

GEOLOGIA

Todo dia



ANO IV - Nº 7
FEVEREIRO 2024



Desafios da Transição Energética

**Minerais
Críticos**

**Armazenamento
de Carbono**

**Hidrogênio
Geológico**

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE GEÓLOGOS - FEBRAGEO

GESTÃO 2023 a 2025

DIRETORIA EXECUTIVA

Presidente: Caiubi Emanuel Souza Kuhn (MT)
Vice-Presidente: Sheila Klener Jorge de Souza (MT)
Secretário Geral: Adriano Célio Magalhães Sampaio (RJ)
Diretor Financeiro: Fábio Augusto Gomes Vieira Reis (SP)

VICE-PRESIDENTES REGIONAIS

Região Norte: Daniele Freitas Gonçalves (PA)
Região Nordeste: Carlos José Craveiro Maia (CE)
Região Centro-Oeste: Suzi Huff Theodoro (DF)
Região Sudeste: Antônio Geraldo da Silva (MG)
Região Sul: Rosemary Hoff (RS)

DIRETORIAS ESPECÍFICAS

Diretoria de Políticas Públicas e Assuntos Parlamentares: Abdel Majid Hach-Hach (PR)
Diretoria de Eventos, Publicações e Imprensa: Orildo Lima e Silva (RN)

CONSELHO FISCAL

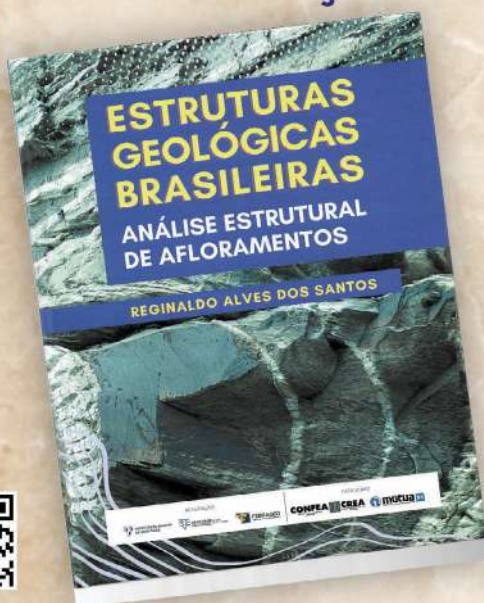
Titulares: Edes Marcondes do Nascimento (SC) / Mark Augusto Lara Pereira (CE) / Vinicius Benevides Schirmer (BA)
Suplentes: Lidiane Mayara Lima de Araújo (BA) / Gustavo Nunes de Araújo (SE) / Iana Gabriela Sampaio Silva (RR)

ENTIDADES FILIADAS À FEBRAGEO

ABG - Associação Baiana de Geólogos
ACEGEO - Associação Capixaba de Geólogos
AGEGO - Associação Profissional dos Geólogos de Goiás
AGEMAT - Associação dos Profissionais de Geologia do Estado do Mato Grosso
AGEO-DF - Associação dos Geólogos do Distrito Federal
AGEPAR - Associação Profissional dos Geólogos do Paraná
AGEPI - Associação Profissional dos Geólogos do Piauí
AGERN - Associação Profissional dos Geólogos do Rio Grande do Norte
AGESC - Associação Profissional de Geólogos do Estado de Santa Catarina
AGESE - Associação Profissional dos Geólogos no Estado de Sergipe
AGEOPA - Associação dos Geólogos do Oeste do Pará
AGP - Associação Profissional dos Geólogos de Pernambuco
AGPB - Associação Profissional dos Geólogos da Paraíba
APG - Associação Paulista de Geólogos

APGAM - Associação Profissional dos Geólogos da Amazônia
APGCE - Associação Profissional dos Geólogos do Ceará
APG-RJ - Associação Profissional dos Geólogos do Estado do Rio de Janeiro
APGV - Associação Profissional dos Geólogos dos Vales-RS
APROGERO - Associação Profissional dos Geólogos de Rondônia
APROGAM - Associação Profissional dos Geólogos do Amazonas
APSG - Associação Profissional Sul-Brasileira de Geólogos-RS
ASSOGESPA - Associação dos Geólogos do Sul e Sudeste do Pará
GEOCLUBE - Associação dos Geólogos de Cuiabá
GEOMAP - Associação Profissional de Geologia e Mineração do Amapá
SIGESP - Sindicato dos Geólogos no Estado de São Paulo
SINGEMAT - Sindicato dos Geólogos do Estado de Mato Grosso
SINGEO-MG - Sindicato dos Geólogos no Estado de Minas Gerais
SINGEO-PA - Sindicato dos Geólogos no Estado do Pará

LANÇAMENTOS FEBRAGEO



À venda nas livrarias
parceiras da FEBRAGEO

Geologia, Sustentabilidade e Transição Energética

Em seu quarto ano de existência, GEOLOGIA Todo Dia, em um esforço editorial homérico em pleno Carnaval 2024, chega à sua sétima edição, para trazer aos nossos leitores um importante debate. Nossa premissa básica continua sendo a busca por destacar a importância da Geologia para a Sociedade, por meio da divulgação jornalística, com foco na popularização do conhecimento científico.

Neste número discutimos a consolidação da Transição Energética e de um Mundo Sustentável, resgatando alguns destaques do XII e XIII GEO Políticas, eventos promovidos pela FEBRAGEO e suas associações regionais: AGEMAT / GEO-CLUBE e AGERN, respectivamente, sob patrocínio do Sistema CONFEA/CREA/MÚTUA.

Inicialmente, nós, profissionais da geologia, poderíamos ficar felizes pela alta demanda por minerais estratégicos para a transição energética, a qual resulta em aumento direto da nossa empregabilidade. Porém é preciso atentar para os desafios apontados pelos dados da Agência Internacional de Energia (IEA, em nível mundial) e da Empresa de Pesquisa Energética (Brasil) apresentados, minimamente nesta edição. Os volumes médios necessários para a construção de usinas de energias renováveis e carros elétricos, por exemplo, podem atingir quantidades que se afastam da tão almejada Sustentabilidade.

Buscamos destacar a participação de quatro empresas brasileiras que atuam com foco nas Ciências da Terra, na sustentabilidade e na transição energética. Representando o Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM, entrevistamos os geólogos Izaac Cabral e Valdir Silveira, Diretor de Geologia e Recursos Minerais. Já a diretora de Estudos do Petróleo, Gás Natural e Biocombus-



Orildo Lima e Silva

Diretor de Eventos, Publicações e Imprensa da FEBRAGEO

tíveis da EPE, Heloísa Borges, apresenta as perspectivas da Empresa para o futuro da energia no Brasil e no mundo, ressaltando a importância da indústria de petróleo e gás como principal “atriz coadjuvante” para a transição imprescindível.

Na sequência, entrevistamos o geólogo Milas Evangelista, da Renovar Sustentabilidade, abordando as perspectivas da Captura e Estocagem de Carbono, numa visão da iniciativa privada nacional. E como a geologia exige de nós desafios e busca por novas fronteiras, trazemos a contribuição da geóloga Marielli Vogado sobre suas pesquisas com ocorrências naturais de hidrogênio e seu potencial energético, trazendo uma aula recheada das perspectivas exploratórias inerentes à maior empresa de geologia e energia do Brasil, a PETROBRAS.

Para finalizar é justo e necessário apresentar nosso agradecimento à MÚTUA e CREA-RN, nossos fiéis patrocinadores, que garantem este diálogo com a Sociedade e com os profissionais que fazem o Sistema CONFEA/CREA/MÚTUA, sempre estimulando o fortalecimento das entidades regionais, com foco no desenvolvimento profissional de seus associados. Missão cumprida no primeiro bimestre, seguimos para o próximo número, na busca por “o que a geologia vai fazer acontecer em 2024”.

GEOLOGIA TODODIA, rumo à Sustentabilidade do Planeta!

GEOLOGIA
Todo dia

É uma publicação da Federação Brasileira de Geólogos (FEBRAGEO), editada pela Associação dos Geólogos do Rio Grande do Norte (AGERN).

CONTATOS

AGERN: Rua Eusébio Rocha, 12/Sala 08
Cidade da Esperança – Natal/RN
(59070-660) Fone: (84) 99815-3451
E-mail: geologiatododia@gmail.com
Instagram: @age.rn
FEBRAGEO: www.febrageo.org.br
www.facebook.com / @febrageo

CONSELHO EDITORIAL

ANA PATRICIA LAIER
CACÁ MEDEIROS
CAIUBI KUHN
FÁBIO REIS
GUILHERME ESTRELLA
LIDYANE ARAUJO
MARJORIE CSEKO NOLASCO
ORILDO DE LIMA E SILVA
RENATO CABRAL RAMOS
RICARDO LATGE
RONALDO FIGUEIRA
SHEILLA KLENER
SILMARA CAMPOS
SUZI HUFF THEODORO

COORDENADOR EDITORIAL
ORILDO DE LIMA E SILVA

COORDENADORA ADJUNTA
SILMARA CAMPOS

IMPRESSÃO: Unigráfica
TIRAGEM: 2000 exemplares

EDIÇÃO E TEXTOS
CHRISTIAN VASCONCELOS

PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO
EDILSON MARTINS - DRT-RN 00033-DG

JORNALISTA RESPONSÁVEL
CHRISTIAN VASCONCELOS
DRT-RN 00763



“Somos um Conselho de portas abertas e cada vez mais conectado”

Entrevista com **Roberto Wagner Costa Fernandes**

Eleito em novembro de 2023 e empossado em janeiro de 2024, o Engenheiro Eletricista Roberto Wagner é o atual presidente do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Norte (Crea-RN). Além de engenheiros e agrônomos, o

órgão congrega geólogos, geógrafos, meteorologistas e tecnólogos. Nesta entrevista, Roberto fala sobre as atribuições do Conselho, planos de trabalho para a gestão (2024-2026), formas de participação e também sobre a importância dos geólogos na vida da instituição.

Quais são as principais atribuições do Crea?

Roberto Wagner: As principais funções do Crea, que é um órgão público federal, são as de verificar, orientar e fiscalizar o exercício profissional com o objetivo de defender a sociedade das práticas ilegais dos ofícios que são abrangidos pelo Sistema Confea/Crea e Mútua. Além de promover a valorização profissional e garantir a primazia dos exercícios das atividades profissionais.

GTD: Por quais formas essas atribuições são desempenhadas?

Roberto: O Crea-RN é responsável pela fiscalização das atividades profissionais nas várias modalidades da Engenharia, Agronomia e Geociências, além das atividades dos tecnólogos. Cada vez mais estamos investindo em tecnologia, equipamentos como drones e softwares e na capacitação dos nossos fiscais para avançar no combate ao exercício ilegal da profissão. No Rio Grande do Norte estamos alcançando bons resultados com a Força Tarefa, chegando a todas as regiões do estado com trabalho



educativo e com prazos para os ajustes necessários que garantam a contratação de profissionais habilitados.

GTD: Como o senhor avalia a atuação do Crea-RN?

Roberto: Como presidente do Crea-RN, avalio nossa atuação como fundamental na fiscalização das atividades de engenharia, agronomia e geociências, e no combate ao exercício ilegal da profissão para garantir que os profissionais habilitados estejam à frente de todas as obras e serviços. Nosso foco está na promoção da conexão entre profissionais, estudantes e empresas, visando ao desenvolvimento sustentável. Inves-

tiremos em inovação, parcerias e capacitação para fortalecer o setor e criar oportunidades de negócio aos profissionais e empresas. Nosso objetivo é ser um catalisador do desenvolvimento econômico do estado, valorizando profissionais e empresas locais. Estamos comprometidos em construir um futuro promissor para o RN. O Crea assume o compromisso de ser protagonista na sociedade civil organizada.

GTD: Quais serão as prioridades de sua gestão?

Roberto: Tenho um compromisso sólido com o avanço das áreas da engenharia, agronomia e geociências. Vamos estimular a conexão entre profissionais, estudantes e empresas, fomentar a inovação e fortalecer a fiscalização profissional. Além disso, promoveremos a ética e a excelência institucional, valorizando e capacitando os profissionais. Estas prioridades guiarão minha gestão de forma transparente e colaborativa, visando ao desenvolvimento sustentável do nosso Estado. Estou empenhado em contribuir para a segurança e o bem-estar da sociedade.



Presidente do CREA-RN com a Diretoria eleita pelo Plenário (esquerda para a direita): Victor Hugo Gomes e Souza Braz – Engenheiro Civil (Diretor de Marketing) / Talles Silvano – Engenheiro Eletricista (Diretor Financeiro) / Roberto Wagner – Engenheiro Eletricista (Presidente) / Jorian Alves de Moraes – Engenheiro Civil (Vice-presidente) / Valéria Gomes Álvares Pereira – Engenheira Civil (Diretora Institucional) / Marlon de Moraes Dantas Engenheiro – Agrônomo (Diretor Administrativo)

GTD: Ter uma ex-presidente (sua antecessora) como Conselheira Federal ajudará a gestão? Como?

Roberto: Com certeza, ter a Conselheira Federal, Engenheira Civil Ana Adalgisa, trabalhando junto ao Confea na defesa dos nossos profissionais e na proteção da sociedade é muito importante para nós do Rio Grande do Norte. A Conselheira Ana irá trabalhar pela ampliação do “protagonismo” e na modernização dos normativos e das práticas do Sistema, bem como a atenção às demandas dos profissionais. Essas são algumas das preocupações do mandato dela que é compartilhado com o Engenheiro Civil e Engenheiro de Segurança do Trabalho Emerson Cruz, Conselheiro Suplente. Estamos muito otimistas com essa parceria.

GTD: Por quais canais os associados podem participar

da vida do Crea?

Roberto: Somos um conselho de portas abertas e cada vez mais conectado. Todas as nossas plenárias são transmitidas ao vivo, temos programas de capacitação (Capacita Crea-RN) com palestras e cursos durante todo o ano, não só em Natal como também nas inspetorias do Crea (Mosoró, Assú, Currais Novos, Pau dos Ferros, Caicó e Macau) e principais cidades do RN. Para facilitar a vida dos profissionais, estamos presentes em quase todas as plataformas (Instagram, Facebook, Youtube, X, LinkedIn e TikTok) com informações importantes e atualizadas sobre nossas ações. Além do formato presencial, os registrados podem entrar em contato conosco através do nosso WhatsApp (84-99128.3827) ou pelo site crea-rn.org.br.

GTD: Como o senhor avalia a participação dos geólogos no Crea-RN?

Roberto: Como presidente do Crea-RN, reconheço a participação fundamental dos geólogos em nossa instituição. A expertise dos profissionais da geologia é essencial para o desenvolvimento sustentável da região e enriquece nosso plenário com diversidade de conhecimentos. Valorizamos a atuação dos geólogos e comprometemo-nos a garantir sua voz e representatividade, oferecendo espaços de diálogo e colaboração. Estamos abertos a ouvir suas necessidades e buscar soluções que promovam o desenvolvimento profissional. Em suma, como presidente, valorizo e apoio os geólogos em seu papel vital para o avanço da engenharia, agronomia e das geociências em nosso Estado.

Geologia e transição energética

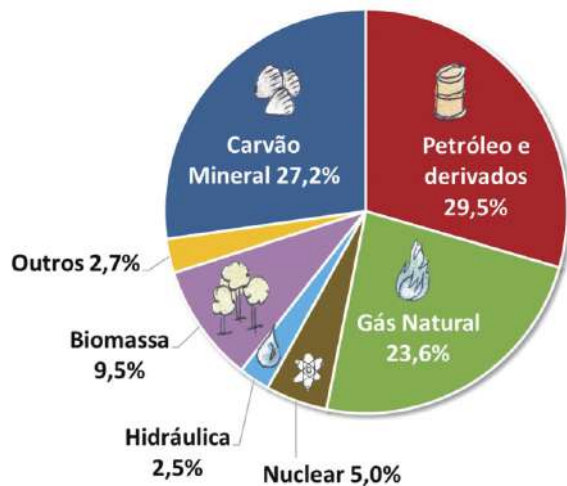
tudo a ver

Embara a expressão tenha adquirido grande evidência em período relativamente recente, a “transição energética” não é exatamente uma novidade. A última grande mudança dos padrões de produção e consumo de energia experimentada pela humanidade, responsável por introduzir e consolidar o petróleo como principal fonte da atualidade, teve início há pouco mais de 150 anos.

Até então, em todos os recantos do planeta, em maior ou menor proporção, as sociedades humanas faziam uso predominante da biomassa (matéria orgânica de origem vegetal ou animal) e do carvão mineral. Não por acaso, essas duas fontes de combustíveis ainda integram a matriz energética mundial, contando com participações nada desprezíveis.

Na acepção atual, o termo “transição energética” está relacionado à necessidade de descarbonização da matriz energética global, em decorrência da constatação de que a emissão antrópica (realizada pelos seres humanos) de gases de efeito estufa (GEE) proveniente, principalmente, da produção e consumo de combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás) e do desmatamento, tem crescido aceleradamente.

Segundo dados divulgados em novembro de 2023 pelo boletim anual da Organização Meteorológica Mundial



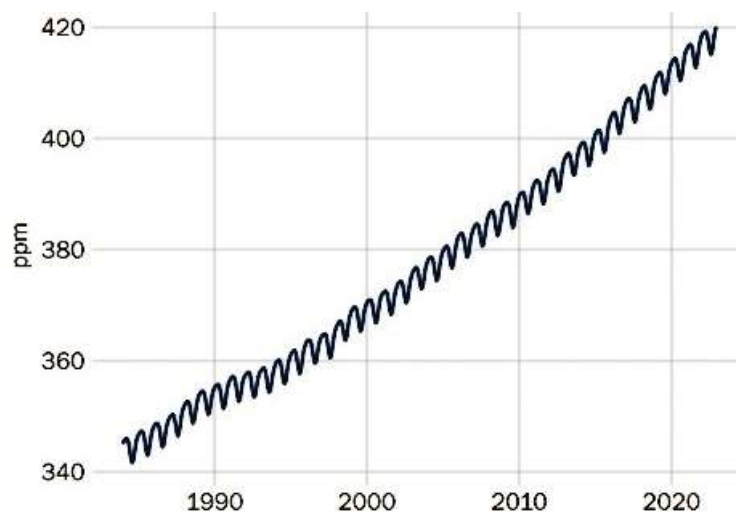
Matriz Energética Mundial 2021 (AIE, 2023 / Fonte: EPE)

Não por acaso, em janeiro deste ano, tendo como parâmetros 174 anos de medições meteorológicas, a mesma organização confirmou que 2023 foi o ano mais quente já registrado. Com temperatura média da superfície global alcançando 14,98°C, ou 1,45°C acima da média histórica de 1850/1900, o ano passado superou 2016 (1,29°C) e 2020 (1,27°C). Para 2024, a OMM acredita que as temperaturas podem ser ainda mais elevadas.

Efeito estufa e mudanças climáticas

Os principais gases de efeito estufa são o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O) e os halogenados. Também pre-

sente na atmosfera na forma de vapor, a água (H_2O) é o GEE mais abundante e tem importante papel na retenção de calor, influenciando o clima. Porém, quase todo esse vapor é produzido de forma natural, e sua maior ou menor concentração varia principalmente em função da presença dos outros GEE na



Concentração atmosférica de CO_2 (em partes por milhão) medida entre 1984 e 2022. (Fonte: OMM)

atmosfera e, por consequência, da oscilação da temperatura global.

O efeito estufa é um fenômeno natural benéfico. Em determinadas quantidades, os gases que o produzem, presentes na atmosfera, impedem que parte da radiação solar seja refletida de volta ao espaço, irradiada em forma de calor, assegurando temperaturas propícias ao desenvolvimento da vida. Caso o efeito estufa não existisse, estima-se que a temperatura média global, hoje na casa dos 15°C, desabaria para -18°C, inviabilizando a existência de muitas espécies.

Por outro lado, quando há aumento excessivo da concentração de gases capazes de reter a ir-

Principais Gases de Efeito Estufa*				
Gases	Efeito de aquecimento no clima	Permanência na atmosfera (anos)	Potencial de absorção de calor**	Principais Fontes de emissão
CO ₂	64%	1.000		Uso de combustíveis fósseis, desmatamento e alteração dos usos do solo.
CH ₄	19%	10	20 vezes	Produção e consumo de energia (incluindo biomassa), atividades agrícolas, aterros sanitários e águas residuais.
N ₂ O	6%	120	265 vezes	Uso de fertilizantes, produção de ácidos e queima de biomassa e combustíveis fósseis.

(*) Exceto o vapor d'água / (**) Em relação ao CO₂

de vidas, danos ambientais, materiais e econômicos. No entanto, tais eventos têm se tornado mais frequentes e intensos, indicando estar em curso um processo global de mudança climática fortemente influenciado pela emissão antrópica de gases de efeito estufa.

Além do aumento da ocorrência desses fenômenos extremos, as mudanças climáticas – que normalmente se processam em longo prazo, tendem a promover uma alteração radical do nosso habitat, levando à extinção espécies animais e vegetais, seja por incapacidade de adaptação ao novo território, seja pela proliferação de doenças. Para os seres humanos, além das ameaças à saúde com o risco do surgimento de novas pandemias e doenças infecciosas, a escassez de água potável e a insegurança alimentar são ameaças previsíveis.

Compromissos globais

Em 1997, com o compromisso de desacelerar o processo de mudanças climáticas, foi assinado o Protocolo de Kyoto. Firmado por 84 países, entrou em vigor a partir de 2005, com metas de redução das emissões de GEE para o período



FOTO: RAFA NEDEMEYER (AGÊNCIA BRASIL)

Seca na Amazônia e...

radiação de calor, como os GEE, esse efeito torna-se prejudicial à vida. Com o aquecimento da baixa atmosfera e da superfície oceânica e terrestre do planeta, a temperatura média global se eleva, influenciando a umidade do ar, a pressão atmosférica e a incidência de radiação solar, provocando mudanças climáticas que podem afetar significativamente as atividades humanas e os ecossistemas terrestres.

Tempestades, inundações, vendavais, ondas de calor e seca, ou de frio, são alguns fenômenos climáticos e meteorológicos que sempre ocorreram e que despertam atenção por seus impactos para as comunidades, provocando perdas



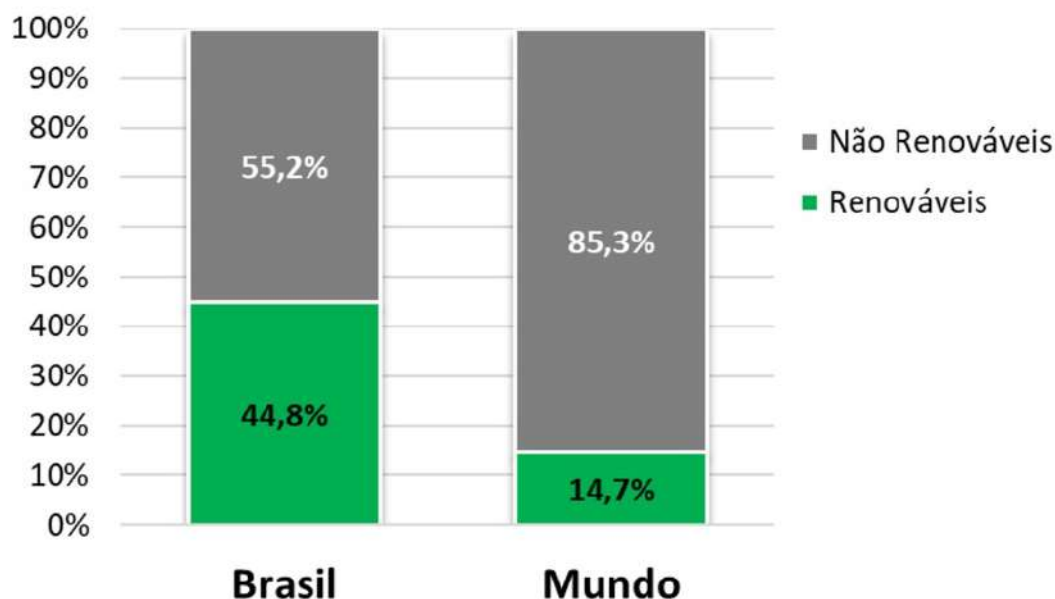
FOTO: DEFESA CIVIL - RS

...cyclone no Sul

de 2008 a 2012 numa média de 5% em relação aos níveis de 1990. Para o segundo período desse compromisso (2013 a 2020), as partes pactuaram a diminuição das emissões de GEE em pelo menos 18% abaixo dos níveis de 1990, sendo que cada país negociou sua própria meta.

Aprovado por 195 países, o chamado “Acordo de Paris” foi assinado em 2015, substituindo o Protocolo de Kyoto. Além de estabelecer metas de emissão de GEE, o compromisso tem por objetivo enviaar esforços para manter o aumento da temperatura média global neste século em menos de 2°C, limitando-o, por segurança, a 1,5°C acima dos níveis pré-industriais. Pelo tratado, os governos comprometeram-se em apresentar planos de ação conhecidos como Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs, em inglês). O Brasil, que tem uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo, assumiu metas de redução das emissões em 37% até 2025, e em 50% até 2030, tendo como base os níveis de 2005.

Na atualidade, porém, segundo o mais recente Relatório sobre a Lacuna de Emissões do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), o mundo está se distanciando das metas definidas pelo Acordo de Paris e, conseqüentemente, da possibilidade de manter a elevação da temperatura média global em menos de 2°C. Com o título “Recorde Quebrado



Consumo de energia proveniente de fontes renováveis e não renováveis no Brasil e no mundo em 2021 (Fonte: EPE)

– Temperatura atinge novos máximos, mas o mundo falha em reduzir as emissões (novamente)”, o relatório emitido em novembro de 2023 informa que “as emissões globais de GEE aumentaram 1,2% de 2021 a 2022, atingindo um novo recorde” e que, para 2030, “o mundo precisa reduzir as atuais emissões em 28% (...) para atingir a meta de 2°C”.

E a Geologia?

Assim como ocorreu anteriormente com a introdução do carvão e, posteriormente, do petróleo e do gás, como fontes relevantes da matriz energética mundial, a transição pretendida hoje, visando o desenvolvimento de baixo carbono, sobrevirá como resultado de uma conjugação de fatores que envolvem disponibilidade de capital para investimentos, desenvolvimento científico e tecnológico, e existência

de recursos naturais eficientes e suficientes.

O vento, a luz e o calor do sol, o movimento dos rios ou das marés, os biocombustíveis e até o calor do interior da Terra têm sido utili-



Imagem de vectorjuz / Freepik

zados de forma crescente. Entretanto, na maioria desses casos, a produção energética depende da oferta de bens minerais essenciais às tecnologias atualmente utilizadas, seja para o soerguimento de infraestruturas, seja como insumos para equipamentos de geração, transmissão ou consumo.

Não por acaso, a busca por reservas de Cobre, Alumínio, Lítio, Níquel, Cobalto, Nióbio, Grafita, Sílica, Manganês e Elementos Terras Raras, entre outros, entrou na pauta de investimentos de grandes corporações e de planos de desenvolvimento mineral de Estados Nacionais. Isto ocorre porque usinas solares, parques eólicos e veículos elétricos, para ficarmos em poucos exemplos, requerem minerais mais críticos do que seus equivalentes baseados em combustíveis fósseis.

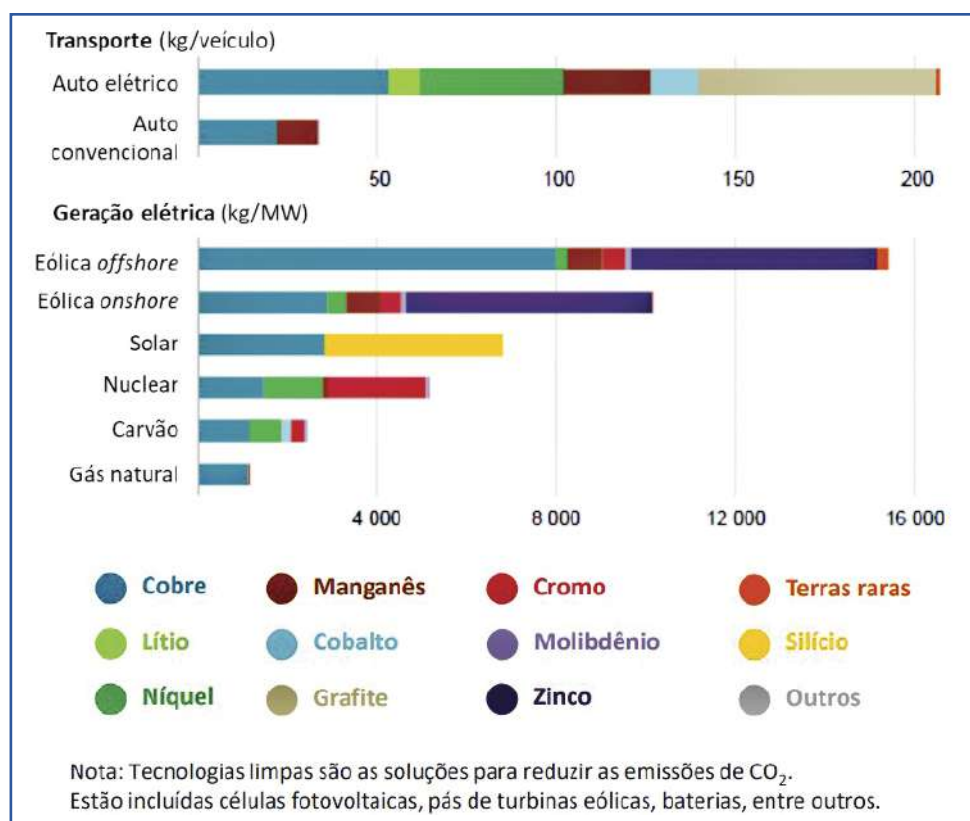
Segundo a Agência Internacional de Energia, à medida que cresceu a percentagem de novos investimentos em renováveis (desde 2010), a quantidade média de recursos minerais necessários para uma nova unidade de produção de energia aumentou 50%. Uma usina eólica offshore, por exemplo, “requer 13 vezes mais recursos minerais do que uma usina movida a gás de tamanho semelhante”. Já a fabricação de um carro elétrico típico “demanda seis vezes mais recursos minerais do que um convencional”.

Papel decisivo

O atendimento à crescente demanda mundial por tipos minerais indispensáveis à expansão da geração de energias renováveis é um importante e enorme desafio, cuja superação depende fundamentalmente do conhecimento geológico. No entanto, o papel decisivo da Geologia para o êxito dos esforços de transição energética não se limita a identificar, localizar e dimensionar reservas de recursos minerais, levantando in-

formações e fornecendo subsídios para que essas áreas tenham o seu potencial desenvolvido.

O conhecimento geológico também é vital em outros esforços requeridos pela transição energética. Capturar e armazenar com eficiência e segurança o dióxido de carbono emitido em processos industriais é um exemplo. Essa tecnologia, que já vem sendo utilizada em escala crescente em diversos países, exige a identificação de áreas no subsolo potencialmente adequadas à estocagem de CO₂, perfuração de poços estratigráficos, análise de rochas, bem como a aplicação de ferramentas de monitoramento do reservatório, tal como acontece na indústria do petróleo.



Minerais utilizados em tecnologias associadas às energias limpas
(Fonte: EPE, adaptado de "Role of Critical Materials da IEA")

Com sentido mais estratégico, uma vez que se relaciona à busca por novas fontes de energia limpa, o conhecimento geológico também é imprescindível aos esforços que visam localizar reservas de hidrogênio natural aprisionado no subsolo. Considerado uma alternativa promissora para a substituição dos combustíveis fósseis, o hidrogênio natural resulta de diversos processos geológicos e pode ter geração contínua, fazendo com que, além de limpa seja uma fonte renovável. Não por acaso, também tem sido chamado de “hidrogênio geológico”.

Produção mineral e transição energética

“O cenário atual abre uma janela de oportunidades”

As últimas décadas, a crescente produção e consumo de energia baseada em combustíveis fósseis (petróleo, gás natural e carvão mineral) tornou-se a principal responsável pela emissão de gases de efeito estufa (GEE), contribuindo para a elevação da temperatura média do planeta e para mudanças cada vez mais perceptíveis no regime climático global. Os potenciais impactos para o meio ambiente e para a biodiversidade têm impulsionado a busca por fontes de energia limpa, provocando um aumento da demanda por matérias-primas minerais em todos os recantos do planeta.

Para efeito de classificação, esses minerais têm sido listados com base em diferentes critérios que nem sempre levam em conta interesses intrínsecos de cada nação. Por isso, os que podem ser considerados “estratégicos” ou “críticos” por alguns países, nem sempre o são por outros. Além disso, a inclusão de um mineral em um determinado grupo não deveria excluir a possibilidade de que ele também pudesse figurar em outro. E é essa lógica, mais flexível, que acontece no Brasil, onde a classificação adotada pelo Ministério das Minas e Energia em 2021 refere-se a minerais considerados estratégicos para o país.

MINERAIS ESTRATÉGICOS PARA O PAÍS			
Bens minerais dos quais o País depende de importação em alto percentual para o suprimento de setores vitais da economia			
Enxofre	Minério de Fosfato	Minério de Potássio	Minério de Molibdênio
Bens minerais que têm importância pela sua aplicação em produtos e processos de alta tecnologia			
Minério de Cobalto	Minérios do grupo da Platina	Minério de Silício	Minério de Titânio
Minério de Cobre	Minério de Lítio	Minério de Tálcio	Minério de Tungstênio
Minério de Estanho	Minério de Nióbio	Minério de Tântalo	Minério de Urânio
Minério de Grafita	Minério de Níquel	Minério de Terras Raras	Minério de Vanádio
Bens minerais que detêm vantagens comparativas e que são essenciais para a economia pela geração de superávit na balança comercial do País			
Minério de Alumínio	Minério de Ferro	Minério de Ouro	Minério de Nióbio
Minério de Cobre	Minério de Grafita	Minério de Manganês	Minério de Urânio

Fonte: Resolução nº 2, de 18 de junho de 2021
(Ministério das Minas e Energia / Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral)

Segundo o diretor de Geologia e Recursos Minerais do Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM), Valdir Silveira, a Resolução nº2/2021 “estabelece a relação de bens minerais considerados estratégicos a partir de critérios como a dependência de importação para setores vitais da economia, a importância na aplicação em processos de alta tecnologia e a relevância para a economia nacional pela geração de superávit na balança comercial”. Assim, esclarece Valdir, “quando falamos em minerais críticos para a transição energética, estamos tratando dos minerais essenciais para as novas tecnologias de geração de energia com baixa emissão de car-

bono, os quais muitas nações não produzem e dependem de importações”.

Na publicação “The Role of Critical in Clean Energy Transitions” (2022), a Agência Internacional de Energia (IEA, em inglês) identifica riscos de desabastecimento na oferta global de alguns minerais que, se não forem enfrentados, podem atrasar e encarecer o progresso mundial para um futuro com geração de energia limpa. Nesse sentido, segundo os critérios da AIE, os minerais relacionados como “críticos” para a transição energética são: Lítio, Cobalto, Grafita, Cobre, Elementos Terras Raras, Níquel, Alumínio, Manganês e Sílica. No entanto, como

observa Valdir Silveira “é comum cada país estabelecer sua própria lista de criticidade, levando em consideração sua capacidade de possuir reservas e de produzir tal ou qual mineral ou elemento em seu próprio território”.

Reservas e aplicações

Distribuídas de forma heterogênea, as maiores reservas globais conhecidas desses minerais considerados críticos para a transição energética estão concentradas no Chile e na Bolívia (Lítio e Cobre); na China (Elementos Terras Raras); e na República Democrática do Congo (Cobalto). No Brasil, conforme ressalta Valdir Silveira, “também possuímos grandes reservas desses minerais, com destaque para Níquel, Grafita, Elementos Terras Raras e Urânio”. Outro ponto destacado pelo geólogo é que o nosso país “possui pelo menos um grande depósito de cada um dos minerais citados pela AIE”.

Quando se fala em transição energética, ou seja, migração para uma matriz descarbonizada, alguns minerais sobressaem por seu uso e aplicações fundamentais em diversos componentes necessários à geração de energias limpas. É o caso do Lítio, Níquel, Cobalto, Grafita e Man-



Valdir Silveira - Diretor de Geologia e Recursos Minerais (SGB-CPRM)

ganês em baterias; do Cobre e do Silício metálico para painéis solares; dos Elementos Terras Raras nos ímãs de turbinas dos aerogeradores para a energia eólica; do Cobre e do Alumínio nas redes de transmissão de eletricidade, entre outros. Além disso, esses minerais estão presentes de forma crescente em variados produtos eletrônicos e de alta tecnologia relacionados ao consumo, mas também à infraestrutura, agricultura, defesa, vigilância, medicamentos e aplicações médicas.

Oportunidades e desafios

Historicamente, o Brasil tem sido um grande produtor e fornecedor de commodities minerais para o mercado global, com destaque para os metálicos: minério de ferro, alumínio, cobre, ouro e, mais recentemente, nióbio. E quando se fala em transição energética para uma economia de baixo carbono, o país já ostenta uma posição de destaque por possuir uma das matrizes energéticas mais limpas do planeta. No entanto, para o diretor de Geologia e Recursos Minerais do SGB-CPRM, Valdir Silveira, o cenário atual “abre uma janela de oportunidades que não devem ser desperdiçadas”.

Na avaliação do diretor, “o Brasil tem elevado potencial como produtor e fornecedor



O espodumênio destaca-se por apresentar Lítio

Substância	Valor FOB Exportação (USD)	Participação
Ferro	674.020.009.373	61,84%
Alumínio	91.650.507.583	8,41%
Cobre	53.625.291.968	4,92%
Ouro	52.439.047.157	4,81%
Minerais Metálicos - Diversos	34.743.034.029	3,19%
Nióbio	32.017.970.449	2,94%
Silício	23.926.672.995	2,20%
Rochas Ornamentais	22.940.966.902	2,10%
Niquel	15.556.635.694	1,43%
Cromo	9.948.356.588	0,91%

Exportações brasileiras por substâncias minerais (10+) Fonte: ANM (2024) (ComexStat / SECEX / MDIC)

de metais e minerais estratégicos podendo tornar-se um grande *player* de recursos para a transição energética mundial”. De fato, ao lado da China, Austrália e Chile, entre outros países, o Brasil já vem figurando como produtor relevante de alguns dos minerais considerados críticos para a transição energética. Entretanto, segundo Valdir Silveira, “se há um grande potencial a ser explorado, também existem desafios que precisam ser superados”.

Para aproveitar as oportunidades abertas com o esforço global de transição energética, o geólogo afirma que “é necessário construirmos cadeias de abastecimento de forma sustentável”, e defende “uma conjugação de esforços envolvendo governos, setor privado e sociedade civil”. Este movimento, no entanto, segundo Valdir, “precisa estar amparado em desenvolvimento científico e inovação tecnológica, envolvendo, por exemplo, processamento e metalurgia dos minerais”, e, por consequência, “apoio ao trabalho desenvolvido em universidades, institutos e centros de pesquisa, e na própria indústria”.

Com relação à Geologia e, especificamente, no que diz respeito à prospecção e exploração voltada para o impulsionamento de uma mi-



A tantalita é composta de Nióbio e Tântalo

neração segura e sustentável dos minerais tidos como críticos, Valdir Silveira entende que os desafios que se colocam para o país são enormes. “Para o Serviço Geológico do Brasil, que tem o papel de ampliar o conhecimento do território nacional, será necessário continuar investindo em mapeamento geológico, levantamentos geofísicos e geoquímicos, e na busca incessante de novas áreas com potencial de ocorrência de depósitos

minerais”, conclui o geólogo.



Valdir Silveira (Geólogo / SGB-CPRM) em atividade de campo

O potencial mineral da Província Pegmatítica da Borborema

Localizada na porção setentrional do Nordeste brasileiro, a Província Pegmatítica da Borborema, situada entre os Estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba, vem sendo citada em crescente número de estudos como região com potencial para se transformar em uma grande produtora de alguns minerais considerados internacionalmente como “críticos” para a transição energética e, por consequência, de importância estratégica para o Brasil.

Conforme explica o geólogo Eugênio Pacelli, pesquisador do SGB-CPRM (Núcleo Natal), a Província Borborema, formação geológica na qual jazem esses pegmatitos, cobre uma área mais ampla. “São, aproximadamente, 380 mil Km², estendendo-se pela totalidade dos estados



do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, e parte dos territórios de Sergipe e Bahia. Os limites são dados a sul, pelo Cráton São Francisco (SE/BA), a oeste pela Bacia do Parnaíba (PI/MA) e, a leste, por bacias litorrâneas da margem passiva”.

Ainda segundo Eugênio Pacelli, estima-se que a Província Borborema “tenha surgido entre 650

e 500 milhões de anos, sendo originada a partir do amalgamento de parte da crosta terrestre que formava o supercontinente Gondwana (Gondwana Ocidental), correspondente à configuração do que hoje conhecemos como América do Sul”. Estruturalmente, esta Província é dividida em três subprovíncias: Setentrional, Central/Transversal e Meridional, limitadas por duas zonas de cisalhamento: Patos e Pernambuco. A Província Pegmatítica está situada na subprovíncia Setentrional da Borbo-



Garimpo em pegmatito na região de Equador (RN). Paredes com minerais de grande tamanho como muscovita (placas brilhantes) e feldspatos (cores brancas a amareladas). Em destaque, Geólogo Eugênio Pacelli.



Geólogo Izaac Cabral

O termo Província Pegmatítica da Borborema, segundo o geólogo Izaac Cabral, que também é pesquisador do SGB-CPRM (Núcleo Natal), foi proposto por Scorza (1944) para descrever a área de ocorrência de pegmatitos no RN e PB. “Abrange uma área de aproximadamente oito mil km², com cerca de quatro mil corpos pegmatíticos e expectativa de algo em torno de sete mil, distribuídos ao longo de uma faixa de 200 km de comprimento e 40 km de largura (média), que se estende na direção NE-SW, entre os municípios de Jardim de Angicos (RN) e Salgadinho (PB)”.

O pegmatito é uma rocha essencialmente ígnea, de composição principalmente granítica (quartzo, feldspato e mica) e granulação grosseira, formada pelo resfriamento e solidificação de um magma. Este, por sua vez, é uma mistura líquida natural de elementos químicos em estado de fusão, submetida a temperaturas e pressões elevadas, que existe abaixo da superfície terrestre e que pode extravasar através dos vulcões, passando então a se chamar “lava”.

Em contato com o ar e com o solo, o magma que extravasa na superfície resfria

bem mais rápido que aquele que se solidifica no interior da crosta terrestre a grandes profundidades. Por essa razão, os minerais que compõem as rochas ígneas formadas na superfície, também chamadas de “rochas extrusivas”, aparecem em cristais numerosos, mas muito pequenos, pois não tiveram tempo de se desenvolver bem.

Por outro lado, quando o magma passa por um processo de resfriamento mais lento, abaixo da superfície, há tempo para que os cristais possam se desenvolver. Um exemplo bem conhecido e relativamente comum é o granito, uma rocha com cristais que podem ser diferenciados a olho nu. Já os pegmatitos se distinguem de outras rochas ígneas, entre outras características, por possuírem cristais de tamanho extremamente grande.

Segundo o geólogo Izaac Cabral, “os pegmatitos graníticos são formados essencialmente por quartzo, feldspato potássico, plagioclásio e micas, sendo muscovita e biotita as mais comuns. Além deles, podem conter minerais de lítio (espodumênio, lepidolita e amblygonita), tântalo e nióbio (série da columbita-tantalita, conhecida como “coltan”), estanho (cassiterita), berílio (berilo), e gemas, como a turmalina corada, água-marinha, esmeralda e topázio”.



COLEÇÃO JÚLIO NESI (ACERVO SGB-CPRM / NANA)

Importância econômica

Por possuírem grande diversidade mineralógica, os pegmatitos são fonte de numerosos minerais valiosos. A importância econômica varia de acordo com sua aplicação, uso e abundância, podendo desempenhar papéis significativos na indústria em geral; na moderna tecnologia, inclusive como insumo essencial em diversos sistemas de geração e consumo de energia limpa; e também na lapidação para confecção de joias com alto valor comercial.

“O lítio é fundamental em baterias de íon-lítio para dispositivos eletrônicos e veículos elétricos.

Tântalo e nióbio são essenciais na produção de dispositivos eletrônicos, ligas metálicas especiais e componentes de aviões. Berilo, em especial esmeralda e água-marinha, possui valor como gema. Já a turmalina, além de ser usada em joias, encontra aplicações tecnológicas em dispositivos piezoelétricos”, detalha Izaac Cabral.

No caso específico da Província Pegmatítica da Borborema, o geólogo afirma que “alguns pegmatitos são fontes de minerais estratégicos, como espodumênio, lepidolita e amblygonita (minerais de lítio), columbita-tantalita (Ta-Nb), cassiterita (Sn) e berilo (Be)”. Diz ainda que, além desses, “destacam-se depósitos da rara turmalina “Paraíba”, uma elbaíta de coloração azul turquesa a verde, cujo valor de mercado pode atingir 20 mil dólares por quilate”.



COLEÇÃO JÚLIO NESI (ACERVO SGB-CPRM / NANA)

Reservas

Os dados sobre reservas minerais em depósitos da Província Pegmatítica da Borborema ainda são incipientes. Contudo, conforme testemunha o geólogo Izaac Cabral, “o Serviço Geológico do Brasil tem cumprido sua missão, gerando e disseminando conhecimento geocientífico”. Um

exemplo citado é o Projeto “Avaliação do potencial de lítio no Brasil - Área: Província Pegmatítica da Borborema”. Publicado em 2022, o trabalho encontra-se disponível na Internet*.

Para impulsionar o setor, promovendo a descoberta de mais reservas minerais significativas nos pegmatitos da Borborema, Izaac Cabral entende que é necessário ir além dos esforços governamentais. “Em minha opinião – diz ele, também são necessários investimentos mais substanciais do setor privado em projetos sistemáticos de exploração mineral”.



(*) <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/23040>

Geologia, captura e armazenamento de carbono

Entrevista com Milas Evangelista de Sousa

Um dos objetivos centrais do esforço de transição energética é a progressiva diminuição das emissões antrópicas de dióxido de carbono na atmosfera, sendo este um dos principais gases de efeito estufa (GEE). Uma alternativa que vem sendo crescentemente estudada e posta em prática é a captura e armazenamento de car-

bono no subsolo (do inglês, *carbon capture and storage* - CCS). Nesta entrevista, destacando a importância da Geologia para o desenvolvimento dessa tecnologia, o geólogo Milas Evangelista explica como ela funciona, em quais situações já vem sendo aplicada e o que é necessário ser feito para que seja empregada em escala mais ampla.

GEOLOGIA

Todo Dia: Em termos gerais, em que consiste a tecnologia de captura e armazenamento de carbono?

Milas Evangelista: A tecnologia consiste em capturar o CO₂ que seria emitido em grandes quantidades para a atmosfera a partir de fontes estacionárias que utilizam combustíveis fósseis como usinas termoeletricas e siderúrgicas, ou mesmo a partir da geração de bioenergia com biomassa e injetá-lo em rochas sedimentares profundas para que lá fique armazenado de forma segura e permanente.

O CCS pode ser dividido em quatro etapas principais: captura, transporte, armazenamento e monitoramento. A primeira etapa envolve o processo de cap-

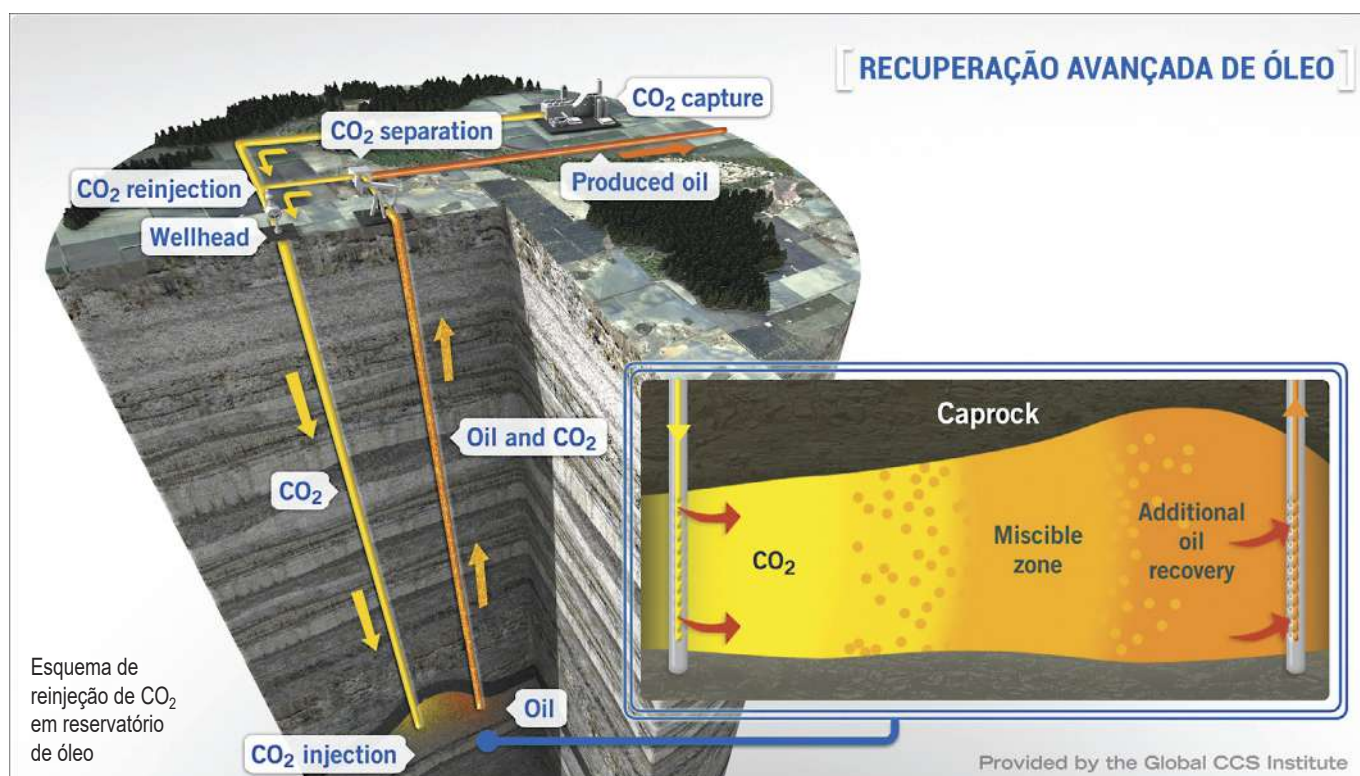
tura e separação do CO₂ de outros gases para que ele possa ser condicionado para injeção mediante sua compressão e desidratação, levando sua concentração a níveis superiores a 99,99%. A compressão é feita para que o CO₂ atinja o estado supercrítico, com densidade acima de 0,7, de forma que ele possa ser in-

jetado como um líquido em rochas porosas a profundidades, em média, superiores a 800 m, onde permanecerá no estado supercrítico devido à atuação da pressão hidrostática da rocha reservatório.

Se não houver condições geológicas favoráveis para a injeção do CO₂ abaixo da planta de captura, ou se o projeto for centralizado em um hub

de injeção a partir da captação de várias fontes emissoras, será necessário fazer seu transporte até o ponto de injeção para armazenamento em formações geológicas profundas. O transporte geralmente se dá por meio de dutos, podendo também ser usados caminhões ou navios para os projetos offshore.





Para que a etapa de armazenamento seja feita de forma segura, são realizados estudos de geologia envolvendo técnicas semelhantes às utilizadas na indústria do petróleo, como a aquisição de dados sísmicos 3D, a perfuração de poços estratigráficos e a modelagem de reservatório. O objetivo principal é identificar o par de rochas reservatório e selante para abrigar o CO₂ injetado de forma segura e permanente, impedindo seu fluxo para fora do chamado complexo de armazenamento. Em todo o mundo, os projetos de estocagem geológica de carbono são desenvolvidos em aquíferos salinos profundos ou em campos de petróleo/gás depletados.

Uma vez tomada a decisão de implementar o projeto, deverá ser elaborado o Plano de Verificação e de Monitoramento, que visa atestar continuamente a integridade das instalações de injeção e a estanqueidade do reservatório, de-

monstrando não haver qualquer vazamento de CO₂ a partir da infraestrutura de transporte e injeção, bem como que o CO₂ injetado permanecerá contido pela rocha capeadora dentro da rocha reservatório alvo da injeção.

GTD: Em termos práticos, o que significam as siglas: CCS, CCUS e BECCS?

Milas: CCS é a aplicação de um conjunto de tecnologias que permitem capturar, comprimir, transportar e injetar em camadas adequadas e profundas do subsolo o CO₂ emitido durante processos industriais, e que hoje é simplesmente liberado na atmosfera. CCS significa em inglês captura e armazenamento de carbono no subsolo (*carbon capture and storage*).

BECCS é a produção de bioenergia (energia produzida a partir de biomassa) com CCS, podendo ser, por exemplo, uma usina termelétrica movida a biomassa ou uma planta

de etanol (milho ou cana-de-açúcar), num esquema que pode ser até mesmo negativo em carbono, ou seja, que retira o CO₂ acumulado historicamente na atmosfera.

CCUS ou BECCUS ocorrem quando o CO₂ capturado não é injetado para estocagem geológica, mas sim utilizado em outros processos como para a recuperação avançada de petróleo, produção de alimentos (estufas), gaseificação de bebidas, produção de hidrocarbonetos sintéticos para a petroquímica verde, ou mesmo para a produção de combustíveis sintéticos com baixa pegada de carbono.

GTD: Essas tecnologias já vêm sendo aplicadas? Onde?

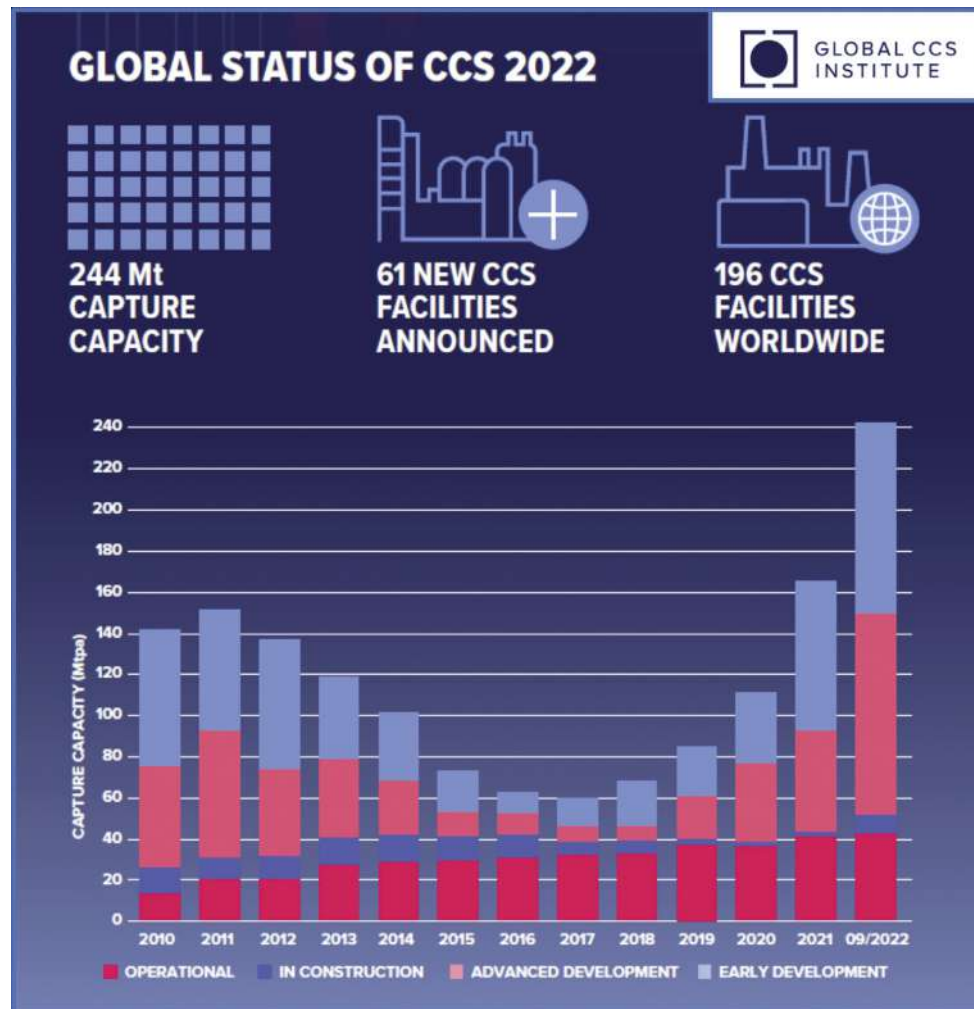
Milas: As técnicas de CCUS vêm sendo aplicadas há mais de 50 anos, principalmente no setor de óleo e gás dos EUA para aumentar a recuperação de petróleo/gás, mediante a injeção de CO₂ no reservatório.

Contudo, diante da constatação reconhecida por entidades como a Agência Internacional de Energia (IEA, em inglês), de que será necessário remover CO₂ da atmosfera para atingir a neutralidade de carbono em meados deste século, a fim de conter as mudanças climáticas, o uso do CCS tem ganhado muita força nos últimos anos. Ao final de 2022, existiam pouco mais de 40 milhões de toneladas/ano de capacidade instalada para captura e estocagem geológica de CO₂ em pouco mais de 30 projetos em operação. Contudo, outros 155 projetos estão em implantação em todo o mundo, o que deverá levar a capacidade instalada para 244 milhões de toneladas/ano de CO₂ injetado nos próximos anos.

GTD: Em perspectiva, qual o impacto do emprego dessas tecnologias para o esforço por Net Zero em 2050?

Milas: As estimativas da IEA apontam ser necessário uma capacidade de injeção de CO₂ instalada em 2050 de cerca de 5.600 milhões de toneladas/ano, o que pode representar quase 10% de todos esforços para o atingimento da neutralidade de carbono (substituição de combustíveis fósseis por renováveis, tecnologias mais eficientes e conservação energética).

GTD: Há riscos envolvendo o emprego dessas tecnologias? Quais? Como mitigá-los?

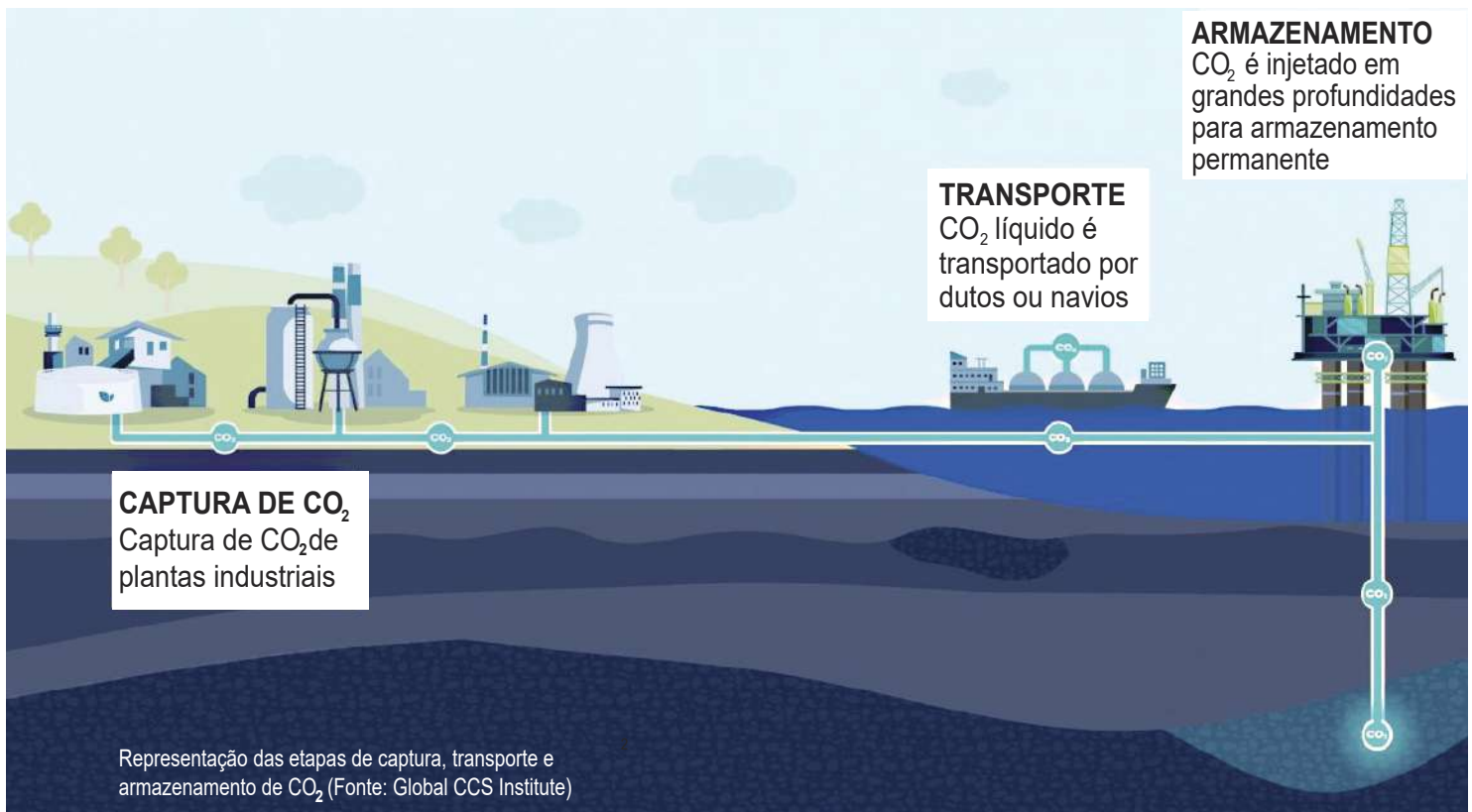


Evolução anual da capacidade de captura e estocagem de CO₂

Milas: Em relação às instalações de compressão e transporte do CO₂, os riscos são semelhantes àqueles encontrados em plantas de compressão e dutos de gás comprimido, sendo que o CO₂ não é inflamável. Esses riscos são mitigados com o uso de técnicas e materiais adequados na construção da infraestrutura e procedimentos de manutenção durante a fase de operação. Já em relação ao CO₂ injetado, o principal risco é o eventual vazamento da zona de injeção, seja por meio de alguma falha mecânica nos poços injetores ou de monitoramento, seja pela existência de algum falhamento ou fratura na rocha capeadora que não tenha sido identificado nos estudos para caracteriza-

ção do complexo de armazenamento.

Para garantir e demonstrar a eficácia do complexo de armazenamento é desenvolvido o Plano de Verificação e Monitoramento, já comentado acima. A mitigação desses riscos é feita com a detalhada caracterização do reservatório e rocha selante, mediante a aplicação das técnicas mais avançadas de caracterização e modelagem de reservatório e também com cuidados especiais na construção dos poços de injeção, tais como a utilização de metais resistentes à corrosão, a cimentação de todos os revestimentos até a superfície e a utilização de cimento especial, resistente à ação ácida da corrente aquosa com CO₂.



GTD: Qual é a importância da Geologia para o desenvolvimento dessas tecnologias?

Milas: A Geologia é fundamental para o desenvolvimento do CCS, uma vez que se faz necessário o estudo das bacias sedimentares para a identificação de áreas mais promissoras para a estocagem geológica de carbono. Assim, sua importância é tão relevante para o CCS como é para a indústria do petróleo.

O CCS representa a abertura de novos mercados para a atuação dos geólogos, sendo que os profissionais da indústria do petróleo são os mais aptos, uma vez que as tecnologias usadas para os projetos de CCS são derivadas daquelas usadas em sua exploração e produção. Além dos estudos para a caracterização do sítio de injeção, o desenvolvimento tecnológico de ferramentas de geofísica para o monitoramen-

to da pluma de CO₂ ao longo do tempo é outro fator de contribuição da geologia, que emprega soluções com a sísmica 4D, que é a repetição da sísmica 3D ao longo do tempo.

GTD: Quais são as demandas mais urgentemente necessárias de serem atendidas para que essas tecnologias possam ser empregadas em escala mais ampla?

Milas: Do ponto de vista tecnológico, as tecnologias de captura do CO₂, fazendo sua separação de outros gases ainda são muito caras e tendem a baixar de preço com sua ampla utilização e o consequente ganho de escala comercial. Nesse aspecto, a indústria de etanol leva grande vantagem, uma vez que no processo de fermentação da matéria prima (cana ou milho) é gerada uma corrente pura de CO₂ (95

a 98%), que basta ser comprimida e desidratada para atingir níveis de pureza adequados para sua injeção geológica. Pode-se dizer que neste caso não há desafio tecnológico para a implantação do BECCS.

Já do ponto de vista do arcabouço legal, é importante termos um marco legal para o CCS, definindo responsabilidades sobre o controle da atividade, mediante criação de mecanismos para sua autorização e fiscalização, o que deverá trazer aspectos importantes como garantir o direito de acesso exclusivo ao espaço poroso para estocagem do CO₂ aos empreendedores. Igualmente importante é a definição da legislação do mercado de carbono, que propiciará segurança aos investidores em relação à remuneração dos projetos com a venda de créditos de carbono.

(*) Milas Evangelista é geólogo e consultor de negócios em biocombustíveis e projetos de armazenamento de carbono. Atualmente é o CEO da RENOVAR Sustentabilidade e atua como Consultor em Energia na FGV.

Venha fazer parte da Mútua!



E comece a investir, da melhor forma, em sua carreira e qualidade de vida e na segurança da sua família!

A Mútua, Caixa de Assistência dos Profissionais do Crea, continua com o incentivo especial para quem ainda não é associado: o profissional investe R\$ 80 no pagamento de sua primeira anuidade e esse valor retorna para ele, integralmente, na sua conta do plano de Benefícios TecnoPrev, a previdência complementar exclusiva dos profissionais do Crea, em forma de benefícios e auxílios.

Essa é uma ótima oportunidade para os profissionais que ainda não se inscreveram na Mútua se tornarem, hoje mesmo, associados.

“O papel da Mútua na vida dos profissionais do Crea é, essencialmente, de acolhimento. Oferecemos benefícios, auxílios, incentivos, programas e parcerias nas áreas de empregabilidade, capacitação, empreendedorismo, saúde, entre outras. Com isso, nossa Caixa de Assistência se configura como uma verdadeira rede de apoio socioeconômico do profissional da Engenharia, Agronomia e Geociências, e um agente transformador, que promove iniciativas para oferecer mais oportunidades e mecanismos de qualificação e desenvolvimento aos nossos as-

sociados”, destaca o presidente da Mútua, engenheiro agrônomo Francisco Almeida.

Benefícios

Além do plano de previdência, que também pode ser feito para os dependentes, os novos associados contam com benefícios reembolsáveis com juros acessíveis – a partir de 0,3% ao mês – feitos para a aquisição de imóveis, veículos, equipamentos, tratamentos de saúde ou, ainda, para garantir férias mais tranquilas e sem gastos surpresa, entre outras vantagens.

E mais: todos os benefícios reembolsáveis concedidos possuem uma cobertura denominada Quota de Quitação de Benefício (QQB), gerida pela Instituição e que devolve, aos beneficiários, parcelas quitadas pelo associado – além de garantir o pagamento do saldo devedor, desonerando a família da obrigação de quitar o benefício em caso de falecimento do contratante.

A Instituição entrega aos seus associados condições especiais que ajudam a alcançar objetivos e, também, proporcionam o amparo necessário nas horas mais difíceis.



Fazer parte da Mútua é garantir estabilidade e segurança para si próprio e para sua família.

Conheça mais sobre nossos benefícios

Benefícios reembolsáveis*

Para o custeio de necessidades como a compra de equipamentos, veículos, substituição e aquisição de instalações de energias ecologicamente corretas, custeio de máquinas e implementos para atividades agropecuárias, despesas médicas e financiamento de férias. Com juros a partir de 0,3% a.m., a depender do prazo de reembolso escolhido, e correção pelo INPC.

Benefícios sociais

São três tipos: o Auxílio Funeral, com o reembolso de até R\$ 7,5 mil, para aquele que custear os respectivos encargos; o Pecúlio por Morte aos dependentes do associado, com R\$ 60 mil para morte acidental e R\$ 30 mil para morte natural; e o Auxílio Pecuniário, oferecido ao associado carente de recursos em evidente necessidade.

Plano de Previdência Complementar TecnoPrev

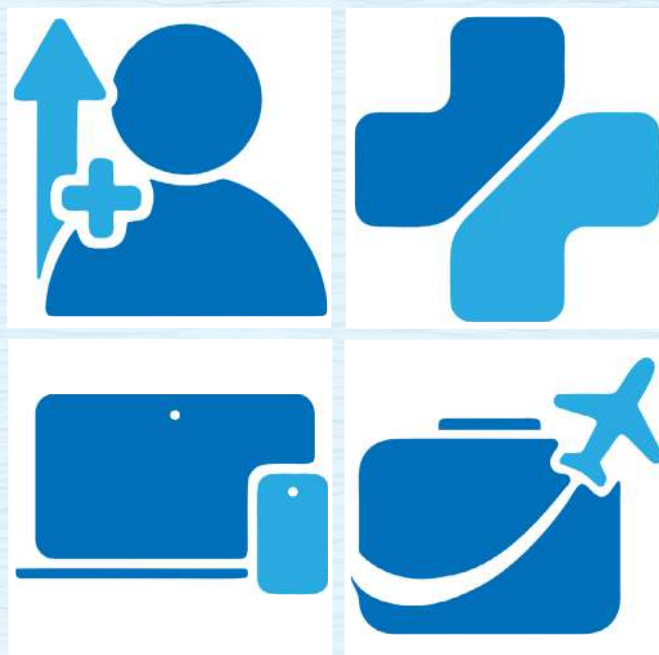
Sem fins lucrativos, destinado aos profissionais do Crea e seus dependentes. Plano Administrado pela BB Previdência, do Banco do Brasil.

Clube de Vantagens Mútua

Parceria com grandes marcas e empresas para a oferta de descontos e promoções nos mais variados segmentos.

Nosso objetivo é trabalhar em prol dos Profissionais das Engenharias, Agronomia e Geociências nas mais relevantes áreas da vida: saúde, bem-estar, qualidade de vida, desenvolvimento de carreira e planejamento do futuro.

Para mais informações ou para se associar, acesse o site www.mutua.com.br.



Planos de saúde

Pela gestão direta da Mútua por meio de operadoras de saúde credenciadas ou contratados junto às administradoras de benefícios.

Seguro de Responsabilidade Civil Profissional

Sem custos adicionais para todos os associados da Mútua que efetuaram a quitação de sua contribuição anual e recolheram ao menos cinco Anotações de Responsabilidade Técnica no exercício anterior.



(*) Benefícios reembolsáveis disponíveis aos associados após 12 meses de inscrição.

Você sabe o que é o “hidrogênio geológico”?

*Entrevista com Marielli Vogado**

Na corrida por energias limpas, os sistemas de geração eólica e fotovoltaica (solar) podem ganhar um novo e importante aliado: o hidrogênio formado por processos geológicos naturais. Evidências científicas recentes sugerem que esta fonte descarbonizada pode ter oferta capaz de contribuir significativamente para a superação dos desafios impostos pela transição energética. Em alguns países, já estão em curso atividades de exploração do hidrogênio natural e, não por acaso, empresas de grande porte têm investido recursos para estudá-lo.

GEOLOGIA Todo Dia: O que é o chamado hidrogênio geológico (ou natural)?

Marielli Vogado: O hidrogênio natural é aquele encontrado sob a forma molecular (H_2) em reservas naturais. Constitui uma fonte de energia limpa. De acordo com alguns pesquisadores, pode ser classificado como um recurso de energia renovável, já que alguns processos formadores de hidrogênio atuam no tempo da escala humana. No entanto, outros autores advogam que o hidrogênio natural não seja renovável, mas sim trapeado (aprisionado) e preservado por milhões de anos.

GTD: Em que esta fonte energética pode ser utilizada?

Marielli: Pode ser utilizado na indústria, como na descarbonização de siderúrgicas e ci-

Participante do XIII GEO Políticas, ciclo de debates promovido pela AGERN em parceria com a FEBRAGEO, onde proferiu palestra intitulada “Hidrogênio Natural: uma nova fronteira exploratória?”, a geóloga da Petrobras, Marielli Vogado, aceitou dialogar sobre o tema com GEOLOGIA Todo Dia. O resultado da entrevista, praticamente uma aula, chama a atenção pela riqueza de dados e informações, acentuando a necessidade de mais investimentos em estudos e pesquisas como forma de impulsionar a transição energética desejada e necessária. Confira a seguir...



tudos para sua utilização como gás de cozinha, em substituição ao gás natural. Esses usos se aplicam tanto ao hidrogênio natural como aquele produzido artificialmente.

GTD: Como são classificados os tipos de hidrogênio produzidos atualmente?

Marielli: Os tipos de hidrogênio foram informalmente classificados por cores, que representam suas tecnologias de produção. As principais rotas de produção e suas cores correspondentes são:

Preto e Marrom: gaseificação do carvão mineral; Cinza: reforma a vapor do metano; Azul: reforma a vapor do metano com captura e armazenamento de CO_2 ; Verde: eletrólise da água utilizando fonte de energia renovável; Turquesa: pirólise do metano; Musgo: Conversão da Biomassa

sa, por pirólise ou fermentação anaeróbica; **Branco:** hidrogênio natural.

As três primeiras cores, cujos insumos são os combustíveis fósseis, emitem CO₂, enquanto as demais resultam em zero ou baixa emissão de CO₂. Todavia, esse sistema de cores representa apenas um jargão de mercado para facilitar o entendimento das rotas tecnológicas. A classificação formal está atualmente em discussão no Brasil e deve ser de acordo com a intensidade de emissão de carbono por rota de produção. A Europa já classifica como hidrogênio renovável (verde) e hidrogênio de baixo carbono (azul).

GTD: O que é o chamado hidrogênio verde?

Marielli: O hidrogênio verde é produzido a partir da eletrólise da água, ou seja, da decomposição da molécula de água em H₂ e O₂, na presença de um eletrólito, por efeito da passagem de corrente elétrica. Para que seja considerado hidrogênio verde, a eletricidade utilizada deve ser gerada a partir de fontes limpas e renováveis, comumente solar e eólica.

GTD: Quais são as principais vantagens comparativas da utilização do hidrogênio natural (ou geológico) em relação àqueles obtidos pelos demais processos?

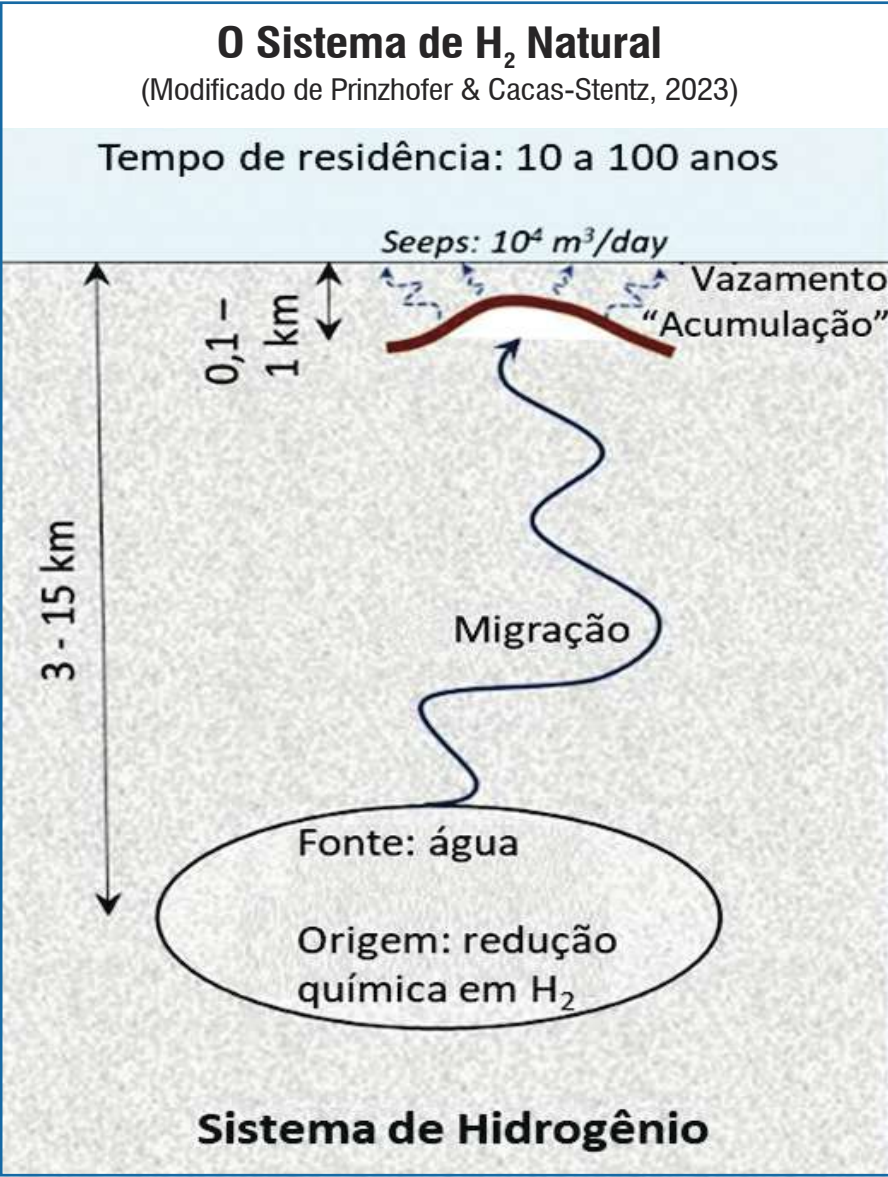
Marielli: O hidrogênio ocorre ligado a outros elementos, formando hidrocarbonetos, água e biomassa. Para separá-lo desses elementos, é preciso realizar processos que utilizam energia. Assim, quando produzido artificialmente,

o hidrogênio é um vetor energético, e não uma fonte de energia. Já o hidrogênio natural, encontrado sob a forma molecular, constitui uma fonte de energia e isso o torna mais barato em relação ao manufaturado.

GTD: E o que os estudos têm identificado como suas principais formas de ocorrência?

Marielli: O hidrogênio natural ocorre em uma grande variedade de ambientes geológicos, sendo os mais favoráveis o embasamento de áreas cratônicas, bacias de crosta hiper-estiradas, ofiolitos, bacias ricas em potássio e cordilheiras meso-oceânicas.

Sua ocorrência implica em um sistema de hidrogênio natural ativo, necessitando haver a geração e migração para uma trapa (estrutura geológica que bloqueia a migração ascendente de fluidos, aprisionando-os) onde ele possa ser “armazenado” e encontrado. Como a geração de hidrogênio é contínua, segundo a maioria dos autores, a trapa deve ser um local de ocorrência, por onde o fluxo passa, é trapeado, até que novo pulso chegue e o substitua. Os reservatórios, para que sejam produtíveis e comercialmente viáveis, precisam ter boas condições permeoporosas, independentemente da litologia.



GTD: De uma forma simplificada, quais são os prováveis processos de geração?

Marielli: Existem muitos processos geológicos geradores de hidrogênio. Embora haja divergência entre os autores quanto à importância relativa de cada processo para uma geração expressiva em volume, os mais citados são:

Serpentinização: minerais de rochas ultramáficas, como olivinas e piroxênios, são oxidados pela água em serpentina produzindo hidrogênio.

Alteração hidrotermal: oxidação de minerais ricos em ferro 2+ sob condições ácidas. A oxidação de BIFs (Formações Ferríferas Bandadas), em condições de baixa temperatura e pressão, também gera hidrogênio.

Radiólise: quebra da molécula de água pela energia do decaimento radiativo dos elementos urânio, tório e potássio.

Manto: origem mantélica, profunda, seja pela liberação do hidrogênio primordial ou hidrogênio molecular gerado por processos no manto.

GTD: Quais são os indícios geológicos que têm sido associados à possibilidade de ocorrência de hidrogênio?

Marielli: Alguns elementos são importantes na prospecção do hidrogênio natural. Depressões semicirculares, preenchidas ou não por água, que podem ser vistas em imagens de satélite ou mesmo no Google Earth, conhecidas como círculos de fada, podem indicar a presença de hidrogênio natural. Ao escapar para

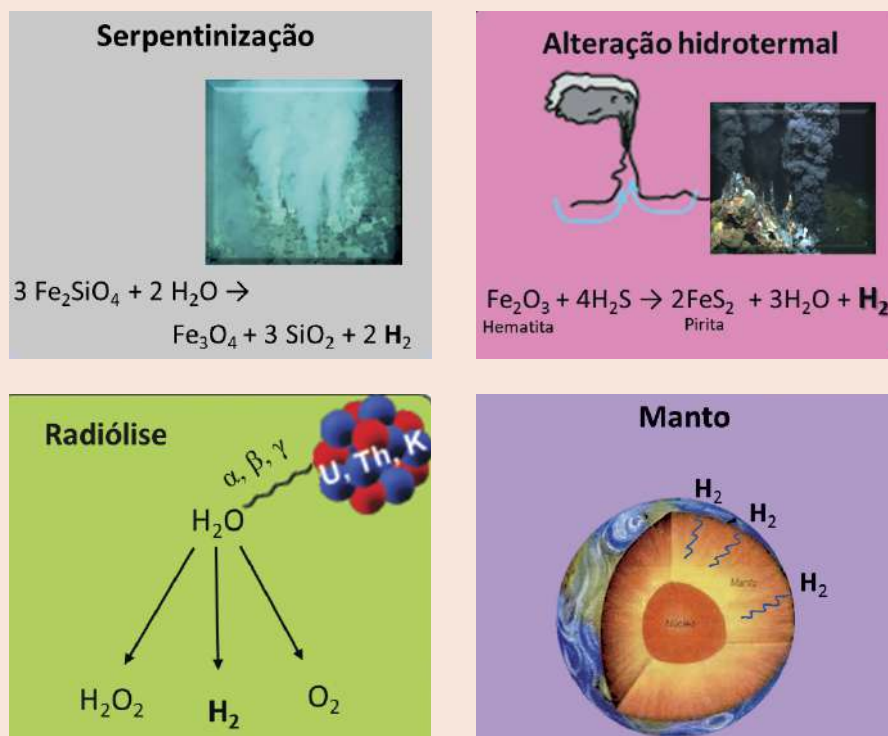
a superfície o hidrogênio modifica a vegetação, tornando-a rasteira. A medição das emissões de gases nesses locais vai confirmar sua ocorrência ou não. A identificação de falhas profundas em sísmica ativa, que devem constituir rotas de migração, é outro elemento bastante importante, especialmente se for associado aos círculos de fada. Identificação de anomalias magnéti-

GTD: Já existem experiências de exploração do hidrogênio geológico (ou natural) no mundo? Onde?

Marielli: Sim, já existem atividades de exploração de hidrogênio em Mali, EUA, Austrália, Espanha, França e Kosovo. A ocorrência mais notória é a de Mali, na África, onde o hidrogênio tem alta pureza e foi encontrado em reservatórios calcários de

Representação esquemática das principais fontes geológicas de H₂

(Modificado de Klein, et. al., 2019)



cas e gravimétricas também, porque rochas ricas em ferro podem, potencialmente, gerar hidrogênio. A sísmica passiva é outro método de prospecção relevante, já que o fluxo de hidrogênio deve se apresentar em maior velocidade e o ruído poderia ser sentido como fonte passiva. Outras evidências são anomalias de tório e mapas de temperatura que indiquem anomalias térmicas.

idade neoproterozóica, sob selo de diabásios. Foi perfurado um poço para água em 1987, o qual constatou 98% de hidrogênio natural, a 110m de profundidade. Mais 24 poços de extensão foram perfurados e todos confirmaram a ocorrência de hidrogênio. Um dos poços produz hidrogênio desde 2012, usado para produção piloto de eletricidade para a vila de Bourake-

bougou. O fluxo médio de produção é de 1.500m³ por dia, sem queda da pressão na cabeça do poço, registrando, inclusive, um incremento de 4,5 para 5 bars, fato utilizado como argumento para a justificativa da contínua geração de hidrogênio.

GTD: Há estimativas relativas ao volume de hidrogênio geológico potencialmente existente no planeta?

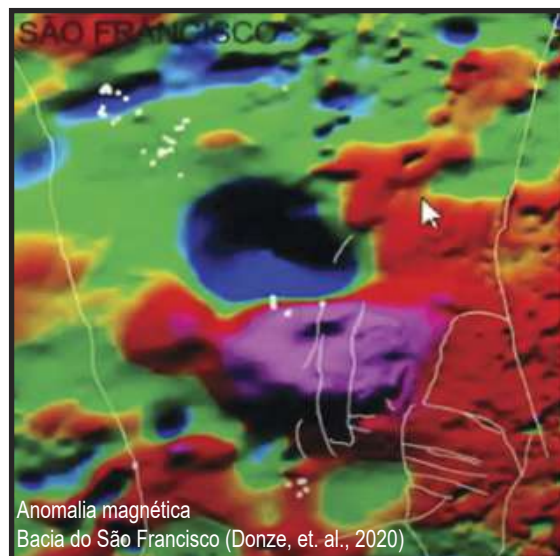
Marielli: De acordo com uma publicação de Vacheslav Zgonnik (2020), em uma compilação de estimativas para as variadas fontes geológicas (excluindo-se fontes mantélicas), o potencial chegaria a 254 (±91)×10⁹ m³/a, ou 254 bilhões de m³ por ano. Para Geoffrey Ellis, geocientista da USGS, seus cálculos sugerem um potencial de 10 trilhões de toneladas de hidrogênio natural, embora muito dessas reservas devam estar em ambientes muito profundos ou remotos, como as emanções das cordilheiras meso-oceânicas, por exemplo. De todo modo, ainda estamos em um momento muito incipiente do conhecimento desses sistemas para termos estimativas robustas.

GTD: O que essas estimativas podem representar em termos de atendimento às de-



mandas atuais e futuras de consumo global de energia?

Marielli: De acordo com a Agência Internacional de Energia (IEA, em inglês), a deman-



da atual de hidrogênio gira em torno de 90 milhões de toneladas por ano, enquanto que as projeções para 2050 variam aproximadamente entre 300 e 500 milhões de toneladas por ano. O range das estimativas

de potencial de volume de hidrogênio natural no mundo é bastante abrangente, variando de 21 milhões de toneladas por ano (conversão de m³ para tonelada de Zgonnik) até 10 trilhões de toneladas. Isso mostra o quanto é preciso avançar no conhecimento, incluindo dados de produção, para obtermos estimativas mais palpáveis.

GTD: Quais os principais desafios a serem superados para que se possa viabilizar a exploração do hidrogênio natural?

Marielli: Mundo a fora, empresas têm se mobilizado para avançar na pesquisa e entendimento do sistema de hidrogênio natural. O principal desafio diz respeito à regulação da exploração e produção desse gás, uma vez que, se não estiver regulado por lei, não é possível perfurar poços para investigação desse recurso.

(*) Marielli Wesz Vogado graduou-se em geologia pela UFMT em 2008. Em 2009 iniciou mestrado na UFRN, interrompendo-o em 2010 ao ingressar na Petrobras. Trabalhou embarcada por três anos no acompanhamento geológico de poços. Atuou por oito anos na Interpretação Exploratória das Bacias do Espírito Santo, Campos e Santos. Desde 2022, vem atuando em temas relacionados à transição energética, especialmente hidrogênio.

“Nem o Brasil nem o mundo podem prescindir de petróleo”

*Entrevista com Heloísa Borges Bastos Esteves**

Cada vez mais presente no cotidiano das pessoas e, por extensão, no imaginário coletivo, o discurso sobre a necessidade da transição energética, mesmo baseado em evidências científicas, tem produzido entendimentos distorcidos. A tendência à simplificação, condição inerente ao discurso massificado, reduz a capacidade de compreensão de fenômenos complexos, podendo levar a conclusões equivocadas ou, no mínimo, precipitadas. Um exemplo é o embaçamento do sentido da palavra “transição”.

O termo indica um processo de passagem de uma situação, estado ou modelo para outro. Em seu transcurso, atuam tendências que podem acelerá-la, retardá-la, ou mesmo impedi-la, se considerarmos a necessidade de que seja realizada em um período de tempo determinado. No entanto, não é raro nos depararmos com críticas que apontam uma suposta contradição entre mostrar-se engajado nos esforços de transição energética e continuar investindo em exploração e produção de petróleo e gás.

Para abordar esse aparente dilema, GEOLOGIA Todo Dia procurou a Diretora de Estudos do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis da Empresa de Pesquisa Energética – EPE, Heloísa Borges Bastos Esteves. Com uma agenda “apertada” (e ainda mais pressionada pelos prazos



de fechamento da nossa edição), Heloísa se dispôs a conversar por meio de uma plataforma de comunicação, durante um período de uma hora. O resultado desse diálogo, que extrapolou a pauta inicialmente pretendida, permite ampliar nossa compreensão sobre os vários desafios relacionados à transição energética no Brasil e no mundo. Confira os principais trechos a seguir...

Nesse debate sobre transição energética, gostaríamos de começar abordando o sentido da palavra “transição”, que parece andar meio ofuscado.

Heloísa Borges Bastos Esteves: A transição é um processo. Não é uma virada de

chave, uma coisa que vai acontecer da noite para o dia. Também não é algo que aconteça por mero voluntarismo: vou fazer uma lei e a transição (energética) vai acontecer. A gente opera num contexto complexo, e quando olhamos do ponto de vista do planeja-

mento do futuro, ele envolve, sim, uma ambição, um compromisso de redução de emissões. Quando surge esse debate da transição energética da forma como ele está posto hoje? No esforço global para a redução de emissões. E por que é importante a gente entender



isso? Porque o mundo já passou por outras transições energéticas! O termo “transição energética”, a gente associa à mudança das fontes de energia que impulsionam as economias. Isso acontecia com a lenha, até o carvão e o vapor serem os principais motores da Revolução Industrial.

A gente muda da lenha para o carvão, movimentando e impulsionando todo esse desenvolvimento das sociedades. No século XX, vemos o crescimento do petróleo, e aí, no final deste século, já no XXI, a gente vê as renováveis. Qual é a diferença da transição atual para as anteriores? Até então, elas aconteciam por incentivo técnico ou econômico. Então, porque um novo combustível era mais barato ou mais eficiente, todos os processos produtivos migravam para esses novos combustíveis.

Tem uma frase famosa: “A idade da pedra não acabou porque faltou pedra”. Acabou porque surgiu uma nova tecnologia. O óleo de baleia não deixou de ser utilizado porque lá, no final do século XIX, havia uma preocupação ambiental. Deixou de ser utilizado porque existia uma tecnologia mais barata, mais confiável e mais eficiente. Essa transição energética, sim, ela está movida por uma ambição de redução de emissões. E sobre isso não há dúvidas.

GTD: Mas qual é o grande desafio?

Heloísa: A gente está ten-

tando acelerar um processo de ganhos de escala de tecnologia. E acelerar processos, do ponto de vista tecnológico, não é fácil. As pessoas têm que entender isso. Um grande exemplo é o hidrogênio. O processo de eletrólise da água é conhecido há cerca de 100 anos. Nas universidades brasileiras, há pesquisas de eletrólise da água para produção de hidrogênio desde a década de 50. Então, não é que a gente tenha descoberto agora o potencial energético

**“A idade da
pedra não
acabou porque
faltou pedra”**

do hidrogênio ou a possibilidade de produzi-lo a partir da eletrólise da água.

O que aconteceu foi que isso se colocou como uma alternativa tecnológica nessa ambição de redução de emissões. Só que a gente tem um monte de desafios. Então, isso vai fazer com que a gente perceba que essa transição não vai ser linear. Ela vai ser um processo longo, onde teremos várias tecnologias coexistindo. Inclusive, porque a realidade dos países, das economias, e mesmo dentro deles, as realidades regionais são muito distintas. Então, não

é factível a gente imaginar um processo linear.

GTD: Como se caracterizam atualmente as matrizes energéticas mundial e brasileira e quais são as atividades antrópicas que mais contribuem para a emissão de gases de efeito estufa (GEE) no Brasil e no mundo?

Heloísa: A matriz energética brasileira é muito mais renovável que a mundial. Estamos próximos de 50%. O último plano decenal de energia indica que temos condições de aumentar a oferta mantendo essa renovabilidade. O mundo tem uma média de 14%, ou seja: 86% da matriz energética mundial não é renovável. Desse não renovável do mundo, 1/3 ainda é carvão. O mundo ainda consome muito carvão e no Brasil esse consumo é muito baixo.

No mundo, o uso de combustíveis fósseis acontece principalmente na indústria, no transporte, na energia elétrica, na produção de fertilizantes associado ao gás natural... E quando a gente vê o padrão global de emissões, percebemos que o Brasil está numa situação muito diferente. Nas emissões mundiais de gases de efeito estufa, 76% vêm da geração de energia (geração termelétrica a carvão ou gás natural) e só 15% vêm do conjunto que a gente chama de uso da terra e agricultura (desmatamento, queimadas...).

Já quando a gente olha para

o Brasil, só 31% das nossas emissões de GEE vem da energia. Isso tem uma explicação: se a gente voltar lá para os principais usos (mundiais) é muito intuitivo dizer que as nossas emissões deveriam ser menores. Isso, porque a gente já tem um uso muito avançado de biocombustíveis na matriz de transporte (seja pela mistura de etanol na gasolina, seja pelos carros flex) o que reduz bastante as nossas emissões. Temos uma indústria que usa outras fontes energéticas, como a eletricidade, e que já consome gás natural, emitindo menos (GEE) que a média global. Então, nossas emissões relacionadas à energia são só 1/3, enquanto no mundo são 2/3.

Onde é que está o nosso problema em termos de emissões líquidas de GEE? Uso da terra e agricultura. Principalmente desmatamento! Em todos os nossos cenários fica claro que eliminar o desmatamento ilegal é uma condição necessária para o Brasil chegar à neutralidade de carbono até 2050. Isso evitaria emissões da ordem de 21 Giga Toneladas de CO₂ e a gente não tem solu-

ção na energia que compense isso. Isso é muito forte!

GTD: Como a gente faz para planejar a transição? Para buscar a ambição de redução das emissões tendo em vista o combate à mudança climática?

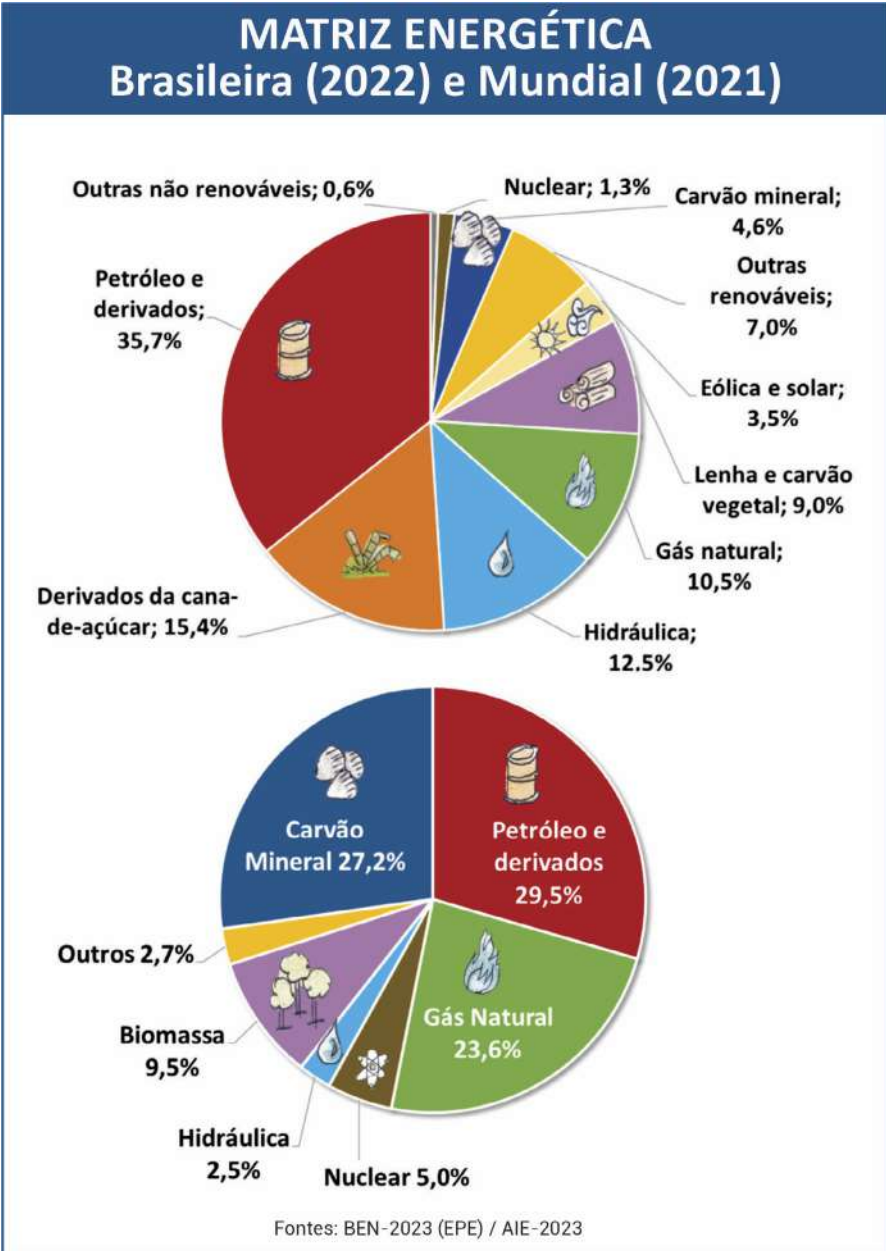
Heloísa: A gente tem que ver esse aspecto tecnológico,

nativas de baixo carbono. Mas isso não vai ser suficiente e precisa ficar claro para a sociedade. Mesmo nos cenários mais ambiciosos em termos de redução de emissões, em nenhum deles você zera completamente combustíveis fósseis porque o mundo continua precisando de energia. E quando

a gente vê as disparidades regionais, percebemos que, eventualmente, nesse processo de mudança da fonte de energia, alguns países avançam mais rapidamente e outros mais devagar. Então, uma frase que eu gosto de dizer é: “A eletrificação não será suficiente”.

No nosso dia a dia, a gente tende a associar a transição energética à forma como usamos a energia: para o transporte e mobilidade, na forma como a gente cozinha os alimentos, como principal fonte para nos-

sas residências... Se a gente pegar só isso, poderíamos imaginar que é simples. É só passar de um veículo leve (convencional) para um carro elétrico, sair do fogão a gás para um cooktop de indução elétrica e eletrificar minha casa toda. Mas aí algu-



e ele é muito mais do que só novas fontes energéticas. Isso envolve digitalização, ganho de eficiência na forma como a gente usa a energia e, também, na forma como a gente produz, para reduzir perdas. E exige, sim, a busca por alter-



mas questões se colocam.

A primeira delas é: de onde vem essa eletricidade? O Brasil tem grande parte de sua matriz renovável, mas a renovabilidade total da matriz tem desafios. Tem desafios do ponto de vista da segurança, por conta da variabilidade da fonte. Uma coisa que eu também gosto de dizer é: o que você faz quando o vento não venta, a chuva não cai e o sol não brilha? Então, você precisa de alguma coisa que te dê segurança na sua matriz. Isso é um desafio. E para outros usos, a gente ainda nem tem tecnologias viáveis de substituição.

GTD: Quais são os principais usos e aplicações de petróleo/gás que deverão persistir?

Heloísa: Veículos flex com motor elétrico, mas ainda teremos veículos à combustão. A substituição será um pouco

mais lenta que na Europa, mas os veículos leves não são o principal desafio da descarbonização. Nos nossos cenários, a gente vê o Brasil consumindo muito o óleo diesel por conta dos veículos pesados, ônibus e caminhões... Produção agrícola... Se a gente não expandir o nosso refino, o Brasil continuará dependente de óleo diesel até 2050. E aí estão oportunidades para o biodiesel.

Além disso, grande parte do petróleo que a gente não consegue prescindir, nos cenários de longo prazo, é utilizado na indústria petroquímica. Cerca de 50% da demanda mundial! Esse é um setor que a gente chama de difícil descarbonização. Na petroquímica a gente não tem solução técnica para toda a gama de produtos que ela fornece. A população em geral não tem a clareza do quanto que a gente usa no nosso dia

a dia que vem do petróleo.

Parte significativa dele vai para usos não energéticos. Na cesta básica do brasileiro, por exemplo, 80% dos produtos são embalados com plástico; nas roupas, temos tecidos com muito elastano e poliéster; nos calçados, as resinas de solados e palmilhas... Então, no nosso dia a dia, usamos muito a petroquímica (...) em uma infinidade de aplicações e nós não temos perspectiva clara de ter substituto para tudo. Tem bioplástico? Tem, mas é mais caro. Então, temos que entender o impacto disso, principalmente quando a gente fala de pobreza energética e exclusão social. E é isso o que nos leva a ver que parte do petróleo continua.

GTD: Olhando esse cenário, é possível atingir a neutralidade de emissões em 2050?

Heloísa: É possível, viável e

A presença de petróleo no nosso dia a dia vai muito além da gasolina, óleo diesel, gás de cozinha ou do querosene de aviação.

A indústria petroquímica gera matérias primas que são base para a produção de plásticos, tecidos sintéticos, borrachas, tintas, fertilizantes, pesticidas, produtos de limpeza, lubrificantes, solventes, medicamentos e até cosméticos.





totalmente crível. Mas isso não vai significar o fim dos hidrocarbonetos. A gente vem estudando esse tema e no site da EPE há um conjunto de documentos que nós chamamos de Programa de Transição Energética (...) onde discutimos esses cenários, assumindo que envolvem uma série de incertezas.

Como a tecnologia vai evoluir? Como os recursos renováveis vão estar disponíveis? Quais custos essas tecnologias envolvem? Por exemplo: posso fazer uma eólica offshore porque o vento tem fator de capacidade maior? Pode. Mas ela é cara! Então, como evolui essa geração de energia offshore? Como evolui o hidrogênio para uso industrial? Como esses custos avançam?

Nesses documentos, a gente fez esses cenários e definiu o que chamamos de incertezas críticas, ou seja: o que pode acontecer, fazendo com que esse cenário não aconteça? E aí, a gente quantificou (COP, com apoio da UFRJ) e publicou esse caderno executivo que deixa claro que ainda há um papel muito grande para os hidrocarbonetos, em particular para o gás natural. Isso, porque a grande oportunidade de descarbonização da indústria está no gás natural.

A gente tem um comitê específico sobre isso e o relatório que estamos chamando de “Papel do Gás Natural na Transição Energética” fica pronto agora, no início de março. O

gás tem papel importante na indústria, no transporte e também para trazer segurança num sistema elétrico cada vez mais renovável. Além disso, é importante como insumo para o hidrogênio.

O hidrogênio de baixo carbono mais competitivo hoje não é o da eletrólise. É o hi-

drógeno de baixo carbono, que a gente chama de verde, obtido a partir da eletrólise.

GTD: Falando em captura de carbono, o que a EPE tem produzido?

Heloísa: Nesse ciclo anterior, que terminou agora em 2023, uma novidade que a gente trouxe foi um olhar

Em média, por unidade de energia (BTU), o uso do gás gera 27% menos CO₂ que o petróleo e 44% menos que o carvão. Na comparação com derivados de petróleo, emite cerca de 33% menos CO₂ que o óleo combustível empregado nas indústrias; 17% menos que o gás liquefeito de petróleo (GLP), usado em residências; assim como 26% menos que a gasolina e 27% menos que o óleo diesel, consumidos por automóveis, caminhões e ônibus. (AIE, 2016).

drogênio que a gente chama de “reforma a vapor do gás com a captura de carbono”. Ele é o que a gente consegue fazer em escala e de forma mais economicamente viável. Então, a gente vê, provavelmente, uma trajetória onde começamos com hidrogênio de baixo carbono a partir do gás natural e eventualmente vamos entrando e agregando o hidrogênio que o pessoal

sobre a estocagem de carbono. Porque lá, no cenário de transição energética, a gente vê que a estocagem de carbono terá papel fundamental para a descarbonização. Nós já sabemos que vai haver o que chamamos de overshoot (excedente temporário do limite de temperatura). Então, algo do carbono a gente vai precisar: ou evitar emissões na fonte geradora, ou mesmo



na captura direta do ar. Retirar parte do CO₂ que já foi emitido e estocar.

Quando a gente olha a cadeia de valor dessa nova atividade, fica muito claro que a estocagem em si não é a atividade mais cara. Mas o transporte é. Então, mapear os nossos potenciais sítios de estocagem e tentar identificar formas de capturar cada vez mais próximo deles é uma estratégia que tem vários países se envolvendo. É o que a gente chama de hub de CCUS. Por que o hub? Justamente porque a ideia é você estocar o mais próximo possível da sua fonte emissora.

E aí, pra isso, a gente precisa voltar ao nosso conhecimento geológico e olhar não só a existência de hidrocarbonetos, mas se existem bons reservatórios para estocarmos esse CO₂. Esse é um tremendo desafio. A gente começou no zoneamento, mas sabemos que ainda temos muito para avançar. Então, nesse próximo ciclo, devemos estar progredindo também no hidrogênio geológico, que está vindo aí – não como novidade – mas com um potencial muito bom, principalmente porque os custos já são conhecidos.

Se a gente conseguir identificar o hidrogênio, quando a gente pensa em cadeia de valor... Por que isso é importante para o país? Porque a gente já tem

uma capacidade de pesquisa de geologia e geofísica instalada; a gente já tem uma cadeia de valor de máquinas e equipamentos para perfuração de petróleo e gás, para prospecção, perfuração e produção, especialmente onshore. Já temos toda a expertise técnica, então (...) é um olhar que a gente vai trazer, junto com a captura de carbono, que está claro pra gente.

GTG: Qual é o papel da Geologia na transição?

"Nesse próximo ciclo, devemos progredir também no hidrogênio geológico"

Heloísa: A tradição ainda será muito necessária, mas a gente precisa avançar. Como que a gente provê os hidrocarbonetos que a gente ainda vai precisar? Como que a gente garante a oferta nacional de gás natural que é fundamental para a nossa transição? Como que a gente garante os minerais críticos? Nesses três desafios tem a questão da

informação; do avanço do conhecimento do potencial do nosso território, das nossas bacias sedimentares, para que a gente possa dar conta disso tudo. E aí tem um papel muito grande de mapeamento, de reinterpretação do conhecimento existente pra gente identificar novos potenciais. E isso se aplica também ao hidrogênio geológico.

GTG: Enfim, a mudança da matriz energética global (e brasileira) pode prescindir da produção de petróleo?

Heloísa: A resposta curta é não! Nem no curto, nem no médio, nem no longo prazo. A gente chega ainda em 2050 precisando de hidrocarbonetos. A diferença de cenários é o quanto que você vai precisar. E nisso tem uma boca de jacaré. A AIE diz que vamos estar em 30 milhões de barris por dia (hoje consumimos um pouco menos de 100 milhões), podendo ficar entre 30 e 100 milhões. Ou seja, no cenário mais ambicioso, mais otimista, a AIE ainda coloca o mundo consumindo 30 milhões de barris por dia em 2050. E esse é o cenário com menor demanda. Outros países, inclusive nós, aqui na EPE, colocamos essa demanda mais próxima de 50 milhões de barris por dia. Nem o Brasil nem o mundo podem prescindir de petróleo.

(*) Heloísa Borges Bastos Esteves possui Doutorado em Economia pela UFRJ e Mestrado em Direito pela UERJ. Atualmente é Diretora de Estudos do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis da Empresa de Pesquisa Energética - EPE (Empresa Pública Federal vinculada ao Ministério de Minas e Energia).

Estudo confirma potencial turístico do Geoparque Seridó

Cânions dos Apertados

Em 2022, os seis municípios que integram o Seridó Geoparque Mundial da Unesco (denominação oficial) receberam quase 10 mil turistas, sendo a maioria atraída pelo patrimônio natural existente naquele território. A informação foi registrada em artigo recentemente publicado na Phisys Terrae – Revista Ibero-Afro-Americana de Geografia Física e Ambiente, sob o título: “Diagnóstico do perfil e experiências dos visitantes do Seridó Geoparque Mundial da UNESCO, no NE do Brasil”.

Chancelado como unidade integrante da Rede de Geoparques Mundiais (Global Geoparks Networks – GGN) em abril/22, o Geoparque Seridó, localizado na porção centro-sul do Estado do Rio Grande do Norte, integra um seleto grupo composto atualmente por cinco territórios brasileiros que possuem sítios e paisagens considerados de relevância geológica internacional. Para manterem esse reconhecimento, no entanto, essas áreas devem ser administradas com base em um conceito holístico de proteção, educação e desenvolvimento sustentável.

De acordo com os dados revelados no artigo da Revista Ibero-Afro-Americana de Geografia Física e Ambiente, obtidos a partir de informações coletadas pelos autores junto a guias de turismo e condutores atuantes no território do Geoparque Seridó, a maioria dos visitantes pes-

quisada (67,4%) se declarou mobilizada pelo desejo de obter experiências ligadas ao conhecimento da biodiversidade (Ecoturismo – 43,6%) e da geodiversidade local (Geoturismo – 23,8%).

Outros destaques motivacionais mencionados, corroborando a ideia de que os atrativos naturais existentes no território do Geoparque podem funcionar como uma sala de aula a céu aberto ou ainda como espaço para atividades esportivas recreacionais, foram o Turismo Pedagógico (20%) e o Turismo de Aventura (10,6%).



Serra Verde

Atrativos

Com relação aos locais visitados, o levantamento registrou 59 diferentes atrativos, com grande destaque para os geossítios (locais que concentram formações geológicas com grande valor científico, educa-

tivo e turístico). Serras, sede/sala de exposição do Seridó Geoparque Mundial da UNESCO, comunidades quilombolas, museus, igrejas e centros de artesanato também foram citados.

Especificamente quanto aos geossítios, dentre os 21 oficialmente reconhecidos, destacaram-se, pela ordem: Cânions dos Apertados (Currais Novos), Serra Verde (Cerro Corá), Pico do Totoró e Mina Brejuí (Currais Novos), Açude Gargalheiras (Acari), Morro do Cruzeiro (Currais Novos), Xiquexique (Carnaúba dos Dantas), Lagoa do Santo (Currais Novos) e Nascente do Potengi (Cerro Corá). Já entre os atrativos na-

turais que ainda não integram a lista de geossítios, os registros apontam a Serra Preta (Cerro Corá) como um dos locais mais visitados.

Origem

Ainda sem expressar a movimentação atual influenciada pelo volume de divulgação hoje já acumulado, uma vez que o levantamento retrata apenas os reflexos iniciais decorrentes da obtenção da chancela concedida pela Unesco, o estudo publicado pela Phisys Terrae aponta que a visitação turística ao Geoparque Seridó, durante o ano de 2022, teve um forte caráter estadual e regional.

Com origem no próprio Estado, foram identificados visitantes egressos de 29 cidades, com grande afluência da capital: Natal. Em termos nacionais, no entanto, o levantamento já captou fluxos provenientes de 13 Estados, com maioria provinda dos Estados de São Paulo, Pernambuco, Paraíba e Rio de Janeiro. Já com relação à visitação internacional, foram registrados visitantes oriundos de cinco países: Estados Unidos, Inglaterra, Japão, Portugal e França.

Importância

Segundo os autores do artigo*, os dados obtidos pelo levantamento realizado junto a guias e condutores atuantes no território “permitem uma análise do perfil dos visitantes do Seridó Geoparque Mundial da UNESCO e a identificação dos seus principais atrativos”, sendo que as informações referentes ao ano de 2023 “já estão sendo tratadas”.

Colaborando para o fortalecimento dos processos de planejamento turístico local, bem como das ações de divulgação, o estudo reúne ainda a mensuração mensal dos fluxos de visitação, o desempenho de guias e condutores, e a identificação dos principais meios de transporte utilizados pelos turistas para o deslocamento até o território.

Concebida como uma ferramenta de desenvolvimento sustentável que usa o patrimônio natural para promover desenvolvimento econômico e sociocultural local, a atividade turística pretendida visa elevar a qualidade de vida das comunidades, sem que isso prejudique o meio ambiente e as gerações futuras.

Território engloba seis municípios

O Seridó Geoparque Mundial da Unesco estende-se por uma área de 2.802 km², reunindo a totalidade dos territórios de Acari, Carnaúba dos Dantas, Cerro Corá, Currais Novos, Lagoa Nova e Parelhas. De acordo com o Censo IBGE-2022, a população residente nesses municípios é de 107.977 habitantes, apresentando uma densidade demográfica média de 38,53 habitantes/km². A sede do Consórcio Público Intermunicipal, responsável pela gestão do Geoparque, fica localizada no município de Currais Novos, distante 180 km de Natal.



(*) O artigo publicado na Phisys Terrae – Revista Ibero-Afro-Americana de Geografia Física e Ambiente é assinado pelos geólogos Marcos Nascimento, Matheus Lisboa, Silas Samuel e pela turismóloga Janaína Medeiros. Todos integram a equipe de gestão do Consórcio Público Intermunicipal Geoparque Seridó. O texto encontra-se acessível em: <https://revistas.uminho.pt/index.php/physisterrae/article/view/5559/6247>

Planejamento e gestão de recursos em tempos de mudanças climáticas

Com o tema “Recursos Hídricos e Planejamento Territorial”, o XII GEO Políticas foi realizado nos dias 12 e 13 de dezembro de 2023, no Auditório do Instituto de Computação da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Campus Cuiabá, reunindo pesquisadores, profissionais, estudantes, professores, empresários e pessoas da comunidade. A programação contou com palestras e mesas-redondas que abordaram tópicos que constituem desafios para os próximos anos, tanto no que diz respeito à atuação técnico-científica quanto à construção do desenvolvimento sustentável do país.

Promovido pela Associação de Geólogos de



Cuiabá (GEOCLUBE) e pela Associação dos Profissionais Geólogos do Estado de Mato Grosso (AGEMAT), em parceria com a Federação Brasileira de Geólogos (FEBRAGEO), além da Faculdade de

Geociências e do Curso de Engenharia de Minas da UFMT, o evento contou com o patrocínio master do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA-MT) e do Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA). Os vídeos das mesas-redondas estão disponíveis no YouTube (Canal da FEBRAGEO), e podem ser acessados a partir da aba “Ao vivo”.

Veja, a seguir como foi desenvolvida a programação do XII GEO Políticas...

12/12/23 (Terça-feira)

8h - Abertura

9h - Palestra Magna:

“Ações do Serviço Geológico do Brasil (SGB) na gestão dos recursos hídricos subterrâneos e combate à escassez hídrica”.

Palestrante: Valmor Freddo (Chefe da Divisão de Hidrogeologia e Exploração do SGB).

10h20 às 12h - Mesa: A Defesa Civil e a Gestão de Cidades

“Eventos hidrológicos críticos em Mato Grosso e rede de monitoramento”.

Palestrante: Lilian Ferreira dos Santos (Secretária Adjunta de Licenciamento Ambiental e Recursos Hídricos da SEMA/MT).

“Desafios das cidades em tempos de mudanças climáticas: Estratégias de planejamento urbano diante das ilhas de calor”.

Palestrante: Dra. Emeli Lalesca Aparecida da Guarda (Pesquisadora associada - LATECA/UFMT).

“Desastres naturais e extremos climáticos, os desafios da defesa civil”.

Palestrante: Cel. Hekssandro Vassoler (Defesa Civil do Espírito Santo).

14h às 16h - Mesa: Cartas Geotécnicas e Zoneamento Territorial

“A dinamicidade das nascentes: exfiltração e processos do meio físico”.

Palestrante: Prof. Dr. Cleberson Ribeiro de Jesus (Professor do Departamento de Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia – UFMT).

“Morfopedologia voltada ao mapeamento das áreas úmidas e das potencialidades e restrições ao uso do solo”.

Palestrante: Prof. Dr. Fernando Ximenes de Tavares Salomão.

16h20 às 18h - Mesa: Gestão de Recursos Hídricos

"Gestão das Águas Subterrâneas em Mato Grosso".

Palestrante: Nedio Carlos Pinheiro (Coordenador de Controle de Recursos Hídricos da SEMA-MT).

"Gestão de recursos hídricos em Mato Grosso"
Palestrante: Luiz Henrique Magalhães Noquelli (Superintendente da SURH- gestão das águas superficiais de Mato Grosso).

Dia 13/12/23 (Quarta-feira)

8h às 10h - Mesa: Bases de Dados e Gestão Territorial

"Desafios do Saneamento Ambiental no Estado de Mato Grosso"

Palestrante: Prof^a. Dra. Eliana Beatriz Nunes Rondon Lima (Professora Associada da Universidade Federal de Mato Grosso).

"Resiliência Territorial: Cultivando Água Boa".
Palestrante: Jair Kotz (Professor Assistente da Universidade Estadual do Oeste do Paraná).

"Projeções para o clima de Mato Grosso para os próximos 20 anos".
Palestrante: Prof. Dr. Sérgio Roberto de Paulo (Professor Titular da Universidade Federal de Mato Grosso).

10h20 às 12h - Mesa: A Importância dos Dados Técnicos para o Setor Privado

"Cadastro físico ambiental e fundiário do setor de irrigação no MT".
Palestrante: Gabriel Mancilla (Associação dos Produtores de Feijão, Pulses, Grãos Especiais e Irrigantes de Mato Grosso – APROFIR).

"O Uso da Água na Indústria".

Palestrante: Adilson Valera Ruiz (Presidente do Conselho de Meio Ambiente - CONTEMA/FIEMT).

14h às 15h40h - Mesa: Os Desafios do Brasil até a COP 30

"COP-30, Geopolítica e Pan-Amazônia".
Palestrante: Dr. Aluizio Lins Leal (Professor Aposentado da UFPA).

"Desastres Naturais: quais os danos que causam e quais os custos?"
Palestrante: Caiubi Kuhn (Presidente da Federação Brasileira de Geólogos, Presidente do Núcleo Centro Oeste da ABGE, Coordenador do Curso de Engenharia de Minas UFMT).

"O Papel do Setor de Bioenergia na Transição Energética".
Palestrante: Lhais Sparvoli (Diretora Executiva do Bioind-MT, Indústrias de Bioenergia de Mato Grosso).

16h às 18h – Reunião da Câmara Setorial Temática das Mudanças Climáticas



“Só conseguiremos desenvolver uma gestão adequada, se todos os setores sociais entenderem os desafios postos”

Entrevista com *Caiubi Kuhn*

Geólogo e professor da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Caiubi Emanuel Souza Kuhn também preside a Federação Brasileira de Geólogos (FEBRAGEO). Nesta entrevista, como coordenador da 12ª edição do ciclo de debates denominado “GEO Políticas”, Caiubi Kuhn faz

um balanço da realização do evento, em um contexto em que a intensidade e a frequência de ocorrência de fenômenos extremos, relacionados aos processos de mudança climática, impõe grandes desafios à gestão adequada de recursos essenciais à vida nas cidades.

GEOLOGIA Todo Dia: Dentre um vasto leque de possibilidades por que “Recursos Hídricos e Planejamento Territorial” foi escolhido como tema central?

Caiubi Kuhn: Nos últimos anos, os efeitos do El Nino e das mudanças climáticas têm favorecido os eventos extremos. Neste cenário, debater segurança hídrica e planejamento territorial se torna uma necessidade ainda maior, visando ampliar a resiliência das cidades por meio da aplicação de estudos técnicos. Os profissionais da geologia são fundamentais neste contexto, seja para entender os ciclos de longo prazo; para assegurar os estudos necessários para recursos hídricos, em especial os subterrâneos; ou mesmo para o estudo dos processos de dinâmica superficial.

GTD: E quais foram os temas específicos abordados?

Caiubi: Diversos temas foram debatidos, como a

gestão dos recursos hídricos subterrâneos e combate à escassez hídrica; eventos extremos e redes de monitoramento; mudanças climáticas; planejamento urbano diante das ilhas de calor; cartas geotécnicas e zoneamento territorial; bases de dados e gestão territorial; e os desafios do Brasil até a COP 30. As palestras e mesas permitiram a conexão de diferen-

tes áreas do conhecimento gerando um rico debate sobre o tema. E quem quiser assistir o evento é só ir lá, no Youtube da FEBRAGEO.

GTD: Como o senhor avalia a participação do público-alvo, presencial e on-line?

Caiubi: O evento contou com grande participação presencial. Diversas autoridades, funcionários públicos, professores, estudantes, entre outros, participaram das palestras realizadas. Além disso, tivemos assistência de pessoas de 24 unidades federativas, abrangendo as cinco regiões do Brasil, contando ainda com palestrantes de quatro regiões do Brasil: Sul, Sudeste, Centro-oeste e Norte.

GTD: Houve avanços, ou mesmo demonstração de interesse, com relação à formação ou fortalecimento de parcerias? Em quais áreas de atividade?

Caiubi: Sim, com certeza esses espaços auxiliam





a criar diálogos entre pesquisadores, órgãos públicos e a sociedade civil. No evento foi discutida a importância das universidades para desenvolvimento de pesquisa, e do fortalecimento de órgãos e instituições para geração de uma memória técnica e de uma capacidade operacional para lidar com eventos extremos. Espera-se que sejam construídas parcerias relacionadas à gestão de áreas subterrâneas e ao desenvolvimento de ações voltadas à política de proteção e defesa civil.

GTD: E com relação à necessidade de criação/aperfeiçoamento de políticas públicas?

Caiubi: Duas dificuldades maiores foram identificadas e debatidas. A primeira delas é a pouca quantidade de informação existente em séries históricas e espacialidade dos dados, o que dificulta o desenvolvimento de análise sobre eventos. O segundo ponto é que embora as legislações obriguem a existência de inúmeros estudos e análises técnicas, em muitos estados os órgãos

públicos estão precarizados, com pessoal insuficiente, ou até mesmo sem equipes técnicas para desenvolvimento de políticas públicas relacionadas com a gestão hídrica ou com a política de proteção e defesa civil.

GTD: Que outras questões o senhor consideraria relevante acrescentar para que o leitor tenha uma compreensão abrangente da importância e dos saldos obtidos com a realização do evento?

Caiubi: Além de gerar diálogos, o evento também dá visibilidade ao tema. Durante a realização do XII GEO Políticas, diversas emissoras de televisão e sites abordaram as temáticas lá debatidas. Isso auxilia para que essas informações cheguem também à população em geral. Nós só conseguiremos desenvolver uma gestão territorial e hídrica adequada, se todos os setores e segmentos sociais entenderem os desafios postos. A FEBRAGEO, o GEO-CLUBE e a AGEMAT estão de parabéns por fomentar esse debate.





40 anos: Conectando Sustentabilidade e Quaternário

ABEQUA

Associação Brasileira de Estudos do Quaternário

XIX

CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO

40 anos:
Conectando Sustentabilidade
e Quaternário

07 à 13 de setembro de 2024 - Natal/RN



INSCRIÇÕES ABERTAS

Venha participar deste encontro único onde a ciência e a natureza se encontram para explorar o passado e moldar o futuro.



Jaciara
Rodrigues
Atendente

**ATENDIMENTO
ÁGIL E MULTICANAL.**

O CREA-RN TÁ MELHOR *pra você*

O CREA-RN ampliou os canais de comunicação para aumentar a conexão entre o conselho, os profissionais e a sociedade. Isso quer dizer mais agilidade nos serviços e consultas, além de permitir o atendimento em qualquer parte do estado. Escolha o seu canal preferido e, sempre que precisar, conte com o CREA.

CONFEDA
Conselho Federal de Engenharia
e Agronomia



CREA-RN
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Rio Grande do Norte



✉ atendimento@crea-rn.org.br | 🌐 crea-rn.org.br

📞 (84) 99128-3827 📞 (84) 4006-7200 | 📱 @crearn

DE PORTAS E BRAÇOS ABERTOS PARA VOCÊ



**PRIMEIRA
ANUIDADE**

R\$ **80**,00

*Por apenas R\$ 80 na primeira anuidade, a Mutua está de portas abertas para você, com benefícios para toda a família.
Venha ser um associado Mútua.*



CONFEA
Conselho Federal de Engenharia
e Agronomia



CREA
Conselhos Regionais de Engenharia
e Agronomia



mutua
Caixa de Assistência dos Profissionais do Crea

 mutua.com.br

 [mutuadeassistencia](https://www.linkedin.com/company/mutuadeassistencia)

 [@tvmutua](https://www.youtube.com/@tvmutua)

 [mutuadeassistencia](https://www.instagram.com/mutuadeassistencia)