

10º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

BARREIRAS TECNOLÓGICAS E POTENCIAL DO USO DE HIDRATOS DE GÁS COMO FONTE ENERGÉTICA

AUTORES:

JACINTA BEATRIZ LEITE NÓBREGA

JACILAYNE HINGRYD OLIVEIRA SILVA DOS SANTOS

LUCIA MARIA DE ARAUJO LIMA GAUDENCIO

INSTITUIÇÃO:

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

BARREIRAS TECNOLÓGICAS E POTENCIAL DO USO DE HIDRATOS DE GÁS COMO FONTE ENERGÉTICA

RESUMO

Considerando o histórico econômico da indústria do petróleo e gás, contata-se que a crise de 1910 levou à suspeita de escassez de óleo nos EUA, levando pesquisadores das maiores potências mundiais a buscar outras alternativas de fontes energéticas. Foram encontrados extensos reservatórios de hidratos na maioria dos países cujas bacias sedimentares se encontram em taludes oceânicos ultra profundos. Os estudos acerca dos hidratos de metano, também chamados de hidratos de gás ou clatratos, vivenciam desafios operacionais que contrariam as legislações ambientais de diversos países com reservas significativas desse insumo, como o Brasil. A exploração e utilização do hidrato de gás tem se tornado uma realidade cada vez mais próxima, dado o crescimento da demanda mundial de recursos energéticos. Por meio de levantamento bibliográfico, foi possível levantar informações sobre o desenvolvimento de tecnologias de hidratos como fonte energética de forma a contribuir com a discussão sobre sua viabilidade.

Palavras chave: Hidrato de metano, fonte energética, clatratos, hidratos de gás.

ABSTRACT

Considering the economic history of oil and gas industry, since the crisis of 1910 that suspected the end of oil reserves in the US, researchers from the world's largest powers has been looking for other alternatives for energy supplies. Extensive hydrogen reservoirs have been found in some countries whose sedimentary basins are found in ultra-deep oceanic slopes. The studies about methane hydrates, also named gas hydrates or clathrates, experienced operational challenges that may affect the environmental laws of several countries with reserves considered as inputs, such as Brazil. The exploration and utilization of gas hydrogen will become an ever-closer reality given the growing demand for energy resources worldwide. Through bibliographic survey, it was possible to obtain information about the development of technologies and the use of hydrogen as an energy source in order to contribute to a discussion about its viability.

Key-words: Methane hydrate, Energetic supply, Clathrates, Gas hydrates.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento da demanda de gás natural na matriz energética mundial tem voltado o desenvolvimento de pesquisas e tecnologias para a produção de hidratos de gás em países cujas reservas de petróleo convencionais não possuem quantidades com viabilidade de exploração.

Também conhecidos como clatratos, do latim “*gaiola*”, fazendo referência ao seu arranjo molecular, retém o metano por moléculas de água ligadas por pontes de hidrogênio. Os hidratos de gás metano, segundo Max (2003), são formados a partir da combinação correta entre temperatura e pressão, além da presença de gases como o metano (CH₄); etano (C₂H₆); e dióxido de carbono (CO₂); e quantidade suficiente de água.

O primeiro país a estudar métodos de avaliação e exploração de depósitos de hidratos foi a Rússia (Fontana, 1996). Em 2001 Hubbert fez previsões acerca do esgotamento das reservas convencionais de petróleo e gás, alertando para a necessidade de busca por alternativas capazes de suprir a necessidade energética mundial.

O hidrato de gás é considerado uma fonte não-convencional de gás natural com elevado potencial energético devido às grandes quantidades de metano armazenadas nas cavidades de suas estruturas cristalinas. Além da existência de gases livres abaixo da zona de hidrato, como mostra Clennell (2001) na Figura 4.

A distribuição dos clatratos no mundo é bastante heterogênea e pode ser mapeada através de perfilagem sísmica, perfis de poço e amostragem geoquímica. É necessário compreender também, como se comportam os hidratos em sedimentos durante mudanças geológicas e ambientais, uma vez que pequenas alterações climáticas causam o derretimento dos hidratos, podendo levar à liberação do metano para os oceanos e atmosfera, contribuindo para o aquecimento global e a instabilidade de taludes continentais.

Considerando todos os fatores que envolvem os hidratos de metano é necessário levar em consideração a termodinâmica, o metabolismo e a estrutura das comunidades microbióticas, o ciclo do carbono, os fluxos de calor, água e metano na subsuperfície e os processos geológicos em escala de tempo milenar. Já para detectar os clatratos, é necessário utilizar uma combinação de métodos geofísicos, petrofísicos e geoquímicos, incluindo análises de biomarcadores e isótopos. E, para amostrar os hidratos, é necessário lançar mão de técnicas como testemunhagem profunda ou testemunhagem rasa localizada, que consistem na retirada de amostras de rocha dos locais em que se suspeita conter clatratos.

Assim, um esforço multidisciplinar é necessário, requerendo uma mobilização de recursos consideráveis para realizar uma exploração de forma quantitativa. Com este conhecimento prévio, a perspectiva de recuperação econômica dos hidratos de gás é muito remota. Mesmo assim, os clatratos podem oferecer retorno significativo no caso de países cuja matriz energética é escassa.

2 METODOLOGIA

Este estudo se realizou a partir de revisão bibliográfica, que reuniu informações acerca das barreiras tecnológicas e do potencial dos hidratos de gás como fonte energética nas matrizes mundial e brasileira, a fim de obter um bom material bibliográfico, fez-se uso de dissertações, teses e artigos publicados a partir de 2001. Após analisar todo o material bibliográfico levantado sobre o tema, buscamos abordar de forma pragmática e objetiva todos os temas considerados mais relevantes acerca dos hidratos de metano. Por fim foi possível identificar os fatores negativos e positivos da exploração e uso de hidratos como fonte energética, esperando contribuir com a discussão em torno do desenvolvimento de novas tecnologias capazes de produzir com eficiência e segurança esta nova fonte de energia.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

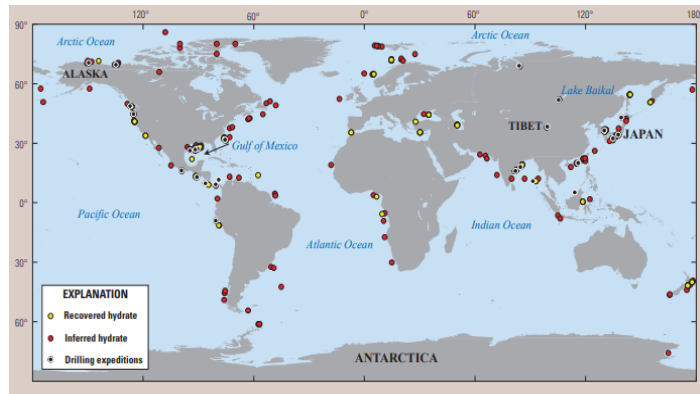
3.1 Estrutura Cristalina

A partir de levantamentos já realizados até o ano de 2001, a United States Geological Surveys – USGS, afirma que existe cerca de 5.000 GtC (gigatoneladas de carbono) na forma de metano em hidratos no mundo. As reservas desse insumo ocupam as margens continentais de todo o planeta, ultrapassando o dobro dos recursos fósseis já descobertos no mundo. A *Figura 1* apresenta a localização das jazidas de hidratos de metano nos continentes.

De acordo com Clennell (2000), o hidrato é formado quando ocorre o processo de decomposição da matéria orgânica por bactérias, em profundidades menores que 1000 m, ou pela desestruturação do material orgânico em temperaturas que variam de 80 a 100° C, e profundidades de 1000 m até 3000 m. Vistas macroscópicas e microscópicas dos hidratos de metano podem ser observadas nas *Figura 2* (a) e (b).

Além disso, Max (2003) afirma que para a formação do clatrato é necessária uma combinação correta entre a temperatura e pressão, além da presença de gases como o metano (CH₄); etano (C₄H₆); e dióxido de carbono (CO₂); além de uma quantidade precisa de água.

Figura 1. Mapa dos locais onde o hidrato foi recuperado, estimado com base em dados sísmicos.



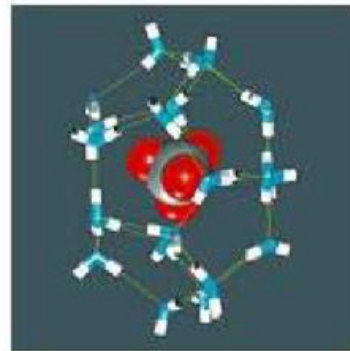
Fonte: USGS, 2017.

Figura 2 (a): Hidrato em imagem macroscópica.



Fonte: Wikipédia.

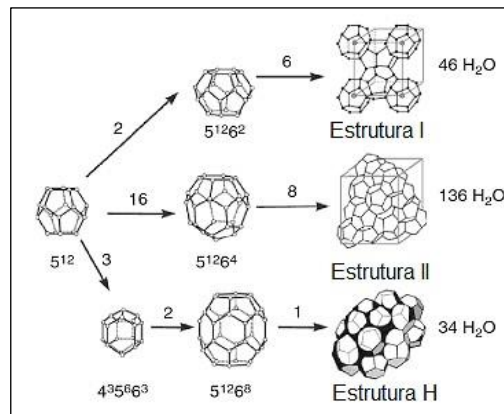
Figura 2 (b): Fórmula Estrutural.



Fonte: Padua, J.A; Rocha, V.H; Vianna, C.R, 2018.

Segundo Haq (1998), os hidratos são formados em condições específicas de temperatura e pressão, que os deixa com uma estrutura mais forte. Essas condições são encontradas em duas situações precisas nos dois primeiros mil metros de profundidade: 1) nos sedimentos do *permafrost* das latitudes polares e nas plataformas continentais do Ártico (baixa profundidade porém a temperatura é muito baixa); 2) nos sedimentos submarinos dos taludes continentais um pouco abaixo do fundo oceânico em sítios onde a pressão é suficientemente elevada e a temperatura baixa, o que acontece a uma profundidade média entre 300 e 500 m, quando a temperatura se encontra abaixo de 6°C. Para um melhor entendimento sobre a possível estrutura cristalina dos hidratos pode-se observar a Figura 3.

Figura 3: Possíveis estruturas cristalinas dos hidratos



Fonte: Adaptada de Sloan; Koh; Sum, (2010).

De acordo com Sloan, Koh e Sum (2010), a Figura 3 mostra que os hidratos formados de acordo com a Estrutura I são compostos por gaiolas básicas (doze faces pentagonais) e sua capacidade abriga apenas moléculas menores, como o metano (CH_4), desse modo sua composição está associada a origem biogênica. Já os hidratos formados com base na Estrutura II contêm doze faces pentagonais e duas faces hexagonais, e como tem um tamanho maior, abrigar moléculas maiores como o etano (C_2H_6), com isso sua formação está ligada a origem termogênica. Os hidratos formados de acordo com a Estrutura III formam um icosaedro irregular (um poliedro de 20 lados - 12 faces pentagonais e 8 faces hexagonais), estas moléculas são encontradas também em processos artificiais.

Para que o hidrato seja considerado estável é preciso que 70% das gaiolas disponíveis estejam ocupadas com metano, embora normalmente mais de 95% estejam completas (PADUA, J.A; ROCHA, V.H; VIANNA, C.R, 2018).

3.2 Potencial Energético

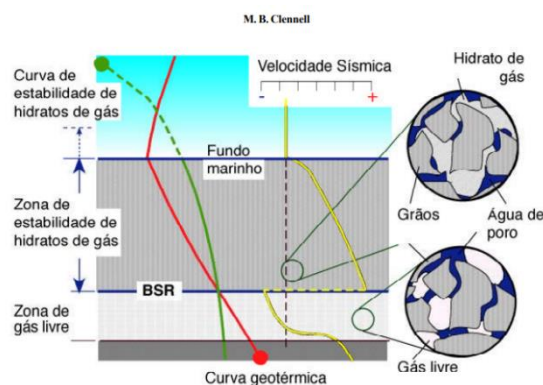
Os hidratos são importantes não apenas como fonte alternativa de energia, mas também como fator responsável por mudanças climáticas e riscos ambientais. Atualmente o maior interesse comercial está nas acumulações de gás livre existentes em reservatórios sob a camada relativamente impermeável de hidratos, e principalmente na possibilidade da existência de gás e óleo termogênicos aprisionados pela camada de gás congelado.

Sua exploração ainda não é viável em termos técnicos e econômicos, já que deslizamentos de grandes proporções podem ser desencadeados pela dissociação dos hidratos e o gás liberado durante um evento dessa natureza pode entrar na atmosfera, estimulando o efeito estufa. Dessa forma, é de grande importância o aperfeiçoamento de tecnologias apropriadas para a produção de gás a partir dos hidratos (CLENELL, 2000).

3.3 Ocorrência e Histórico de Investigações

A zona de estabilidade de hidratos de gás está limitada pela intersecção da curva de estabilidade com a curva de temperatura dentro dos sedimentos marinhos, controladas pela baixa solubilidade do metano em água, que varia de acordo com a temperatura e pressão hidrostática. Abaixo da zona de hidratos existe uma zona de gás livre liberada pela desassociação do clatrato como mostra a *Figura 4*.

Figura 4: Limitações da zona de estabilidade de hidratos de gás.



Fonte: Clennell, 2000.

Uma investigação no assoalho oceânico do Golfo de Cádiz, realizada pelo Departamento de Geologia Marinha do Instituto Geológico e Mineiro no ano de, composta por quatro cruzeiros oceanográficos na área, teve a finalidade de identificar a ocorrência de hidratos de metano e estruturas associadas ao escape de fluidos, em particular vulcões de lama, chaminés e crostas de carbonatos. Foram identificados 29 vulcões de lama, com recuperação de hidratos de metano em 3 deles, além de extensas áreas com ocorrência de chaminés e crostas carbonatadas. Foram extraídas diversas amostras destas estruturas,

verificando que a composição do mineral é um bom indicador da composição do carbono, pois apresenta valores que correspondem à oxidação de metano. Nas Figuras 5 e 6 é possível visualizar a aparência dessas estruturas.

Figura 5: Chaminés encontradas nos cruzeiros realizados na área de Cádiz.



Figura 6: Imagem do fundo do mar ilustrando aspecto da região de campo de chaminés da área de Cádiz.



Fonte Imagens 5 e 6: Magalhães. V; Vasconcelos. C; Gasper. L.P; Ipanov. M; Viaz-del-rio. V; Samoza. L, 2013.

A principal ferramenta disponível para a prospecção de hidratos de gás é o levantamento sísmico, mas outros métodos de sensoriamento remoto, como sondagens geoeletricas e levantamentos da conformabilidade elástica também estão em desenvolvimento. Além disto, é necessário realizar perfilações que permitam a coleta de dados contínuos das propriedades físicas dos sedimentos, que costuma ter resultado mais efetivo que a sísmica.

Para obter sucesso na amostragem de hidratos de gás devem ser usadas imagens de alta resolução do fundo marinho e ROV (*Remotely Operated Vehicle*) que já são utilizados em levantamentos geotécnicos de campos em desenvolvimento.

As ferramentas capazes de coletar e preservar os sedimentos sob pressão elevada ainda estão sendo desenvolvidas, de forma que os hidratos de gás têm sido detectados indiretamente. Por exemplo, uma vez que os hidratos requerem calor para se desassociar, a presença desses em testemunhos pode ser detectada através de medidas de temperatura, já que, quando são trazidos à superfície, os cristais derretem progressivamente e a água doce liberada dilui o fluido original contido nos poros.

Também é possível detectá-los durante as explorações convencionais de óleo e gás sem comprometimento com a segurança, usando a tecnologia de perfilação durante a perfuração (*Logging While Drilling, LWD*), que permite a aquisição de dados petrofísicos na porção mais rasa de um poço exploratório antes deste ser revestido, de forma conveniente, pois se aproveitam dados obtidos de uma operação que já está planejada.

3.4 Perspectiva da Produção de Hidratos no Brasil

Apesar da falta de evidência concreta, ainda é provável que ao longo dos 8000 km da margem continental brasileira se encontrem várias ocorrências significativas de hidratos de gás. No Brasil existem alguns lugares na plataforma continental que se encaixam nos requisitos geológicos para a formação dos clatratos, sendo uma delas a Bacia do Amazonas com uma possível reserva de 13 trilhões de metros cúbicos de metano, segundo o Laboratório de Geologia Marinha da Universidade Federal Fluminense. Outra bacia que se destaca é a Bacia de Pelotas, ainda pouco explorada.

Porém quando considerada a falta de tecnologia disponível e dados limitados sobre a distribuição dos hidratos de gás no território brasileiro e, o cenário atual dos recursos convencionais de petróleo e gás, percebe-se que ainda é cedo para tomar conclusões sobre o futuro dos hidratos no país. Além do que as explorações de petróleo vêm se direcionando a águas profundas e ultraprofundas, existindo ainda a limitação econômica para desenvolver muitos campos pequenos e remotos.

3.5 Questões Ambientais

Há uma ligação notória entre os hidratos de gás metano e o clima, já que mudanças na temperatura e pressão, por mínimas que sejam, têm repercussão na zona de estabilidade dos hidratos, podendo causar desestabilidade e como consequência a sua dissociação, o que permite a liberação do gás metano.

A situação cada vez mais crítica do clima tem resultado no aumento da temperatura dos oceanos nas camadas mais superficiais e por meio da circulação o calor adentra aos poucos até a profundidade dos hidratos. Segundo Dickens (2004) bastaria um aumento de 1°C na água para provocar a dissociação dos hidratos e consequente liberação do gás metano o que potencializaria o efeito estufa, já que o metano é mais potente que o dióxido de carbono cerca de 20 vezes. Porém, estudos realizados por Harvey e Huang (1995) concluíram que o impacto causado pela liberação de metano em um aquecimento futuro é tão pequeno em comparação ao aquecimento provocado pelo uso de combustíveis fósseis tradicionais.

Clennell (2000) analisou os pontos positivos e negativos de sua exploração, levando em consideração questões ambientais, mercado e futuro consumo energético, concluindo que o principal fator positivo é o crescimento progressivo do mercado de gás metano. Em contrapartida também citou que a tendência do mercado atual é buscar combustíveis que não liberem dióxido de carbono. Considerando o risco de o gás metano ser liberado para atmosfera, o autor classifica a falta de tecnologia para exploração concreta e segura.

Além disso, o fato de que hoje não existe uma tecnologia de exploração concreta reflete negativamente na exploração dos hidratos de gás, pois existe o risco de o gás ser liberado para atmosfera, portanto sendo sua exploração insegura, segundo Haq (2000).

4 CONCLUSÕES

A partir da pesquisa realizada, apresenta-se a lista de pontos positivos e negativos acerca do potencial energético dos hidratos, considerando também as barreiras tecnológicas que o envolvem, como mostra a tabela abaixo.

4.1 Tabela de fatores positivos e negativos referentes à exploração de hidratos de metano como fonte energética.

Fatores Positivos	Fatores Negativos
As grandes concentrações de hidratos em alguns locais sem reservas de petróleo justificam a exploração, do ponto de vista econômico.	A maioria das acumulações de hidratos de gás existe de forma dispersa, em sedimentos finos e de permeabilidade baixa, inviabilizando a exploração comercial.
O metano é menos poluidor que o petróleo e o carvão (não contém enxofre) e libera menos dióxido de carbono (CO ₂) para a atmosfera por unidade de energia.	É necessário gastar energia para derreter o hidrato congelado e liberar o gás, provavelmente através de despressurização.
Pode ser convertido em combustível líquido (metanol) ou hidrogênio com uso de catalisadores.	As reservas de óleo e gás ainda são abundantes, e relativamente baratas para exploração utilizando a infraestrutura existente.
As reservas mundiais garantem pelo menos o dobro de recursos energéticos já existentes.	Em caso de deslizamento ou acidentes durante a produção dos hidratos, causaria um desastre ambiental de alta dimensão.

Analisando as informações adquiridas, afirma-se que os hidratos de metano têm um potencial extraordinário a nível mundial, em se tratando de fontes energéticas. Por outro lado, a falta de tecnologia apropriada e o comodismo da indústria em produzir de forma convencional não geram espaço para a

previsão do início de sua produção em larga escala, principalmente no Brasil e em países cujas reservas convencionais são suficientes para um longo período de tempo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATTIST. N; RONNE. L; RIBEIRO, M; VERNOCI, B; SHUTZ, T; NOVAES, L.E. *Estudo dos hidratos de gás na perspectiva de exploração da bacia de pelotas com enfoque nas questões ambientais*. Anais CIC-Pelotas, 2013.

CORTEZ, H. *Liberação do metano pelo aquecimento do oceano pode acelerar o aquecimento global*. In: Weblog, 2009.

CLENNELL, M. B. *Hidrato de gás submarino: natureza, ocorrência e perspectivas para exploração na margem continental brasileira*. Brazilian Journal of Geophysics, v. 18, p. 397-410, 2000.

DICKENS. G. R. *Methane hydrate and abrupt climate change*. Geotimes, Feature Climate, 2004.

FERREIRA, D. *Os hidratos de metano: fonte energética do futuro ou fonte de risco ambiental?* Finisterra: Revista Portuguesa de Geografia. XLII, 2007.

FONTANA, R. L. *Geotectônica e Sismo estratigrafia da Bacia de Pelotas e Plataforma de Florianópolis*. Tese de Doutorado em Geociências - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1996.

GANDARA, R; LIGUORI, F.A; CASAZZA, F. *Aproveitamento energético do hidrato de metano*. Anais. São Paulo: IEE-USP, 2015.

HARVEY. L. D; HUANG. Z. *Evaluation of the potential impact of methane clathrate destabilization on future global warming*. Journal of Geophysical Research, 1000: 2905-2926, 1995.

HAQ B. U. *Gas hydrates: greenhouse nightmare? Energy panacea or pipe dream?* GAS Today, Geological Society of America, vol 8: pg.1-6, 1998.

KENNETH S. D; HUBBERT'S P. *The Impending World Oil Shortage*, Princeton University Press, 208 p., 2001.

KENYA, F. *Heat a global outlook on methane gas hydrates*. UNEP, 2014.

MAGALHÃES. V; VASCONCELOS. C; GASPAS. L.P; IVANOV. M; VÍAZ-DEL-RIO. V; SAMOZA. L. *Chaminés e crostas carbonatadas associadas ao escape de fluidos ricos em metano no golfo de Cádiz*. Ciências da Terra (UNL), Lisboa L28-L31, 2013.

MAX, D. M. *Natural Gas Hydrates: Oceanic and Permafrost Environments*. 1. Kluwer Academic Publishers, 2003. 1 p. v. 1.

PADUA, J.A; ROCHA, V.H; VIANNA, C.R. *Um estudo sobre a estrutura cristalina dos hidratos de metano*. Anais III CONEPETRO v. 1, 2018.

SLOAN. E. D; KOH. C; SUM. A. K. *Natural Gas Hydrates in Flow Assurance*. Gulf Professional Publishing; Edição: 1, 23 de setembro de 2010.