

RECUPERAÇÃO AVANÇADA DO PETRÓLEO (MEOR)

ADVANCED OIL RECOVERY (MEOR)



ERIKA CRISTINA DA SILVA

Licenciada em ciências biológicas pela Universidade do Grande ABC (2010); mestra em energia pela Universidade Federal do ABC (2020); Professora de Ensino Fundamental II – Ciências Biológicas – na EMEF Achilles De Oliveira Ribeiro, Des.

RESUMO

O petróleo é o combustível mais importante do mundo sendo a fonte de energia mais explorada e utilizada pela humanidade. Nenhum outro produto tem tanta importância no funcionamento da economia mundial. Mas à medida que o petróleo de fácil acesso se torna mais escasso, e a exploração de reservatórios em ambientes cada vez mais inóspitos: um exemplo são as águas profundas do Ártico, lugar onde a exploração é considerada difícil e de alto custo. Nota-se a necessidade de explorar campos maduros de petróleo, ou seja, os campos que a humanidade já conhece objetivando diminuir os custos com a produção e atender às futuras demandas energéticas. Nos últimos anos, as renováveis têm mostrado um grande potencial, principalmente a energia solar, mas os combustíveis fósseis, principalmente o petróleo, continuam sendo importantes no cenário energético, e até que as renováveis consigam um destaque maior, provavelmente o petróleo fará parte de nossas vidas por muitos anos, por isso a importância de se obter um maior conhecimento das técnicas voltadas para a recuperação de petróleo em campos maduros. Diante desse cenário essa dissertação tem como objetivo geral conhecer mais sobre a recuperação avançada do petróleo utilizando microrganismos, a MEOR (microbial enhanced oil recovery), levantando o debate sobre a importância de se investir em projetos de recuperação avançada do petróleo no Brasil e de aumentar seu fator de recuperação (FR). Com isso essa pesquisa através de artigos, trabalhos acadêmicos,

sites especializados na questão energética como Society of Petroleum Engineers, a colaboração de empresas especializadas na recuperação do petróleo como a Titan Oil Recovery INC e o apoio da universidade de Sultan Qaboos, observou a aplicação da técnica ao longo dos anos, os principais fatores que influenciam na implantação da técnica, além de analisar a viabilidade do método para aplicação no Brasil. A técnica de MEOR demonstrou ser uma oportunidade estratégica para dominar uma tecnologia de ponta, e estabelecer a liderança em um campo tecnológico com potencial e importância semelhante às aquelas envolvidas no know-how da exploração e produção de petróleo em águas profundas, tecnologia na qual o Brasil já domina, dessa forma a tecnologia de MEOR, é uma alternativa a ser aplicada com sucesso nos campos maduros brasileiros, ou uma opção para ser utilizada desde o início da exploração de novos poços como no pré-sal, conseguindo assim, aumentar FR do país equiparando-se a níveis mundiais importante não só como uma fonte de energia, mas também para contribuir para uma sociedade mais sustentável.

Palavras-chave: MEOR; Microrganismos; Recuperação do petróleo.

ABSTRACT

Oil is the world's most important fuel and the most explored and used energy source by humanity. No other product is as important to the functioning of the global economy. However, as readily available oil becomes scarcer, and exploration of reservoirs in increasingly inhospitable environments—for example, the deep waters of the Arctic, where exploration is considered difficult and costly—has become increasingly necessary. There is a clear need to explore mature oil fields—that is, fields already known to humanity—in order to reduce production costs and meet future energy demands. In recent years, renewables have shown great potential, especially solar energy, but fossil fuels, especially oil, remain important in the energy landscape. Until renewables gain greater prominence, oil will likely be part of our lives for many years to come. Hence the importance of gaining greater knowledge of techniques for recovering oil from mature fields. Given this scenario, this dissertation aims to learn more about enhanced oil recovery (MEOR) using microorganisms, raising the debate on the importance of investing in enhanced oil recovery projects in Brazil and increasing its recovery factor (FR). Through articles, academic papers, websites specializing in energy issues such as the Society of Petroleum Engineers, collaboration with oil recovery companies such as Titan Oil Recovery Inc., and support from Sultan Qaboos University, this research examined the application of the technique over the years, identified the main factors influencing its implementation, and analyzed the method's feasibility for application in Brazil. The MEOR technique has proven to be a strategic opportunity to master a cutting-edge technology and establish leadership in a technological field with potential and importance similar to those involved in deepwater oil exploration and production, a technology in which Brazil already dominates. Thus, MEOR technology is an alternative for successful application in mature Brazilian fields, or an option for early exploration of new wells, such as the pre-

salt layer. This can increase the country's FR, bringing it to par with global standards. It is important not only as an energy source but also for contributing to a more sustainable society.

Keywords: MEOR; Microorganisms; Oil recovery.

INTRODUÇÃO

A energia tem um papel fundamental na sociedade moderna, e o aumento no seu consumo deve-se a dois fatores considerados por Klare, a globalização e o crescimento populacional. A globalização na qual as pessoas acabam sendo influenciadas pelo estilo de vida consumista das populações estadunidenses e europeias, baseando-se no uso intensivo de matérias primas. O crescimento populacional que acaba causando um aumento no consumo dos recursos naturais, podendo ser destacada a questão da água, tanto pelo seu uso intensivo como pela sua poluição e o uso dos recursos de origem fóssil como o petróleo e o carvão (KLARE,2001, p. 24-25.). O consumo das fontes primárias de energia tem aumentado desde 1750 tornando-se um recurso de suma importância para a sociedade contemporânea. No século passado esse consumo teve um aumento de 800 vezes, segundo o relatório da IEA, (2012, p.34).

De acordo com o relatório da IEA publicado em junho de 2018 o consumo global de energia primária cresceu fortemente em 2017, liderado pelo gás natural e pelas renováveis. O crescimento do consumo de energia primária em 2017, atingiu uma média de 2,2%, maior do que em 2016 que foi de 1,2%. Na verdade, esse é o maior crescimento desde 2013, maior que a média de 10 anos que foi de 1,7% ao ano. A China, pelo 17º ano consecutivo, registrou o maior crescimento do mercado de energia de 3,1%. Este crescimento foi impulsionado por um aumento na produção de alguns dos setores mais intensivos de energia na China, particularmente o ferro, o aço bruto e os metais não ferrosos (IEA, 2018, p.64).

No Brasil em 2016, a participação das renováveis na matriz energética brasileira manteve-se entre as mais elevadas do mundo, com pequeno crescimento devido particularmente a queda da oferta interna de petróleo e derivados, e a expansão da geração hidráulica. Apesar do aumento do uso das renováveis, o petróleo e seus derivados em 2016, representaram uma média de 36,5% da oferta de energia do país (BEN, 2017, p.72), chegando a um consumo de 3 milhões de barris/ dia o que equivale a 3,1% do total mundial, ficando em sétimo lugar no ranking mundial do consumo do petróleo (ANP,2017, p.24).

Diante desse cenário, de aumento no consumo de energia, a sociedade busca por novas fontes para manter o desenvolvimento da humanidade. As renováveis nos últimos anos têm mostrado

um grande potencial, principalmente a energia solar, porém os combustíveis fósseis, principalmente o petróleo, continuam sendo importantes no cenário energético (ALMEIDA, 2015, p.65).

O maior problema do petróleo é que a taxa ou velocidade de consumo é muito superior ao da sua formação e, além disso, o ritmo de descobertas de novas reservas não acompanha o ritmo acelerado de consumo das populações (ALMEIDA, 2015, p.22).

Em 2017, as reservas provadas de petróleo no mundo atingiram a marca de 1,7 trilhão de barris, mantendo-se no patamar de 2016, com um pequeno decréscimo de 0,03% (ANP, 2017, p.27).

O volume de reservas do Oriente Médio, onde encontra-se a maior parte das reservas mundiais, atingiram 807,7 bilhões de barris (47,7% do total mundial), mantiveram-se estáveis em relação ao ano anterior 2016. As reservas Sauditas também se mantiveram estáveis, totalizando 266,2 bilhões de barris (15,7% do total mundial), o que situou a Arábia Saudita em segundo lugar do rank mundial perdendo apenas para Venezuela que desde de 2010 é a detentora do maior volume de reservas petrolífera, com 303,2 bilhões de barris (17,9% do total mundial) (ANP, 2017, p.29).

Em função desse ritmo acelerado de consumo, na qual as populações buscam por tecnologias para aumentar a produção de energia, principalmente usando o petróleo, com o objetivo de atender as futuras demandas energéticas, mantendo o desenvolvimento da humanidade; é que se destaca a importância de elevar a vida produtiva do reservatório de petróleo; ou seja, aumentar o fator de recuperação dos campos já descobertos de forma sustentável e economicamente viável. Fator de recuperação é a razão entre o volume recuperável e o volume original de um fluido em um reservatório de hidrocarboneto.

MEOR (MICROBIAL ENHANCED OIL RECOVERY).

A técnica de MEOR (Recuperação avançada do petróleo por métodos microbiológicos) é conhecida como uma técnica terciária, que pode ser empregada na recuperação do óleo, após as técnicas primárias e secundárias terem sido utilizadas, ou como uma forma de estimular a produção do petróleo desde o início da exploração.

Essa técnica consiste em utilizar microrganismos e/ou seus metabólitos para melhorar ou influenciar no processo de recuperação do petróleo, utilizando diferentes métodos. A técnica de MEOR nos últimos anos tem sido muito estudada, sendo considerada uma técnica promissora, principalmente pela questão econômica e ambiental. Em alguns casos, é considerada mais viável que algumas técnicas tradicionais, que são geralmente mais caras e poluentes (SIQUEIRA; DOS SANTOS, 2008, p.78).

Outra característica importante do MEOR, é o fato da técnica ter bons resultados em diversos ambientes, principalmente em campos maduros (aqueles que se encontram em declínio produtivo) que são os campos mais difíceis de utilizar as técnicas de recuperação convencionais, em função do seu pico de produção já ter sido atingido (SIQUEIRA; DOS SANTOS, 2008, p.79). Segundo a ANP (2018), são considerados campos maduros aqueles campos de petróleo que possuem 25 anos ou mais de produção e/ou que possuem produção igual ou superior a 70% das reservas provadas (chamadas de reservas 1P).

No Brasil os campos onshore, principalmente na região Nordeste, onde pode-se encontrar os campos de Candeias na Bacia do Recôncavo, em atividade desde 1941 (PETROBRAS, 2018, p.55) e a bacia de Campos são fortes candidatos para implementação da técnica de MEOR.

Pesquisas apontam que, com o emprego desta tecnologia, é possível recuperar um número expressivo sobre as reservas de petróleo, com as vantagens de menor custo de operação e de menor impacto ambiental, já que os produtos injetados são naturalmente degradados (ATLAS e BARTHA, 1993, p.44).

Estima-se que, nos EUA, o potencial de recuperação de óleo utilizando essa tecnologia corresponda de 60 a 120 bilhões de barris (ATLAS e BARTHA, 1993, p.66), podendo chegar a 224 bilhões de barris. TREBBAU (1999, p.12) reporta que os microrganismos já foram utilizados com sucesso em mais de 300 poços produtores de petróleo na Venezuela, com um aumento de produção registrado em 78% dos poços, alcançando a faixa adicional de 30 a 400 barris de óleo por dia.

No Brasil, o emprego desta tecnologia já foi realizado em caráter experimental, mas devido à falta de informações da técnica ela foi classificada como inviável. Desse modo, o objetivo deste trabalho é avaliar a viabilidade da técnica de recuperação terciária de petróleo empregando microrganismos, com o propósito de trazer mais informações sobre a MEOR, analisando as aplicações de campo que obtiveram sucesso em vários países, e verificando a viabilidade da técnica ser implantada com sucesso no Brasil, contribuindo assim, com o debate sobre o assunto e favorecendo estudos futuros de cientistas, acadêmicos e da própria indústria petrolífera. Os profissionais da indústria do petróleo sabem, que a chave para um projeto bem-sucedido de recuperação avançada, é ter o máximo de informações sobre a técnica.

DESENVOLVIMENTO

RECUPERAÇÃO DO PETRÓLEO

Diante desse cenário de domínio do petróleo, considerado um produto indispensável para o desenvolvimento da economia mundial, principalmente de países industrializados como EUA e China, e o crescimento constante do consumo de energia na sociedade moderna é que surge a necessidade

de aumentar o fator de recuperação desse combustível, destacando a importância de explorar campos de petróleo já descobertos, ou seja, elevar a vida produtiva de campos maduros, através de métodos tão antigos quanto a própria indústria do petróleo, os métodos de recuperação (THOMAS, 2004, p.23). Os métodos de recuperação podem ser classificados em primários, secundários e terciários, essa classificação está principalmente associada à vida produtiva dos poços (ROSA, et al., 2016, p.68).

Os métodos de recuperação do petróleo foram desenvolvidos para obter a maior produção de óleo possível, maior do que aquela que se obteria, caso fosse utilizada apenas a energia natural do reservatório (FERREIRA, 2017, p.55). No método de recuperação onde utiliza-se somente a energia natural ou primária do reservatório, os rendimentos são relativamente baixos.

Nesse método chamado de recuperação primária ou surgência, a quantidade que pode ser recuperada é incerta, sendo que alguns autores citam essa porcentagem em torno de 15% (TITAN OIL, 2018, p.12), 25% (WILSON, 1978, p.55) e até 30% (ROSA et al., 2016, p.78), do volume ainda existente no reservatório.

A recuperação secundária ocorre com a injeção de água ou de gás no reservatório, a partir de um poço injetor, definida; de acordo com Thomas (2004), também como um método convencional de recuperação. O fluido injetado ou deslocante tem a função de empurrar o óleo para fora dos poros da rocha até o poço de produção, e ao mesmo tempo ocupar os espaços deixados pelo óleo. A recuperação secundária também apresenta uma porcentagem pequena de recuperação do óleo (ROSA et al., 2016, p.78).

No sentido de aumentar a produção é que os métodos de recuperação terciária ou recuperação avançada do petróleo, aparecem como uma possível solução para aumentar o fator de recuperação em muitos reservatórios, onde a exploração já acontece a muitos anos. Estimativas feitas em diversos órgãos responsáveis afirmam que apenas 30% de todo o óleo já descoberto pode ser recuperado por métodos convencionais (SAFDEL et al., 2017, p.77).

Por esse motivo nos últimos anos a recuperação avançada utilizando microrganismos tem sido muito estudada, principalmente pelos bons resultados apresentados em vários países em especial EUA e China que apesar de não serem os maiores produtores de petróleo do mundo são detentores da tecnologia com maior número de projetos e de patentes referente a MEOR 14 e 7 respectivamente. Todos os projetos com um único objetivo recuperar os 30 a 55% do óleo original provado, ou seja, o óleo que ainda existe nos reservatórios de petróleo (SAFDEL et al., 2017, p.77).

RECUPERAÇÃO AVANÇADA DO PETRÓLEO POR MÉTODOS MICROBIOLÓGICOS (MEOR)

O MEOR (do inglês Microbial enhanced oil recovery), é uma técnica que consiste em utilizar microrganismos e/ou seus metabólitos para melhorar ou influenciar no processo de recuperação de petróleo através de:

- Produção de gases que aumentam a pressão na reserva e diminuem a viscosidade do óleo;
- Ácidos que dissolvem as rochas melhorando sua permeabilidade;
- Redução da viscosidade do óleo por biodegradação de cadeias longas e saturadas de hidrocarbonetos.
- Produção de biossurfactantes que diminuem a tensão superficial entre o óleo e a água, facilitando a saída do óleo. (TURKIEWICZ, 2011, p.14).

Essa recuperação, consiste então em manipular a função microbiana e a estrutura dos ambientes existentes nos reservatórios de petróleo. O objetivo final da MEOR é melhorar a recuperação do óleo retido em meios porosos, enquanto aumenta os lucros econômicos, e a vida útil dos reservatórios (BAILEY, 2001, p.11).

O MEOR é um método alternativo que se mostra eficiente, segundo bons resultados de projetos realizados em países como China e EUA, para melhorar a recuperação do petróleo, particularmente os campos maduros, que são aqueles campos com 25 anos ou mais de produção (ANP, 2018, p.23), mas ainda estão em atividade e em reservatórios com hidrocarbonetos pesados com alto teor de parafina, principais características do petróleo brasileiro.

Os microrganismos têm a capacidade de produzir metabolitos que diminuem o teor de parafina e modificam as propriedades do óleo, tornando mais fácil sua remoção (SANCHES, 1991, p.77).

Os EUA em um dos seus projetos conseguiram um incremento na produção que variou entre 230% a 350%, (SAFDEL et al.,2017, p.9). A técnica utilizada foi a CMR (Recuperação Microbiana Cíclica), que consiste em injetar no reservatório uma solução de microrganismos e nutrientes, o poço é fechado durante dias ou algumas semanas, período conhecido como incubação ou impregnação. Os microrganismos se alimentam dos nutrientes fornecidos multiplicam-se produzindo as substâncias necessárias para facilitar na recuperação do petróleo (NETL,2018, p.7).

No Brasil essa técnica foi utilizada em caráter experimental, nos campos localizados no Nordeste do país, utilizando microrganismos nativos dos reservatórios, com uma substância adaptada de nutrientes. Os resultados foram entupimento das zonas de alta permeabilidade melhorando a eficiência de varrido vertical, além da produção de biopolímeros (SAFDEL et al.,2017, p.18).

PRINCIPAIS PAISES ENVOLVIDOS NOS PROJETOS DE MEOR.

Muitos países estão envolvidos em testes de campo com MEOR, mas a China é um dos líderes em estudos microbianos devido a seus ensaios extremamente bem-sucedidos nos últimos anos. Os testes são administrados pela China National Petroleum Company (CNPC), onde a técnica de inundação de água (MFR) foi a mais utilizada, demonstrando bons resultados na recuperação do petróleo (SAFDEL et al.,2017, p.21).

Nos campos de petróleo de Shengli, o segundo maior campo de petróleo na China, considerado a base da indústria de petróleo e o mais importante no Leste da China, foram realizados testes com microrganismos que demonstraram resultados positivos no aumento da produção do petróleo e redução do consumo de água. (SAFDEL et al.,2017, p.27).

Esse baixo consumo de água deve-se ao fato de que os poços que receberam os produtos microbianos, conseguiram reduzir as substâncias que obstruíam as tubulações. Principalmente substâncias produzidas pelas bactérias que vivem nos poços e produzem a parafina, por exemplo, com as tubulações desobstruídas ocorre a diminuição dos volumes de água injetada (BAILEY, et al., 2001, p.45).

Outros campos chineses que obtiveram bons resultados utilizando a tecnologia de inundação microbiana, foram os campos de Daqing, Dagang Kongdian, Xinjiang Liuzhongqu, Jilin, Fuyu e Huabe Baolige (SAFDEL et al.,2017, p.33).

A técnica de inundação microbiana foi utilizada com amplo sucesso em vários campos, mas a China também fez uso das outras tecnologias como a recuperação cíclica e a obstrução seletiva, em seus campos de petróleo. Os microrganismos utilizados nesses testes foram variados, mas destaca-se um conjunto de culturas de bactérias do gênero *Bacillus* e *Pseudomonas*, utilizadas no campo Xinjiang utilizando como fonte de nutrientes o melaço, resíduos de açúcar e o óleo cru, obteve-se os seguintes resultados:

- Emulsificação do óleo;
- Melhoria da estabilidade da emulsão;
- Redução do uso da água;
- Melhora na produção de petróleo.

Outro país bastante envolvido com as técnicas de MEOR é os EUA que possui 14 projetos de campos microbianos, ficando à frente de países como a China e a Rússia, que possuem 7 e 5 projetos, respectivamente. No Gráfico 1.0 a seguir pode-se observar os países que possuem projetos de MEOR.

RECUPERAÇÃO DO PETRÓLEO NO BRASIL

No Brasil, existem projetos que utilizam as técnicas de recuperação avançada do petróleo, programa PRAVAP, Programa de Recuperação Avançada do Petróleo, da Petrobras que desenvolve técnicas para melhorar o fator de recuperação (FR), tanto onshore como offshore. Apesar disso a MEOR ainda não tem gerado grandes interesses e praticamente não existem projetos nessa linha de pesquisa, e o emprego dessa tecnologia ainda é na verdade incipiente no país. (CARVALHO, et al., 2012, p.45).

Apesar de poucas pesquisas o MEOR pode ser analisado como um método para aplicação nos campos de petróleo do Brasil, tanto para melhorar o FR dos campos em operação há anos como Candeias, o primeiro campo comercial descoberto no país, em 1941, que permanece em atividade, quanto para estimular a produção do petróleo desde o início da exploração de novos campos (CARVALHO, et al., 2012, p.47).

O método de MEOR, tem muitos atrativos interessantes para a indústria petrolífera brasileira, mas entre esses a economia é o principal. As instalações dos poços injetores utilizados para fazer a injeção de água, gás, presentes em todas as plataformas de produção de petróleo, também podem ser utilizados para injetar os microrganismos, ou seja, gastos com instalações de equipamentos específicos não são necessários, o que diminui os custos da produção (ALMEIDA, 2005, p.77).

As questões relacionadas a economia são importantes para qualquer país e o Brasil tem perdido quando se fala em recuperação do petróleo, já que seu fator de recuperação está abaixo da média mundial (ANP, 2018, p.28).

Segundo cálculos da Agência Nacional do Petróleo (ANP), cada aumento de 1% no fator de recuperação médio no Brasil demanda US\$ 18 bilhões em investimentos que pode gerar até US\$ 11 bilhões em royalties. A taxa média de recuperação, no Brasil está em 21%, percentual bem menor do que o de regiões com tradição no offshore, como Noruega e Reino Unido, onde as taxas ultrapassam 50%. Em 2017 a ANP, afirmou que o aumento do fator de recuperação, principalmente em áreas maduras, passaria a ser um de seus focos de trabalho. (O PETRÓLEO, 2017, p.11).

No dia 25 de abril de 2018 a diretoria da ANP aprovou a minuta de resolução para incentivar a produção em campos maduros. Essa resolução tem o objetivo de regulamentar o procedimento de concessão de incentivo para redução de alíquota de royalties de 10% para 5% sobre a produção incremental em campos maduros, que são aqueles campos com 25 anos ou mais de produção (ANP, 2018). A medida comprova o interesse de explorar os campos maduros de petróleo, mas por outro lado existe a necessidade de maior incentivo das pesquisas na área (O PETRÓLEO, 2017, p.18).

Na verdade, desde 2010, com as descobertas do pré-sal, praticamente todos os investimentos da Petrobras e de empresas como a ExxonMobil, Equinor, Shell e Total, foram para a bacia de Santos, tornando está, a principal bacia produtora do Brasil, responsável por 50% da produção de petróleo e gás do país, o que levou a interrupção antecipada da produção de muitos campos maduros como o

da bacia de Campos que tem previsões de um possível descomissionamento de 32 plataformas até a próxima década (PETRÓLEO,2018,p.22).

Em agosto de 2018, o analista de pesquisa Luiz Hayum da equipe de petróleo e gás da Wood Mackenzie na América Latina (WoodMac, uma empresa de pesquisa e consultoria em energia com reputação internacional para o fornecimento de dados abrangentes), preparou um relatório com uma análise sobre a bacia de Campos (WOODMAC, 2018, p.47).

De acordo com o relatório, sem mais investimentos, a maioria dos campos da bacia de Campos serão descomissionados, ou seja, desativado entre 2018 e 2025, a um custo de US\$ 8 bilhões. No entanto, se esse valor for investido no redesenvolvimento desses campos maduros, a partir de 2019, poderia se ter um acréscimo de 230 mil boe/ dia (barril de óleo equivalente por dia), até 2025, e adiar 60% dos custos de desativação para pós-2030 (WOODMAC, 2018, p.49).

O relatório ainda descreve que, se o Brasil conseguir aumentar o FR (fator de recuperação), para nível análogo internacional, utilizando e aperfeiçoando novas tecnologias isso poderia ter um adicional de 5 bilhões de barris de petróleo recuperado, chegando a níveis semelhantes do Golfo do México e do Mar do Norte (WOODMAC, 2018, p.51).

Ainda de acordo com a WoodMac, a implantação bem-sucedida de tecnologias de recuperação, podem prolongar a vida econômica dos campos de petróleo, aumentando a produção em milhões de barris, além de aumentar o VPL (Valor presente líquido). Outras medidas como reduções de royalties para campos maduros em fase de revitalização, podem servir de incentivo para as atividades petroleiras continuarem nesses campos (WOODMAC, 2018, p.59). Incentivo esse já concedido pela ANP, em 25 de abril de 2018, a redução passou de 10% para 5%.

O processo de redesenvolvimento de campos maduros, pode beneficiar não só as grandes operadoras, mas também abre espaço para operadoras menores de baixa capitalização, que negociam aquisição de ativos de águas rasas, com as grandes empresas. Essa é uma tendência mundial nos EUA, no Golfo do México e no Mar do Norte. As grandes empresas estão se afastando de campos maduros de águas rasas para ativos mais lucrativos em águas profundas, abrindo espaço para operadoras menores. No Brasil, pode-se ver a mesma tendência, onde algumas empresas apoiadas pelo PE (Private equity), estão negociando com a Petrobras a aquisição de seus ativos de águas rasas na bacia de Campos (WOODMAC, 2018, p.60).

O redesenvolvimento ao invés do descomissionamento dos poços, é uma grande vantagem para o governo brasileiro. Só na bacia de Campos poderia gerar, US\$ 3 bilhões de royalties adicionais e 30.000 mil novos postos de trabalho até 2025 (WOODMAC, 2018). Segundo a TecPetro, canal de comunicação digital focado na cadeia de valor do Petróleo e Gás, as atividades ligadas à área petrolífera é uma das que mais contrata no país, o que falta são pessoas qualificadas, e muitas vezes a Petrobras precisa importar mão de obra (TECPETRO,2018, p.18).

O relatório da WoodMac mostra as vantagens e a importância econômica de se investir em tecnologias de recuperação. A MEOR pode ser a solução de um dos maiores desafios da Petrobrás que é encontrar novas tecnologias, capazes de aumentar a recuperação do petróleo e prolongar ao máximo a vida útil de campos muito antigos e chegar a padrões mundiais de recuperação (PETROBRÁS, 2018, p.73).

Com a utilização da técnica de MEOR, o percentual de melhora de recuperação e o incremento da produção pode chegar facilmente aos 100%. Praticamente nenhuma outra medida chega a fornecer um potencial semelhante capaz de alavancar tão significativamente as reservas e produção de petróleo. Avaliações geoeconômicas de recursos petrolíferos que levem em conta as novas técnicas de MEOR, podem surgir como atratividade onde convencionalmente não era esperado, representando oportunidades de grandes ganhos econômicos (CLEVELAND, 2008, p.25).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos argumentos apresentados nesse artigo, a implantação das técnicas de recuperação avançada do petróleo no Brasil, principalmente a MEOR, devem ser adotadas com uma nova postura, com uma política orientada para aquisição de mais conhecimentos, investimentos e aplicações em campo.

O Brasil em comparação aos EUA, China e até países como Argentina, que não é considerado o maior produtor de petróleo, está ficando para trás em relação aos projetos de recuperação microbiana.

A MEOR surge como uma oportunidade para o país conseguir de forma economicamente viável, aumentar seu fator de recuperação principalmente, por se tratar de uma tecnologia que pode ser utilizada para recuperar óleos pesados, principal característica do petróleo brasileiro. Dessa forma a MEOR, pode ser uma solução, mas que precisa de investimentos e um amplo conhecimento técnico-científico.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. L. **Indústria do petróleo no Brasil e no mundo**. Editora: Blucher, 2015, São Paulo.
- ANP, **Anuário Estatístico** de 2017.
- ATLAS, R. M.; BARTHA, R. **Microbial Ecology: Fundamentals and Applications**. 3º ed. The Benjamin Cummings Publishing Company, Inc. Redwood City, CA. 1993, 563p.
- BAILEY, SA, Kenney TM, **Schneider DR. Microbial enhanced oil recovery: diverse successful applications of biotechnology in the oil field**. SPE 72129. Proceedings of SPE Asia Pacific Improved Oil Recovery Conference. Society of Petroleum Engineers, Richardson- 2001.

BEN, 2014. **Balanco Energético Nacional 2014: Ano-Base 2013**. Brasília, MME/EPE. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2017.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2018.

BP **Statistical Review of World Energy**
<<https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report>>.pdf. Acesso em: 30 jun. 2018.

CANUTO, José Roberto. Petróleo. **Instituto de geociências da USP**. Disponível em: <<http://www.igc.usp.br/index.php?id=309>>. Acesso em 01 junho 2018.

CARVALHO., A. A. E. S., CARVALHO. G. C. **Recuperação Avançada do Petróleo Empregando Microrganismos**. Caderno de prospecção -ISSN 1983-1358. Vol. 5., n.4, p. 214-220, 2012.

CERVO, A. L.; BEVIAN, P. A.; SILVA, R. **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Person Prentice Hall, 2007.

CLEVELAND.M.J., DOURADO. J. D.D., CHAVES. H. A. F. **O potencial estratégico das técnicas de MEOR (Microbial Enhanced Oil Recovery)**. Rio Oil 7 Gas Expo and Conference, 2008.

FERREIRA, F. T.C., **Análise da injeção alternada de água e gás (WAG) com escalonamento das vazões**. 2017. 63f. Trabalho de conclusão de curso (Título de Engenheiro de petróleo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte Centro de Tecnologia. Natal, RN, junho 2017.

FUSER, Igor. **Energia e Relações internacionais**. Volume 2, Saraiva, São Paulo, 2013.

O PETRÓLEO. Disponível em: <https://www.opetroleo.com.br/analista-avalia-impacto-do-redesenvolvimento-de-campos-maduros-de-petroleo-na-bacia-de-campos/> Acesso 01 set. 2018.

PETROBRAS. **Technology, Strategic Projects, Well Treatment, PRAVAP – Advanced Oil Recovery** Program. Disponível em: <http://www2.petrobras.com.br/portal/ingles/tecnologia.htm>, Acesso: 16 fev. 2004.

PETRÓLEO ENERGIA Disponível em: <https://www.petroleoenergia.com.br/recuperacao-avancada-petroleiras-querem-extrair-mais-de-50-do-oleo-retido/> Acesso em: 08 ago. 2018.

ROSA, K. R. S. A.; BEZERRA, M. C. M.; PONZIO, E. A.; ROCHA, A. A. **Recuperação Avançada de Petróleo: Potencialidades da injeção WAG (Water Alternating Gas)**. Ver. Virtual Química., 2016, 8 (3), 723-738. Data de publicação na Web: 9. abr. 2016.

TECPETRO Disponível em: <https://tecpetro.com/> Acesso em: 05 mar. 2019.

THOMAS, José Eduardo. **Fundamentos de Engenharia de Petróleo**. 4ª edição, Interciência, Rio THOMAS, L., MAILLARD, J.Y., LAMBERT, R.J.W., RUSSELL, A.D.2004.

TITAN OIL RECOVERY, INC. Disponível em: <http://titanoilrecovery.com/index.html#recognition>
Acesso em: 01.02.2019.

TREBBAU, G.L, NUNEZ, G.J. CAIRA, R.L. et al. Microbial stimulation of lake Maracaibo oil well. Society of Petroleum Engineers Journal, v.7, p.45-52, 1999.

TURKIEWICZ, A. **The role of microorganisms in the oil and gas industry.** Oil and gas Institute, **Kraków**, Poland, 2011.

WILSON, C.L., **Energia: estratégias globais** 1985-2000. Atlântida, Rio de Janeiro, 1978.

WOOD **MACKENZIE** Disponível em:
<https://www.woodmac.com/search/?q=RELATOIRO+BACIA+DE+CAMPOS+BRASIL> Acesso em: 01
set. 2018.