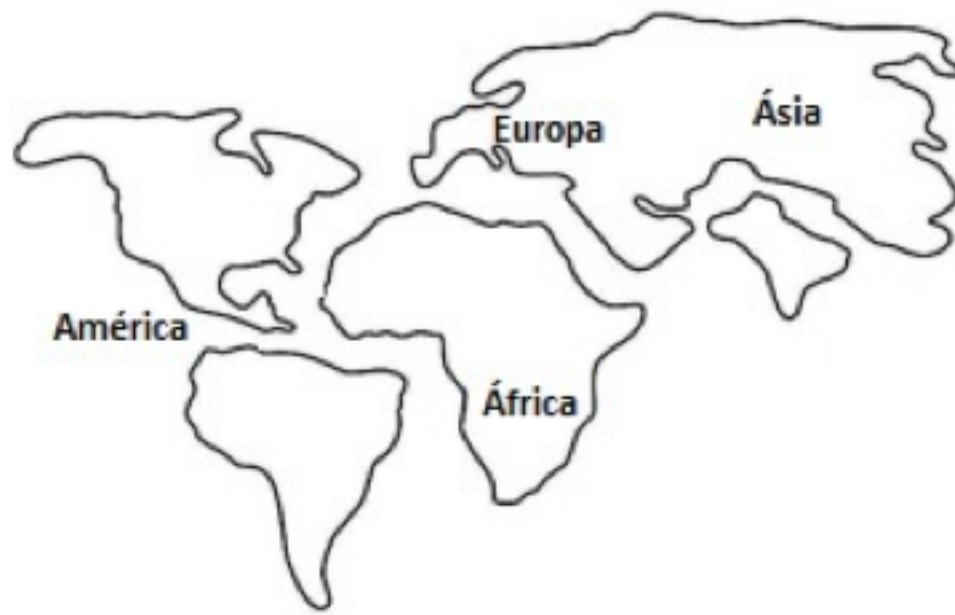
O cartógrafo e geógrafo, Abraham Ortelius em 1595, sugeriu que houve o afastamento dos continentes da América, Europa e África devido a terremotos e inundações e complementou que há evidências do afastamento e grande semelhança, ao se analisar com cuidado, um mapa do mundo e as fronteiras de cada continente, como pode ser observado na figura 1, a seguir:

No século XX, Alfred Lothar Wegener escreveu dois artigos científicos em que abordava o movimento dos continentes, conhecido como Deriva dos Continentes. Relatou ainda que, há cerca de 200 milhões de anos, a Terra era composta de um único continente conhecido como Supercontinente e denominado Pangeia, que começou a se fraturar e movimentar.

Esse movimento continental ocorre através do movimento de convergência, quando uma placa se movimenta em direção à outra placa, sendo que uma delas é consumida pelo manto, surgindo uma “margem continental ativa” e de divergência, quando há o afastamento entre as placas, gerando nova litosfera. Há também o movimento transformante, que ocorre quando as placas “escorregam” lateralmente uma em relação à outra, não originando nem destruindo a crosta (Anguita 1996, Schmiegelow 2004, Faria 2009).

#### Figura 1

Destaque na similaridade entre as fronteiras dos continentes



Fonte: (Elaborado pelo autor, 2016).

No século XX, Alfred Lothar Wegener escreveu dois artigos científicos em que abordava o movimento dos continentes, conhecido como Deriva dos Continentes. Relatou ainda que, há cerca de 200 milhões de anos, a Terra era composta de um único continente conhecido como Supercontinente e denominado Pangeia, que começou a se fraturar e movimentar.

Esse movimento continental ocorre através do movimento de convergência, quando uma placa se movimenta em direção à outra placa, sendo que uma delas é consumida pelo manto, surgindo uma "margem continental ativa" e de divergência, quando há o afastamento entre as placas, gerando nova litosfera. Há também o movimento transformante, que ocorre quando as placas "escorregam" lateralmente uma em relação à outra, não originando nem destruindo a crosta (Anguita 1996, Schmiegelow 2004, Faria 2009).

Ainda segundo Wegener, além das estruturas geológicas similares, a existência de fósseis, de plantas e animais, ao longo das costas brasileira e africana serem idênticas, é mais um motivo que evidencia a interligação dos continentes. A continuidade desse processo resultou na separação das atuais placas da África e América do Sul, conforme modelo evolutivo de margem continental tipo Atlântica (Asmus 1975; Porto, 1972).

Quando as margens do Brasil e Angola são justapostas ou reconstruídas ao modelo de 140 milhões de anos atrás, evidencia-se claramente, que as Bacias de Campos e Santos no pré-sal brasileiro, estão localizadas adjacentes às Bacias angolanas Benguela e Kwanza. Assim, acredita-se que o sucesso do pré-sal brasileiro pode se repetir nas águas profundas angolanas.

## 2.2 Brasil

No ano de 2015, a produção brasileira de óleo no pré-sal foi de 2,125 milhões de barris de petróleo por dia, o que superou a expectativa para a região, não só pelo grande volume produzido, mas pela qualidade do óleo que, como o caso da Bacia de Campos, é de boa qualidade – 31°API (óleos com grau API maior que 30 são considerados leves, com maior valor de mercado), (Petrobras, 2015).

Estima-se que o valor da produção do barril de petróleo no Brasil é de US\$ 8, o que agrega valor ao óleo brasileiro, tendo em vista que a média de produção mundial é de US\$ 15 por barril (Petrobras, 2015).

Além do aumento da produção, as reservas de óleo alteraram a balança comercial do setor no país, tornando o Brasil um exportador líquido de petróleo e gás natural. O país em 2015, graças à maior produção interna, obteve um aumento de significativa na quantidade de petróleo bruto exportado e grandes encomendas de mercados como China e Estados Unidos.

Apesar da atual queda mundial do valor do barril de petróleo, e especificamente no Brasil em relação aos problemas econômicos e políticos internos, o país ainda é apontado pela Agência Internacional de Energia (AIE) como um dos países, não integrantes da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP), cuja produção mais deve crescer nos próximos cinco anos. Até o ano 2021 a previsão é de que a extração de óleo brasileira suba para 3,36 milhões de barris por dia, num ritmo de crescimento inferior apenas ao dos Estados Unidos da América (AIE, 2016).

Em 29 de novembro de 2016, foi sancionada a Lei [13.365/2016](#), que retira a obrigatoriedade da Petrobras de participar da exploração de petróleo na camada do pré-sal. E como consequência, várias discussões surgiram com grupos que apoiaram, alegando que seria vantajoso para um maior investimento estrangeiro no país e uma possibilidade de recuperação da Petrobrás. Já outros grupos contra a Lei, alegaram que isto seria prejudicial para o capital nacional.

## 2.3 Angola

Devido ao tectonismo de placas e sua separação ao longo dos anos é que se observa, na geologia do Brasil e da África Ocidental, uma grossa camada de sal. No Brasil, geólogos encontraram uma grande reserva de petróleo abaixo dessa camada. Pensando nisso, algumas das maiores empresas do ramo petrolífero começaram a investir na região africana, acreditando-se obter um potencial similar.

O petróleo em Angola contribui com cerca de 45% para o Produto Interno Bruto (PIB) do país, mas, apesar disso, por ainda não torná-la autossuficiente, lhe atribui o status de país importador.

A empresa estatal Sonangol, que administra a exploração de petróleo e gás natural em Angola, encontrou reservas de óleo e gás nas bacias de Kwanza e Congo, na região do pré-sal, que devem atingir o equivalente a 2,2 bilhões de barris (Sonangol, 2016).

O país integra um dos grupos mais importantes do mundo no setor, a Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP), desde 2007. Esse grupo, composto por 12 países, contém mais de 80% das reservas de petróleo provadas.

No ano de 2016, a Angola superou a Nigéria na produção de petróleo e passou a ser o país africano de maior produção.

Dessa forma, crescendo economicamente e chamando a atenção mundial, a Angola busca investimentos tecnológicos de forma a reduzir o custo de produção, de seu barril, para que sua grande reserva de óleo abaixo da camada do sal seja cada vez mais viável.

## 2.4 Camada do Sal

Para se alcançar a camada do promissor pré-sal, onde se estima haver uma grande reserva de óleo, tanto no Brasil quanto em Angola, é necessário vencer os desafios encontrados durante a perfuração offshore (perfuração em alto mar) na camada do sal.

O sal, também conhecido como evaporito, apresenta um comportamento visco-elástico de fluência. Entende-se por fluência a disposição de um determinado material à deformação, ao longo do tempo, para amenizar os efeitos de tensão. O efeito de fluência é mais observado nos materiais que estão sujeitos a altas temperaturas e tensões, como é o caso da perfuração de poços. Este comportamento é prejudicial na fase de perfuração da camada do sal, pois este pode aumentar o risco de prisão da coluna, elevadas vibrações e danos aos equipamentos.

O evaporito do tipo Halita (cloreto de sódio - NaCl) é o mais encontrado na natureza e, conseqüentemente, na camada do sal. Este tipo de sal apresenta porosidade desprezível, é basicamente impermeável (Ordem de nano Darcy) e solúvel em água.

A fim de se evitar a fluência, as tensões do sal na coluna de perfuração devem ser evitadas. Para isso, fluidos de perfuração para auxiliar na sustentação e maior estabilidade da camada do sal são cada vez mais estudados. Deve-se evitar fluido saturado com NaCl que, apesar do baixo custo, reflete-se no aumento de temperatura e solubilidade, além de possuir alto potencial de corrosão. Assim utilizam-se mais fluidos sintéticos nessa camada que, apesar de serem mais caros, apresentam boa estabilidade reológica e não dissolvem o sal tipo Halita.

As reservas de petróleo, que se acredita existir abaixo da camada de sal brasileira, ocupam uma área de 149.000 km<sup>2</sup> (equivalente à do estado do Ceará) e atingem 90 bilhões de barris, ou seja, cerca de sete vezes o volume de petróleo conhecido acima da mesma camada (CPRM, 2009).

Tendo em vista o grande potencial de produção de óleo, as técnicas na camada evaporítica vêm sendo cada vez mais elaboradas. A técnica de alargamento, que consiste em alargar um poço a partir de uma restrição, é dividida em alargadores excêntricos e concêntricos.

Dos métodos excêntricos, a broca bicêntrica alarga até 20% do diâmetro de passagem e reduz o risco de prisão da broca por fechamento do sal, porém sua desvantagem advém da possibilidade de formar poços espiralados, o que dificulta a descida do revestimento do poço de petróleo.

Outro método excêntrico é o Motor *Steerable Fixed-Blade Eccentric Ream While Drilling* em que é possível ser colocado em qualquer posição da coluna de perfuração, é mais balanceado que a broca bicêntrica e permite um melhor controle direcional durante a perfuração de um poço.

Já em relação aos alargadores concêntricos, o desafio é a perfuração de grande extensão para alargamento, ou seja, poços profundos e de formação dura em poços direcionais e/ou horizontais.

*Underreamer* é um método concêntrico que consiste em dois braços que abrem e fecham, de acordo com a camada que está sendo perfurada e de sua finalidade. Porém apresenta curta vida útil, por seus componentes serem frágeis e ainda assim por ocorrer certo aprisionamento da broca com o fechamento do sal, entre a broca e o alargador, em alguns poços onde a fluência era maior.

A companhia de equipamentos Weatherford, em 2001, elaborou uma broca expansível que ainda se encontra em fase de testes e que, quando aberta, aumenta em até 40% o diâmetro de passagem. Sendo esse alargamento integral, reduz-se o risco de prisão entre a broca e o alargador.

Além dos métodos acima citados, há técnicas de monitoramento de perfuração que auxiliam como é o caso da *Logging While Drilling*, na aquisição de perfis durante a perfuração, sem a necessidade de parar a operação para descer cabos.

Deve-se obter o Perfil Sônico e o Raio Gama para assim, identificar os perfis e características de cada camada rochosa e os sais mais fluentes, conforme tabela 1.

**Tabela 1**  
Sais mais fluentes

Propriedade Tipo de Sal	Tempo de Trânsito ( $\mu$ sec/ft)	Raio Gama
Halita	67	~5/11
Anidrita	52	~5/10
Carnalita	52	200

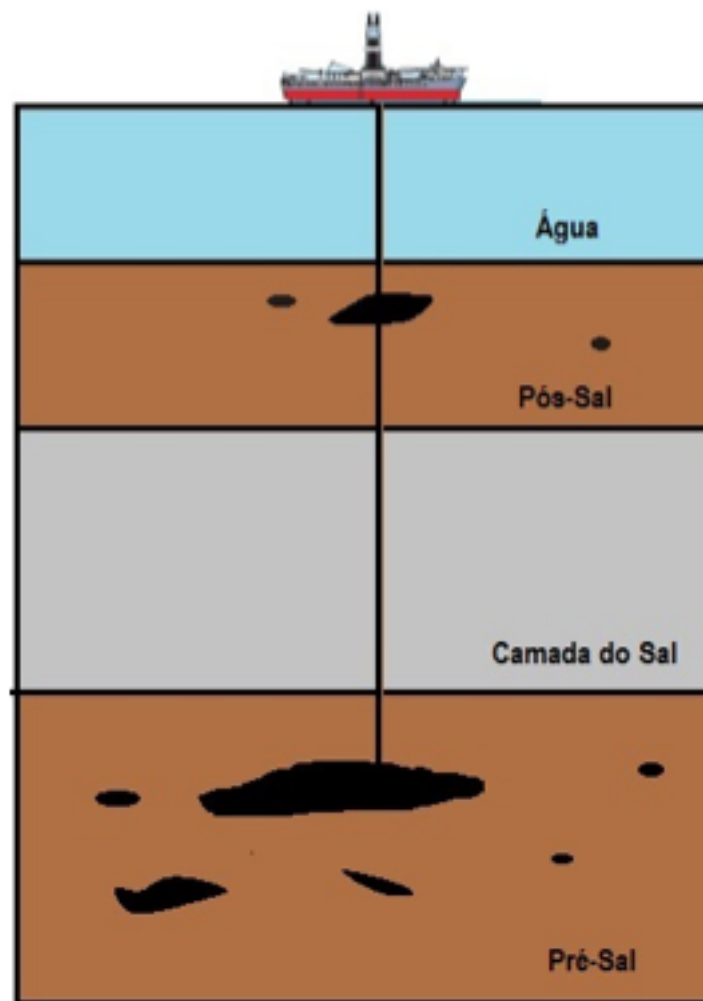
Fonte: (BRITTO, 2013).

É importante traçar o perfil de raio gama de uma rocha pelo fato de estar relacionado à litologia e à identificação de possíveis discordâncias, através da captação da radioatividade que as formações geológicas emitem.

Pensando numa cooperação, de forma a incentivar e facilitar investimentos mútuos é que em 2015, Brasil e Angola assinaram o Acordo de Cooperação e Facilitação de Investimentos (ACFI), contemplando como um dos principais os setores, o de apoio à extração de petróleo e gás natural.

A extração do petróleo, em áreas que possuem camada de sal, requer investimento e maior atenção devido à grande profundidade que o petróleo se encontra. Para se alcançar com êxito tamanhas profundidades, que chegam a 8 mil metros, outras camadas devem ser perfuradas, como retratado na figura 2 a seguir:

**Figura 2**  
Camadas até o pré-sal



Fonte: (Elaborado pelo autor, 2016).

### 3. Considerações Finais

Brasil e Angola têm muito mais em comum do que apenas o idioma oficial. Sua similaridade começou há 200 milhões de anos, quando todos os continentes eram unidos geologicamente num só e tudo era conhecido por Pangeia. Com o passar dos anos e pelo movimento das placas tectônicas, a Terra atingiu a formação hoje conhecida, todavia evidenciando similaridade geológica continuada.

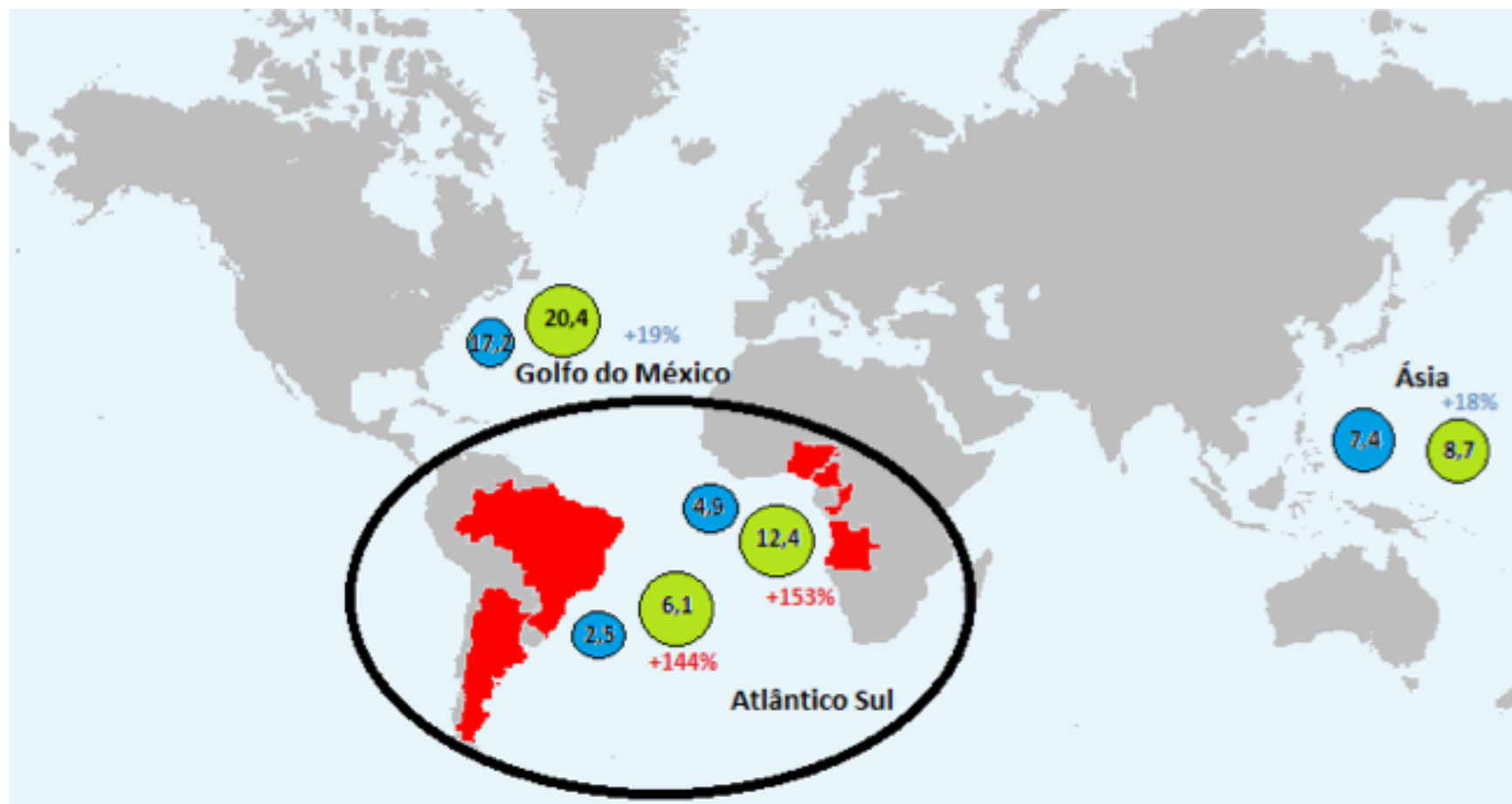
Pertencendo ao grupo de rochas sedimentares, as rochas salinas são formadas devido à evaporação da água salina. Sendo o sal um material geológico incomum, o estresse constante aplicado a ele, durante a perfuração, por exemplo, espera-se uma deformação significativa em

detrimento do tempo, condições de carga e propriedades físicas. Este comportamento é justamente a fluência do sal.

O Brasil, com sua descoberta de ampla reserva de óleo no pré-sal, vem batendo recordes e obtendo resultados acima do esperado. No continente africano, mais precisamente em Angola, que se tornou o maior produtor africano de óleo, o resultado apresenta-se cada vez mais promissor, principalmente por considerar elevada a perspectiva de maiores investimentos na região do pré-sal africano.

Espera-se que o Atlântico Sul, mais especificamente as regiões atlânticas da África e América do Sul, como representado na figura 3, obtenham até 2030 um aumento de 153% e 144% de barris de petróleo, respectivamente.

**Figura 3**  
Prospecção da produção de barris de petróleo



Fonte: (adaptado do Instituto de Economia da UFRJ, 2016).

Para que se alcancem os resultados cada vez mais promissores, os desafios, não só econômicos, devem ser superados, mas também os técnicos, como o da extensa camada de sal que antecede, durante a perfuração, a camada do pré-sal.

O pré-sal é uma camada de rocha sedimentar formada pela separação dos continentes Americano e Africano, durante a movimentação das placas tectônicas. Este movimento causou relevos com depressões, que ao longo dos anos, acumularam material orgânico e este foi encoberto pela camada do sal, devido processo de evaporação da água salina do oceano.

Os evaporitos, ou seja, rochas de minerais salinos, são encontrados em diversas bacias de hidrocarboneto ao redor do mundo e o evaporito mais abundante é a halita, apresentam grande mobilidade devido ao seu comportamento elástico e plástico.

Durante a perfuração, a ocorrência de tensões que excedam o limite de elasticidade, a deformação plástica por fluência acontece até um novo limite de elasticidade, o que pode prejudicar a formação geológica em fraturas que podem causar vazamento de óleo para a superfície e no caso da perfuração, aprisionamento de materiais de alto valor comercial.

Baseado nisso que técnicas no setor de óleo e gás vêm sendo elaboradas de forma a conter o efeito de fluência e aumentar eficiência da perfuração de petróleo e obtenção deste na camada

do sal, onde a exploração tem sido cada vez mais evidenciada.

O mercado de óleo e gás sofreu forte queda de investimento em detrimento da produção de xisto pelos Estados Unidos, principalmente em 2014 que acarretou nos baixos valores do barril de petróleo, fazendo com que a Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) convocasse inúmeras reuniões com objetivo de discutir uma redução de produção e sua oferta, para o aumento do valor do barril.

No ano de 2017, a Rússia passou a ser o maior produtor mundial de petróleo, ultrapassando a Arábia Saudita. Seguindo também o aumento de produção e contrariando a grande maioria dos países produtores de petróleo, Brasil e Angola vêm apresentando números maiores de produção.

Assim, apesar das dificuldades na perfuração para a obtenção de petróleo em camadas mais profundas e especialmente devido a grande extensão da camada do sal, espera-se que Brasil e países da África Ocidental, obtenham uma maior capacidade tecnológica e de investimento para desenvolvimento interno.

---

## Referências Bibliográficas

Agência Internacional de Energia (AIE). **Oil Industry**. Disponível em <[www.iea.org](http://www.iea.org)>. Acesso em: 23 de março de 2016.

ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo e do Gás Natural 2015**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Rio de Janeiro: ANP, 2015. Acesso em: 20 de março de 2016.

ASMUS, H. E. Controle estrutural da deposição mesozóica nas bacias da margem continental brasileira. **Revista Brasileira de Geociências**, 5: 160-175, 1975.

BRITTO, E. C. de. **Rochas Evaporíticas e sua Caracterização Através de Perfis em Poços de Petróleo**. 47p. Trabalho de Conclusão de Curso- Instituto de Geociências – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Petróleo do Pré-Sal**. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br>>. Acesso em: 23 de março de 2016.

FARIA, T. **Teoria da Tectônica de Placas**. Departamento de Recursos Naturais (DRM-RJ). 2009. Disponível em: <<http://www.drm.rj.gov.br>>. Acesso em: 23 de março de 2016.

**Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro**. Disponível em: <<http://www.ie.ufrj.br/>>. Rio de Janeiro, 2007. Acesso em: 20 de março de 2016.

JR, E. P.; COSTA, A. M. da; FALCÃO, J.L. *Drilling Brazilian Salt 1: Petrobras studies salt creep and well closure*. **Oil & Gas Journal**, v.104-21, p. 36 - 45, 05 jun. 2006.

ORTELIUS, Abraham. Thesaurus geographicus. **Ed. London** : Printed for A. and J. Churchill, and T. Childe Press, Vol. 2, 1709.

Petrobras. **Pré-Sal**. 2015. Disponível em <<http://www.petrobras.com.br>>. Acesso em: 23 de março de 2016.

PORTO, R. Classificação das bacias sedimentares brasileiras segundo a tectônica de placas.

**Anais do Congresso Brasileiro de Geologia**, 26, Belém, v. 2, pp. 667-690, 1972.

REDFERN, R. *Origins: The Evolution of Continents, Oceans, and Life*. Ed. University of Oklahoma Press, Vol. 1, No. 8, p. 6, 2000.

SCHMIEGELOW, J. M. M. *O Planeta Azul. Uma introdução às ciências marinhas*. Rio de Janeiro: **Interciência**. 2004.

Sonangol. **Sonangol EP**. 2015. Disponível em <[www.sonangol.co.ao](http://www.sonangol.co.ao)>. Acesso em: 24 de março de 2016.



Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015  
Vol. 39 (Nº 09) Año 2018

[Índice]

[No caso de você encontrar quaisquer erros neste site, por favor envie e-mail para [webmaster](#)]

©2018. revistaESPACIOS.com • Derechos Reservados