

Below the Salt

Following the award of the Kwanza and Benguela blocks last year, 'pre-salt' has become a buzzword in Angola's oil industry. But what does it mean – and what is its significance?

For the past decade, the Luanda branch of the Texas-based Society of Petrophysicists & Well Log Analysts (SPWLA) has held an annual two-day formation evaluation forum in Luanda, which offers presentations on local and regional geology, geophysics and geochemistry.

Attendees include industry professionals with the oil majors and oil service companies, representatives of government as well as senior-level university students.

At the first SPWLA Forum in 2001 geologist Tako Koning gave a presentation entitled *An Overview of the Geology and Geophysics of Angola's Oil Fields and Oil Industry Activity, based on public domain and published data, to provide a broad review of the nature of Angola's oil fields and sedimentary basins, and to review the key milestone events in Angola's oil industry.*

Every year since he has revisited this topic and below we publish his evaluation of the pre-salt phenomenon, given at the SPWLA Forum on April 27 last year.



Angola's very first oil-event dates back to the late 1700s when the Portuguese colonialists discovered oil seeps and asphalt deposits at Libongos near Caxito and shipped some of the oil to Lisbon and Rio de Janeiro to be used as caulking material to prevent leakage in the hulls of their ships.

Then, almost a century ago, the Portuguese oil company Companhia de Pesquisa Mineira de Angola carried out the first drilling near Barra do Dande in Bengo Province at a site some 40km north east of Luanda.

Other milestones were passed in 1955 when oil production began in the onshore Benfica Field just south of Luanda – and in 1968 when the Cabinda Gulf Oil Company made Angola's first offshore discovery, the Malongo Field.

By 1996 Angola was producing about 700,000 barrels of oil per day (bpd) when a truly seminal event occurred – the discovery of the Girassol Field in Block 17 by Elf Petroleum, in 1,300m of water 140km off the coast of Angola.

The Girassol discovery stunned the industry, since finding oil so far offshore and in a new geological formation was totally unexpected. Additional drilling by Elf proved Girassol to be a giant-sized find with the oil-bearing reservoir located in ancient river-deposited sandstones and conglomerates of the Oligocene age 25 million years ago.

This led to many more such discoveries in the Oligocene and Miocene strata (the latter some 15 million years old) in the deep waters of Angola including Sonangol in Block 4, Chevron in Block 14, Esso in Block 15, Maersk in Block 16, Total in blocks 17 and 32, and BP in blocks 18 and 31. Today, around 75 per cent of Angola's production of approximately 2 million bpd is from such reservoirs.

In 2007, another milestone event had just happened across the Atlantic Ocean in Brazil which holds great potential for Angola – the discovery of the mega-giant Tupi oilfield in the offshore Santos Basin.

But why would a discovery in far away Brazil

Por Debaixo do Sal

Depois do prêmio ganho no ano passado pelos blocos do Kwanza e de Benguela, o pré-sal tornou-se um termo em voga na indústria do petróleo em Angola. Mas o que quer isso dizer – e qual é a sua importância?

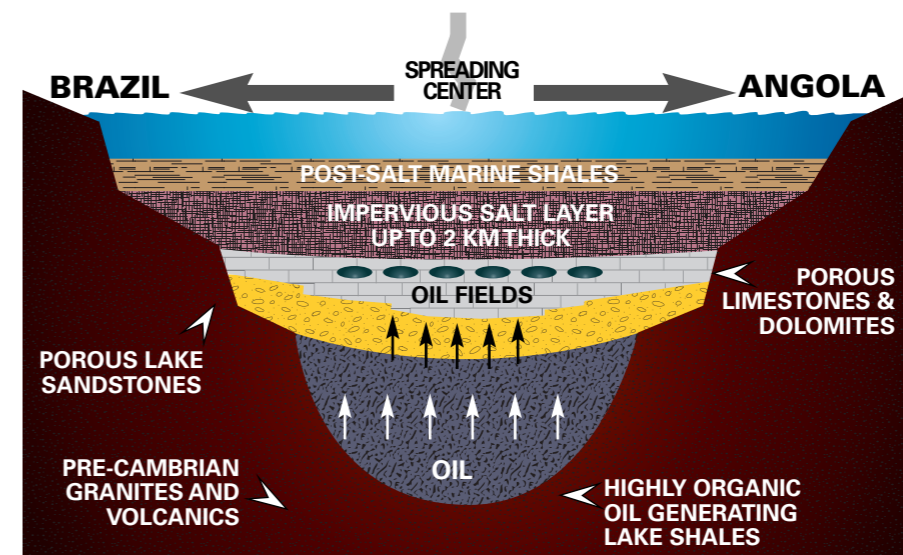
Durante a década passada, o ramo de Luanda da Society of Petrophysicists & Well Log Analysts (SPWLA) sediada no Texas tem levado a cabo em Luanda um fórum anual de dois dias de formação e avaliação, que oferece apresentações sobre geologia local e regional, geofísica e geoquímica.

Attendees include industry professionals with the oil majors and oil service companies, representatives of government as well as senior-level university students.

Os participantes incluem profissionais da indústria com as grandes companhias de petróleo ou de serviços de petróleo, representantes do governo bem como estudantes universitários de níveis avançados.

No primeiro fórum da SPWLA em 2001, o geólogo Tako Koning fez uma apresentação intitulada *Uma visão geral sobre a Geologia e a Geofísica dos Campos Petrolíferos e da Atividade Petrolífera de Angola, que tinha como base o domínio público e os dados publicados, com o objetivo de proporcionar uma visão mais ampla da natureza dos campos de petróleo e das bacias sedimentares, e rever os acontecimentos chave importantes da indústria petrolífera de Angola.*

Desde então, todos os anos, tem recuperado este tópico e a seguir publicamos a sua avaliação sobre o fenómeno do pré-sal, apresentada no Fórum da SPWLA em 27 de Abril do ano passado.



Os primeiros acontecimentos relacionados com petróleo em Angola datam de finais dos anos 1700, quando os colonialistas portugueses descobriram exsudações de petróleo e depósitos de asfalto em Libongos perto de Caxito e enviaram algum petróleo para Lisboa e para o Rio de Janeiro para ser usado como material de calafetagem e prevenir derrames nos cascos dos navios.

Mais tarde, há quase um século, a Companhia portuguesa de Pesquisa Mineira de Angola levou a cabo a primeira perfuração perto da Barra do Dande na província do Bengo, num local a cerca de 40 quilómetros a nordeste de Luanda.

Outros marcos importantes ocorreram em 1955 quando a produção de petróleo teve início no onshore do Campo Benfica a sul de Luanda – e em 1968 quando a Cabinda Gulf Oil Company fez a primeira descoberta no offshore de Angola, o Campo Malongo.

Em 1996 Angola produzia cerca de 700 mil barris de petróleo por dia (bpd) quando se deu um acontecimento de extrema importância – a descoberta do Campo Girassol no Bloco 17 pela Elf Petroleum, a mil e trezentos metros de profundidade, a 140 quilómetros da costa de Angola.

A descoberta Girassol surpreendeu a indústria dado que encontrar petróleo tão longe da costa e numa formação geológica nova foi totalmente inesperado. Perfurações adicionais levadas a cabo pela Elf demonstraram que o Girassol era uma descoberta de tamanho gigante, localizando-se o reservatório do petróleo nos arenitos e conglomerados depositados por um antigo rio da idade do Oligoceno há 25 milhões de anos.

Isto deu azo a muito mais descobertas nas camadas do Oligoceno e Mioceno (a última há cerca de 15 milhões de anos) nas águas profundas de Angola, incluindo a Sonangol no Bloco 4, Chevron no Bloco 14, Esso no Bloco 15, Maersk no Bloco 16, Total nos blocos 17 e 32, e BP nos blocos 18 e 31. Hoje em dia, aproximadamente 75 por cento da produção de Angola de cerca de 2 milhões de bpd vem desses reservatórios.

Em 2007, deu-se um outro acontecimento marcante do outro lado do Oceano Atlântico, no Brasil, que trouxe grande potencial a Angola – a descoberta do mega gigante campo

have significance for Angola? The explanation could be simple.

In 1915, the German geologist Alfred Wegener first proposed the theory of continental drift, by which parts of the Earth's crust slide slowly over its hot liquid core. Wegener hypothesised that 200 million years ago there was a gigantic supercontinent which he named Pangea, meaning 'all Earth'.

We now know, on the basis of extensive paleontological research, outcrop and seismic information, that in the Lower Cretaceous period (125 million years ago), Angola and Brazil were part of Pangea – literally 'joined at the hip' – so the geology of both is identical.

However, in the Lower Cretaceous period, South America began to draw away from Africa and as the

However, in the Lower Cretaceous period, South America began to draw away from Africa and as the continents separated, an extensive rift valley was formed, containing large lakes full of plant and animal material that had washed off the adjacent highlands.

continents separated, an extensive rift valley was formed, containing large lakes full of plant and animal material that had washed off the adjacent highlands.

The two continents continued to move apart and the sea transgressed into the rift system. Since the area invaded by the sea was still long and narrow, from time-to-time the sea was cut off by adjacent landmasses and the water evaporated, leaving behind thicker deposits of salt. Further continental separation resulted in the laying down of more deposits of marine sediments.

Fast-forward 125 million years and Brazil is now 7,000km west of Angola, so the discovery of the Tupi oilfield in Brazil is truly a milestone event for Angola – by the implication that the Santos deposits could be mirrored in the Kwanza and Benguela basins, to which they were once joined.

Tupi was drilled by Petrobras in the deepwater part of the Santos basin – in water depths of 2,100m, with the well drilled a further 5,200m below the sea floor. It is estimated to hold 8 billion barrels of recoverable oil reserves in the high-pressured, high-

temperature environment beneath a massive 2km salt sheet.

Accordingly, Tupi (renamed Lula after Brazil's president) was the first of the now famous pre-salt oil fields in Brazil, proving that a working petroleum system exists beneath the salt layer of the Santos Basin.

The oil source-rocks are the organically rich lake shales, the reservoirs are lake-beach sands, porous limestones and dolomites known as microbialites, and the seal above the reservoirs (which keeps the oil trapped) is the thick, impervious salt layer.

Since the discovery of Tupi, many more pre-salt oil and gas fields have been found in the Santos Basin as well as in the more northern Campos Basin. Oil industry analysts such as Wood Mackenzie and IHS have estimated that Brazil's pre-salt reserves could amount to some 20 to 30 billion barrels of recoverable oil, while Brazil's government oil industry regulatory agency ANP has said that that the reserves could be as much as 50 billion barrels.

The impact of the pre-salt discoveries on Brazil has been dramatic. Brazil's oil production is now at a record 2.2 million bpd of which already about 150,000 bpd is from the pre-salt fields. Petrobras recently announced that output from these reserves is expected to grow, to bring Brazil's output to 6 million bpd – nearly triple the country's current production.

When the conjugate margins of Angola and Brazil are juxtaposed back into pre-continental drift time, this clearly shows that the Santos and Campos basins were snugly located adjacent to Angola's Benguela and Kwanza basins. So could the success of Brazil's pre-salt oil play be duplicated in Angola and could it, like Brazil, eventually double or triple its oil production?

It is Tako Koning's view, based on some four decades of experience in the oil industry, that the same favourable geological conditions of Brazil, on the other side of the Atlantic, are present in Angola. This, he says, could ensure that Angola will continue to experience many more oil and gas discoveries and remain one of Africa's major oil producers for decades to come.

The biggest challenge for the oil industry in developing the pre-salt oil and gas fields in Brazil, and the yet-to-be-found pre-salt fields in Angola, is to do so safely and with minimum impact on the environment – deploying the ultra-deepwater technology that is already being developed at locations offshore Angola, such as Block 31.



Dutch-born Canadian Tako Koning is a geologist with a BSc in Geology from the University of Alberta and a BA in Economics from University of Calgary. For 30 years he worked as a geologist and manager for Texaco in Canada, Indonesia, Nigeria and Angola. He has lived in Angola since 1995 where he is a consultant for UK-US oil and gas company Gaffney Cline & Associates

Tako Koning, um canadiano nascido na Holanda, é geólogo graduado em Geologia pela Universidade de Alberta e em Economia pela Universidade de Calgary. Trabalhou durante 30 anos como geólogo e administrador da Texaco no Canadá, Indonésia, Nigéria e Angola. Vive em Angola desde 1995 e trabalha como consultor para as áreas do Reino Unido e Estados Unidos da América na empresa de petróleo e gás Gaffney Cline & Associates.

petrolífero Tupi no offshore da Bacia Santos.

Mas por que razão uma descoberta no longínquo Brasil haveria de ter importância para Angola? A explicação é simples.

Em 1915, o geólogo alemão Alfred Wegener sugeriu pela primeira vez a teoria da deriva continental, que afirma que o magma frio desce lentamente em direção ao núcleo e o quente sobe. Wegener colocou a hipótese da existência de um supercontinente gigante há 200 milhões de anos a que deu o nome de Pangéia, que significa toda a "Terra".

Sabemos hoje em dia, com base em extensas pesquisas paleontológicas, informação sísmica e afloramentos, que no período do Cretáceo inferior (há 125 milhões de anos), Angola e Brasil faziam parte da Pangéia – literalmente 'juntos pela anca' – pelo que a geologia de ambos é idêntica.

No entanto, no período do Cretáceo inferior, a América do Sul começou a afastar-se da África e, à medida que os continentes se separavam, formou-se uma extensa falha tectónica com grandes lagos cheios de matéria animal e vegetal proveniente das terras altas adjacentes.

Os dois continentes continuaram a separar-se e o mar abriu caminho pelo sistema de falhas. Uma vez que a zona invadida pelo mar era extensa e estreita, a corrente do mar era por vezes travada por massas de terra adjacentes e a água evaporava, deixando para trás depósitos de sal mais densos. A contínua separação dos continentes deu origem ao depósito de mais sedimentos marinhos.

Se avançarmos 125 milhões de anos, o Brasil está agora a 7 mil quilómetros a oeste de Angola, pelo que a descoberta do campo petrolífero Tupi no Brasil representa um acontecimento verdadeiramente marcante para aquele país – pela implicação de que os depósitos Santos poder-se-iam assemelhar às bacias do Kwanza e de Benguela, com os quais antigamente estavam unidos.

O Tupi foi perfurado pela Petrobras na zona de águas profundas da bacia Santos – em águas com profundidades de 2 mil e cem metros, tendo o poço sido ainda perfurado a mais 5 mil e duzentos metros abaixo do fundo do mar. As estimativas apontam para a recuperação de 8 mil milhões de barris de reservas petrolíferas em ambiente de altas pressões e altas temperaturas sob um maciço lençol de 2 quilómetros de sal.

Assim, o Tupi (que recebeu o nome de Lula em homenagem ao presidente brasileiro) foi o primeiro dos agora famosos campos petrolíferos do pré-sal no Brasil, provando que existe um sistema petrolífero em funcionamento por debaixo da camada de sal da bacia Santos.

As rochas que produzem o petróleo são os xistos fluviais organicamente ricos, os reservatórios são areias de praias fluviais, calcários porosos e dolomites conhecidos como microbialites, e a camada selante sobre os reservatórios (que mantém o petróleo enclausurado) é a inatingível grossa camada de sal.

Since the discovery of Tupi, many more pre-salt oil and gas fields have been found in the Santos Basin as well as in the more northern Campos Basin. Oil industry analysts such as Wood Mackenzie and IHS have estimated that Brazil's pre-salt reserves could amount to some 20 to 30 billion barrels of recoverable oil, while Brazil's government oil

industry regulatory agency ANP has said that that the reserves could be as much as 50 billion barrels.

Desde a descoberta do Tupi, foram encontrados muitos mais campos de pré-sal de petróleo e gás na Bacia Santos, bem como na Bacia Campos mais a norte. Os analistas da indústria petrolífera, como a Wood Mackenzie e a IHS estimam que as reservas de pré-sal do Brasil podem ascender a cerca de 20 ou 30 mil milhões de barris de petróleo, ao passo que a agência governamental reguladora do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, a ANP afirmou que as reservas podem ascender aos 50 mil milhões de barris.

O impacto das descobertas do pré-sal no Brasil tem sido dramático. A produção petrolífera deste país atinge agora um recorde de 2.2 milhões bpd, dos quais já cerca de 150 mil vêm dos campos do pré-sal. A Petrobras anunciou recentemente o esperado aumento da produção destas reservas, o que fará ascender os números de produção para cerca de 6 milhões bpd – quase o triplo da produção nacional atual.

No entanto, no período do Cretáceo inferior, a América do Sul começou a afastar-se da África e, à medida que os continentes se separavam, formou-se uma extensa falha tectónica com grandes lagos cheios de matéria animal e vegetal proveniente das terras altas adjacentes.

Quando as margens outrora juntas de Angola e do Brasil são juxtapostas como nos tempos pré-continentais, é claramente visível que as bacias Santos e Campos se encaixavam perfeitamente ao lado das bacias angolanas de Benguela e do Kwanza. Assim, será que o sucesso do petróleo do pré-sal brasileiro pode ser duplicado em Angola e será que, tal como no Brasil, a produção petrolífera angolana pode duplicar ou triplicar?

Com base em cerca de quatro décadas de experiência na indústria petrolífera, Tako Koning acredita que as mesmas condições geológicas favoráveis do Brasil, do outro lado do Atlântico, estão presentes em Angola. Isto, afirma, pode garantir que, em Angola, as descobertas de petróleo e gás vão continuar em grande número e que este país continuará a ser um dos maiores produtores petrolíferos africanos das próximas décadas.

O maior desafio para a indústria petrolífera no que diz respeito ao desenvolvimento dos campos do pré-sal do petróleo e do gás no Brasil, e os campos do pré-sal ainda por descobrir em Angola, é levá-lo a cabo de forma segura e com um impacto ambiental mínimo – através da utilização da mesma tecnologia de águas ultraprofundas, que está já a ser desenvolvida no offshore de Angola, como por exemplo no Bloco 31.