

## **O que se pode considerar como pontos principais das apresentações?**

### **ALMÉRIO**

Apresentou um histórico interessante sobre o uso da energia pelo homem desde a pré-história (madeira, carvão e petróleo), porém que todas essas fontes de energia geram muito CO<sub>2</sub>. Mencionou se objetiva uma descarbonização total com a utilização do hidrogênio como fonte energética. Mencionou que muitas empresas petrolíferas estão investindo em pesquisa de hidrogênio natural, e lamentou que o mesmo não está ocorrendo com a Petrobras. Em seguida questionou se estamos prontos para o uso do hidrogênio como a energia limpa do futuro.

Mostrou a evolução do uso do hidrogênio e como ele está se fazendo em várias partes do mundo. Ele tem sido usado em automóveis, ônibus, trens, embarcações, naves espaciais e tem sido pesquisado para utilização em grandes aviões de passageiros. Mostrou também as diferenças dos motores convencionais que utilizam combustíveis fósseis (eficiência de 40%) e os que usam célula combustível de hidrogênio (eficiência de 80%).

Apresentou mapas com localização de muitos postos de abastecimento de hidrogênio em alguns países da Europa, Coreia do Sul e Japão, e numa estrada dos EUA construída especificamente para transporte usando o hidrogênio como combustível, o que mostra que o hidrogênio realmente tende a substituir os combustíveis fósseis.

Mostrou comparações sobre custos de automóveis comuns (35 mil dólares) e os movidos com hidrogênio (56 mil dólares), sendo que estes últimos ainda são muito caros. Os custos de 1 Kg de hidrogênio em relação a 1 galão de gasolina também foram comparados (US\$ 14 contra US\$5,60), porém um automóvel movido a hidrogênio roda a US\$ 0,21 por milha, enquanto um movido a gasolina roda a US\$ 0,06 por milha. porém um automóvel movido a hidrogênio roda duas vezes mais que um a gasolina com a mesma quantidade de energia. Estima-se que por volta do ano de 2030, com o desenvolvimento de novas tecnologias, o preço de 1Kg de hidrogênio caia para algo entre 9 e 10 dólares.

Abordou a questão do alto custo dos métodos para a produção do hidrogênio e o problema da geração de CO<sub>2</sub> como resultado de sua produção (reforma catalítica da água), com exceção do método que utiliza a hidrólise da água em que o hidrogênio é separado do oxigênio sem a geração de CO<sub>2</sub>.

Comentou que para que o hidrogênio venha a ser amplamente usado como fonte energética, será necessário muito incentivo governamental, como acontece por exemplo no Japão, Oriente Médio, EUA, Europa, etc.

Encerrou a palestra agradecendo e dizendo que não se deve subestimar a tecnologia, comparando a evolução dos foguetes espaciais e a das perfurações para petróleo em águas profundas e ultra profundas.

### **FRANÇOLIN**

**H<sub>2</sub> Natural: Um Recurso Viável?** Comentou que é um assunto muito novo até para ele, e que o hidrogênio usado hoje como fonte energética ainda é em sua maior parte manufaturado.

Apresentou um histórico sobre a descoberta do hidrogênio como um elemento e chamou atenção do fato de, praticamente todo o hidrogênio usado hoje em dia como fonte energética ser produzido artificialmente por processos muito caros e que gastam energia e com produção de CO<sub>2</sub>, principalmente através da reforma catalítica do metano:  $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{energia} = \text{CO} + 3\text{H}_2$  e  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} + \text{energia} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$ .

Comentou que a terra tem 4,4 bilhões de anos. Durante todo esse tempo a atmosfera que era rica em CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub> foi sendo exaurida pela vida, que foi os foi usando para compor a matéria orgânica e para a fotossíntese. Assim a atmosfera foi sendo enriquecida em oxigênio.

Até a década 1960 não se falava em hidrogênio natural. Com a descobertas das cadeias meso-oceânicas, o hidrogênio começou a ser identificado nos fluidos hidrotermais nas fumarolas presentes nas dorsais dessas cadeias.

Os Ofiolitos (Peridotitos) que ocorrem em Omã, Filipinas e Nova Zelândia, que são crosta oceânica, formam piscinas de hidrogênio, o qual é gerado através da serpentinização. Hidrogênio também tem sido descoberto em falhas geológicas profundas. Ocorre também em depressões circulares dentro dos continentes. Poços profundos na França perfurados em 1906, possuem até 6% de H<sub>2</sub>, na Austrália, poços perfurados em 1921, apresentaram 51% de H<sub>2</sub>, em Kola, de 5 a 20% de H<sub>2</sub>, no Casaquistão, 12% de H<sub>2</sub>, e no Kansas-EUA, 80% de H<sub>2</sub> e no Male-África, (em rochas do Proterozóico), os teores são superiores a 90% de H<sub>2</sub> (virou um campo de H<sub>2</sub>).

Apresentou resultados dos levantamentos pontuais que foram feitos nas seguintes regiões: Faixa de Anomalias Magnéticas de Goiás, Faixa Araguaia, Bacia do Tacutu e Bacia do São Francisco. Em todas essas regiões existem anomalias magnéticas, com intrusões ígneas básicas e ultrabásicas, falhas profundas e estruturas circulares.

**RESUMO DA WEBINAR**  
**HIDROGÊNIO: A ENERGIA DO FUTURO**  
**15/07/2020**



Após os levantamentos pontuais nessas áreas, foi feito um monitoramento contínuo na Bacia de São Francisco, tendo em vista ela ser de idade Proterozóica (mesma da bacia do Mali-África), e possuir muitas informações obtidas por empresas de petróleo, como perfiz de poços, dados geoquímicos, levantamentos sísmicos e magnéticos, etc. Os levantamentos se concentraram na parte autóctone não deformada da bacia.

Os resultados mostraram que os teores de hidrogênio variam durante o dia, começando a serem detectados na madrugada e atingindo um máximo de até 1000 ppm no início da tarde, e depois desaparece. Nos levantamentos semanais, também ocorreram as mesmas variações nas concentrações, as quais também sobem e descem a cada dia da semana. O mesmo aconteceu nos levantamentos em tempo mais longo. Foi apresentado um filme mostrando a dinâmica das concentrações a cada hora do dia em duas estruturas.

O que isso significa do ponto de vista geológico? Se existe hidrogênio em concentrações de ppm na superfície, isso deve ter uma relação com a subsuperfície. Foram feitas várias observações na tentativa de se saber a proveniência do hidrogênio, ou seja, como é o sistema hidrogênio. Foram usados para isso as linhas sísmicas e os mapas das anomalias magnéticas (que foram mostrados na apresentação). Verificou-se que as anomalias de concentrações de hidrogênio não se localizam-se sobre as maiores anomalias magnéticas do embasamento, e sim em um grande baixo com rochas sedimentares intrudidas por muitas rochas ígneas cuja composição não é muito conhecida (seriam ofiolitos?). Será que essas intrusões têm algo a ver com as concentrações anômalas de hidrogênio?

Em seguida apresentou as conclusões do estudo:

As ocorrências de hidrogênio natural são frequentes em diferentes ambientes geológicos.

- As estruturas superficiais e as exsudações de hidrogênio estão relacionadas, mas com relações causais desconhecidas.
- O fluxo de hidrogênio tem a sua origem em falhas profundas.
- O fluxo para a superfície não é constante, mas obedece ciclos com frequências diferentes.
- O ciclo mais evidente é o diário, com um aumento expressivo no volume de hidrogênio no início da tarde.
- O ciclo diário está relacionado com a variação da pressão atmosférica/temperatura do ar.
- Um segundo ciclo, de período mais longo, parece estar relacionado com as marés terrestres.

- As condições e mecanismos de geração/migração/trapeamento do hidrogênio (profunda e rasa) não são conhecidos.
- A origem do hidrogênio natural não está clara e pode estar relacionada com múltiplos fatores: oxidação de  $Fe^{2+}$  presente nas rochas (olivinas e piroxênios), degradação de amônia ( $NH_3$ ) presente nas argilas e micas, produção biogênica, ou degaseificação do manto.
- O potencial econômico do hidrogênio natural no Brasil não está definido e depende de pesquisas futuras.

#### **FALABELLA**

Comentou que a economia do hidrogênio é uma proposta de economia baseada no uso do hidrogênio como fonte de energia limpa. Assim como a eletricidade, o hidrogênio não é uma fonte de energia primária, a menos que existam mesmo ocorrências naturais que possam ser produzidas através de poços. Portanto, atualmente, ele é obtido artificialmente. Para tal, existe gasto de outras fontes de energia (energias fósseis, nucleares ou renováveis).

O único método de produção de hidrogênio atualmente, é através da reação de reforma com vapor, na qual água a altas temperaturas reage com um hidrocarboneto, formando gás de síntese ( $CO + H_2$ ). A seguir, ocorre a reação de “water gas shift”  $CH_4 + H_2O = CO + 3H_2$  e  $CO + H_2O = CO_2 + H_2$  que equivale a  $CH_4 + H_2O = CO_2 + 4H_2$ . A reação é fortemente endotérmica ( $\Delta H_r = 206 \text{ KJ/Mol}$ ). Portanto, necessita de altas temperaturas ( $800^\circ\text{C}$ ), e por ser reversível, requer baixas pressões. Reação Exotérmica gera calor e lucro, Reação Endotérmica rouba calor e exige gasto.

Comentou que uma verdadeira economia de hidrogênio demandará rotas alternativas de geração de hidrogênio nas quais  $CO_2$  não deverá ser produzido. Muitos estudos estão sendo feitos nesse sentido. Entre eles temos a fotólise da água e/ou eletrólise da água como métodos alternativos de geração de hidrogênio sem a produção de  $CO_2$ .

Conceito 1: Produção de hidrogênio via eletrólise da água usando a energia solar.

Conceito 2: Produção de hidrogênio via quebra fotoquímica da água usando nanotubos catalisadores de  $TiO_2$ .

No conceito 1, será usada a energia solar captada por um grande espelho parabólico aquecendo a água, cujo vapor movimenta um motor de “Stirling” (bastante tradicional), o

qual vai ser conectado a um dínamo que vai gerar energia elétrica. Essa célula elétrica vai promover a eletrólise da água e produzir hidrogênio e oxigênio.

Outra ideia interessante, é o chamado “Reverse Water Gas Shift” é uma reação em que o  $\text{CO}_2$  que é produzido pode reagir com  $\text{H}_2$  e gerar monóxido de carbono e  $\text{H}_2$  que é o famoso gás de síntese, que é um petroquímico básico, e através disso gerar olefinas hidrocarbonetos, éter e metanol. A ideia é abater o  $\text{CO}_2$  que é gerado em rotas de geração de hidrogênio.

No conceito 2, que é a fotólise da água, do qual já existem trabalhos pioneiros que demonstram que a água pode ser decomposta em  $\text{H}_2$  e  $\text{O}_2$  na presença de luz solar e de um fotocatalizador como o  $\text{TiO}_2$ . Esse processo ainda não é economicamente viável em grande escala, pois requer luz o uso de luz ultra violeta. Outros catalizadores com base em zeólitas mesoporosas MCM contendo metais com Ti, Co e V vem se revelando muito ativos, permitindo o uso da luz visível, fazendo com que o método da fotólise da água venha a ser promissor.

Finalmente esclareceu os conceitos “Blue Hydrogen, Grey Hydrogen, Green Hydrogen e Turquoise Hydrogen”.

“Blue Hydrogen”: hidrogênio gerado a partir de fontes fósseis (nafta, gás natural) através da reação de reforma de vapor d’água, que também gera  $\text{CO}_2$  o qual é separado para ser usado como fonte energética.

“Grey Hydrogen”: hidrogênio gerado a partir de fontes fósseis, sem separação do  $\text{CO}_2$ , o qual é liberado na atmosfera.

“Green Hydrogen”: hidrogênio gerado por eletrólise ou fotólise da água. Sua produção não gera  $\text{CO}_2$ .

“Turquoise Hydrogen”: hidrogênio gerado por desidrogenação de metano do gás natural. Não gera  $\text{CO}_2$ , mas gera um resíduo sólido de carbono (tem que se verificar o que será feito com esse resíduo).