



RADAR DE TENDÊNCIAS EM DESCARBONIZAÇÃO PARA A INDÚSTRIA DE ÓLEO E GÁS





Parceria IBP e BIP Consulting

A parceria entre o iUP IBP, Gerência de Análises Técnicas do IBP e a BIP Consulting representa uma união estratégica para impulsionar a inovação sustentável na indústria de Óleo e Gás.

O iUP, o hub de energia e inovação do IBP, é focado em promover a transição energética e a transformação digital no setor, reunindo empreendedores, multinacionais, universidades e demais players importantes, para conseguir fazer a diferença na sociedade e no planeta, apoiado pelos mantenedores BIP Consulting, Infotec, Ipiranga, Modec, Ocyan, Radix, Repsol Sinopec, SBM *Offshore*, Shell, Subsea 7, Total Energies e Vibra co.lab.

A BIP Consulting traz sua expertise em consultoria para apoiar o desenvolvimento de soluções avançadas e a implementação de estratégias que impulsionam a descarbonização e a eficiência operacional. Com mais de 20 anos de mercado, projetos em mais de 40 países e mais de 5 mil colaboradores, a BIP Consulting possui mais de 30 clientes globais do setor de O&G e, através de seu Centro de Excelência em Inovação e Sustentabilidade, vem apoiando o iUP desde a sua criação.

Vários frutos já foram gerados dessa parceria, como o planejamento estratégico do hub, o programa de inovação aberta Inovathon iUP, palestras e treinamentos temáticos na prática de inovação sustentável e, agora, culminando na produção do Radar de Tendências em Descarbonização para a Indústria de Óleo e Gás.

Juntos, BIP Consulting e iUP trabalham para moldar um futuro mais sustentável e inovador para a indústria de Óleo e Gás.



Carta para o Leitor BIP Consulting

Caro(a) Leitor(a), é com grande satisfação que apresentamos a você o nosso Radar de Tendências em Descarbonização para a Indústria de Óleo e Gás, um instrumento estratégico desenvolvido para orientar e apoiar as grandes empresas do setor em sua jornada rumo à sustentabilidade e à inovação. Em um mundo onde a pressão por práticas mais responsáveis e eficientes cresce a cada dia, sabemos que a transição para um modelo de baixo carbono não é apenas uma escolha, mas uma necessidade estratégica para garantir a competitividade e a longevidade do setor.

Neste Radar, compilamos as principais tendências, tecnologias emergentes e oportunidades que estão moldando o futuro da indústria de O&G, com um olhar atento às demandas por descarbonização e pelo alinhamento às metas globais de redução de emissões. Nossa análise detalha os caminhos mais promissores para a adoção de soluções que proporcionem vantagem competitiva em um mercado cada vez mais desafiador.

Ao longo desta publicação, você encontrará insights valiosos que poderão orientar suas decisões estratégicas, além de identificar parcerias estratégicas e áreas-chave onde o investimento em tecnologias de descarbonização pode gerar resultados tangíveis e duradouros. Estamos certos de que a transição para uma economia de baixo carbono oferece não apenas um futuro mais sustentável, mas também novas fronteiras de crescimento e inovação para a indústria de O&G.

Na BIP Consulting Brasil acreditamos que a inovação sustentável é o alicerce de uma estratégia de sucesso para o setor de O&G. Nossa abordagem combina expertise técnica com uma visão integrada das melhores práticas globais, ajudando nossos clientes a navegar pelas complexidades da transformação digital e ambiental. Temos o compromisso de transformar desafios em oportunidades, por meio de soluções customizadas que otimizam processos, reduzem custos e, acima de tudo, minimizam impactos ambientais.

Convidamos você a explorar este Radar com o olhar atento de quem busca transformar desafios em oportunidades. Na BIP Consulting Brasil, estamos prontos para caminhar ao seu lado, oferecendo a expertise e o suporte necessários para que sua empresa esteja na vanguarda dessa transformação.

Atenciosamente,

CRISTIANE MOURA

Líder do Centro de Excelência em Inovação & Sustentabilidade



**A gente diz
sim ao futuro.**

Carta para o Leitor IBP

O Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (IBP), como entidade representativa da indústria de petróleo e gás natural do Brasil, tem a missão de produzir conhecimentos acerca das atividades desenvolvidas em suas cadeias produtivas, acompanhando e analisando a evolução do setor no país.

O Brasil possui um dos maiores potenciais de geração de energia de baixo carbono do mundo, com um setor energético diversificado. A multiplicidade de fontes de energia fornece uma base ampla ao seu sistema, o que nos garante conhecimento e competências para orientar o processo global de transição energética.

Além disso, o setor de Óleo e Gás brasileiro possui vasta experiência na exploração e produção segura e eficiente dos recursos do país, garantindo a sustentação da segurança energética e apoiando a transição gradativa, ordenada e justa.

Desse modo, frente ao processo de transição energética global, é essencial ao IBP e à indústria compreenderem a trajetória de descarbonização da economia, o que engloba a identificação das novas tecnologias de geração de energia de baixo carbono, bem como as inovações para mitigar as emissões de CO₂ e ampliar a eficiência energética.

Assim, o desenvolvimento deste estudo pela BIP Consulting em parceria com o IBP, conduzido pela Gerência de Análises Técnicas e o iUP, seu hub de inovação, procurou elaborar um radar das temáticas mais relevantes para a descarbonização no setor de O&G, apontando as tendências tecnológicas e inovações mais destacadas para a indústria.

A iniciativa visa contribuir com o arcabouço de informações que permita às empresas, governos e pesquisadores interessados no setor energético, entender especificidades sobre as rotas tecnológicas do atual processo de evolução da energia. Esperamos que este estudo seja útil para entender as direções da inovação em prol da geração de uma energia mais sustentável.

Atenciosamente,

ROBERTO ARDENGHY

Presidente

Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (IBP)

Expediente

Presidente / CEO do IBP:

Roberto Furian Ardenghy

Diretora Executiva Corporativa IBP:

Claudia Rabello

BIP Consulting Group:

Cristiane Moura

Gabriela Lujan Brollo

iUP IBP / Gerência de Tecnologia e Inovação:

Melissa Fernandez

Gerência de Análises Técnicas do Setor de Óleo e Gás:

Isabella Costa

Aldren Vernersbach

Leonardo Lima

William Vitto

Parte 1

TEMÁTICAS DO RADAR

1. O futuro da indústria de óleo e gás e suas principais temáticas

Apesar da crescente tendência por práticas mais sustentáveis, em decorrência da transição energética, o consumo de derivados do petróleo aumentou nos últimos anos e tende a crescer no futuro próximo. Este aumento na demanda é, em grande parte, um reflexo da recuperação global pós-pandemia e deve continuar até 2030. Importante ressaltar que o crescimento da produção de petróleo é essencial para sustentar a segurança energética, dentro do contexto de transição energética para a descarbonização gradativa, ordenada e segura.

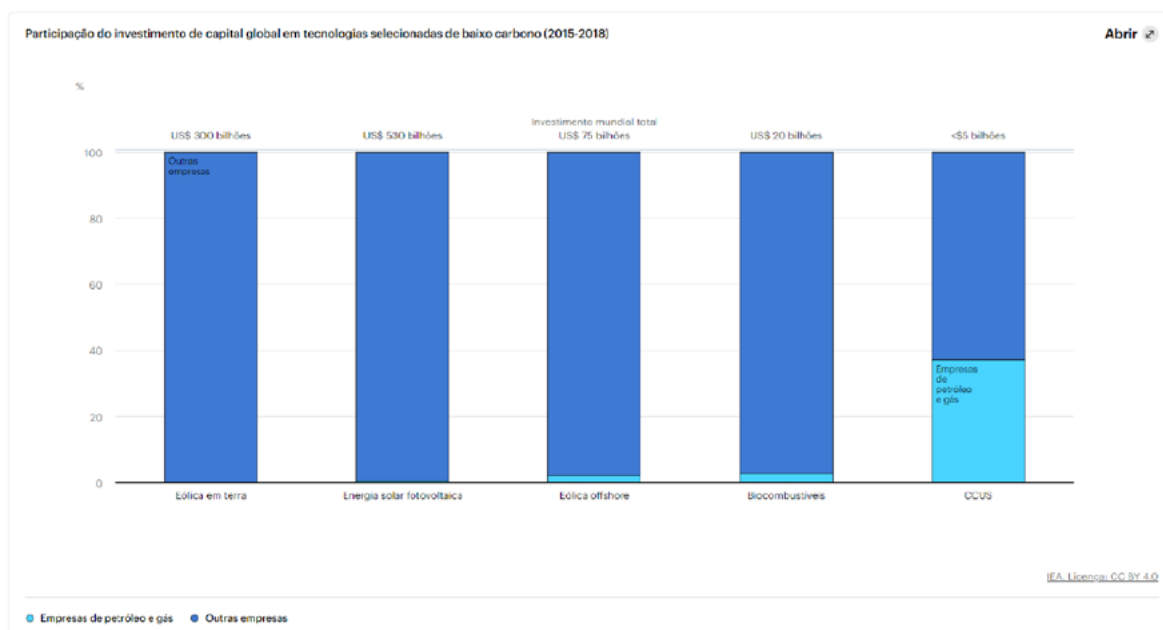
O Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (IBP) projeta que a produção de petróleo no Brasil continuará a crescer até a próxima década, alcançando 4,6 milhões de barris por dia. Esse crescimento será impulsionado por investimentos substanciais, que devem totalizar US\$ 173 bilhões entre 2024 e 2033.

Tais investimentos também deverão ter um impacto significativo na economia brasileira, com a estimativa de sustentar cerca de 350 mil postos de trabalho, diretos e indiretos, anualmente ao longo da próxima década.

No contexto da gradativa descarbonização da matriz energética, o Acordo de Paris, indica metas globais de neutralidade de carbono até 2050. Nesse cenário, nota-se uma crescente busca de alternativas para cumprir tais metas, fazendo com que as empresas do setor de O&G diversifiquem seu portfólio, incorporando tecnologias de baixo carbono, que possam ter sinergia com seu negócio principal.

Desse modo, a indústria de óleo e gás assumiu a responsabilidade de tornar as suas atividades cada vez mais sustentáveis, diversificar as opções de fontes de energia disponíveis e atrair profissionais com qualificações específicas para o setor. Sublinhe-se que, dado o grande potencial técnico e tecnológico e a boa disponibilidade de recursos financeiros, o setor apresenta boas condições de coordenar a evolução da matriz energética global.

De acordo com estudo realizado pela IEA (gráfico na página seguinte), o setor já vem investindo grandes recursos financeiros em algumas tecnologias sustentáveis, como, energia eólica *offshore*, biocombustíveis e a captura, armazenamento e uso de carbono (CCUS - *Carbon Capture, Utilization and Storage*).



Fonte: IEA, 2020.

O objetivo deste estudo é analisar as principais tendências tecnológicas no setor de óleo e gás, com um foco especial em sustentabilidade e inovação. As companhias do setor estão direcionando seus esforços para atender às crescentes demandas por descarbonização, implementando soluções que alinhem suas operações às exigências ambientais e às necessidades do mercado atual. Nesse contexto, foram identificadas cinco áreas temáticas que podem ajudar a indústria de O&G a se adaptar a essa nova realidade:

- I. Biocombustíveis;
- II. Eólicas *offshore*;
- III. Alteração de processos produtivos, de monitoramento e de máquinas (gêmeos digitais, eletrificação de plataformas *offshore*);
- IV. Captura, utilização e armazenamento de carbono (CCUS);
- V. Retenção e atração de talentos.

Essas temáticas serão detalhadas neste estudo, primeiramente, apresentando um panorama, com a trajetória de seu desenvolvimento. Em seguida, são analisados os dados do radar tecnológico, por meio de análises de artigos científicos, patentes e soluções comerciais voltados para a identificação de sinais e geração de tendências, buscando indicar os avanços em tecnologias promissoras para a descarbonização no setor de óleo e gás.

1.1. Biocombustíveis

Para promover a sustentabilidade, é preciso diversificar os combustíveis, explorando opções mais verdes e menos emissivas. O etanol, por exemplo, é uma alternativa de baixo carbono, com custo de produção competitivo. No entanto, muitos biocombustíveis, como, o biometano e o combustível sustentável de aviação (SAF), ainda estão no processo aprimoramento tecnológico para se tornarem mais competitivos financeiramente e viáveis para produção em larga escala.

- **Mundo:** Segundo dados da *Offshore Technology*, o combustível sustentável para aviação já é uma realidade no cenário global, sendo feito a partir de gordura animal, óleo de cozinha usado e outros resíduos coletados. Em abril de 2021, a TotalEnergies começou a produzir o SAF em sua biorrefinaria La Mède, no sul da França, e em suas instalações em Oudalla, perto de Le Havre. Desde então, o biocombustível de aviação é entregue nos aeroportos franceses, impulsionando a economia circular.
- **Brasil:** O país é líder global no campo dos biocombustíveis, com o etanol de cana e de milho servindo como alternativas significativas à gasolina. Essa tecnologia já é amplamente utilizada e continua a evoluir, ganhando destaque com o etanol de segunda geração e o combustível de aviação sustentável (SAF). Segundo dados do Banco do Nordeste, o Brasil é o segundo maior produtor mundial de etanol, contribuindo com 27,5% do volume global em 2021. Além disso, a empresa 3DI, de Foz do Iguaçu, desenvolveu uma biorrefinaria para transformar biogás bruto em biometano, que é equivalente ao gás natural.

1.2. Eólica *Offshore*

Várias empresas de O&G já estabeleceram parques de geração de energia renovável, incluindo energia eólica e solar, aumentando a sua presença no setor de geração e transmissão de energia. O vasto conhecimento que o setor de O&G possui em operações *offshore* e o enorme potencial de geração energética da tecnologia eólica *offshore*, tem tornado a exploração deste tipo de energia uma forte tendência. Um estudo da Universidade Robert Gordon, no Reino Unido, identificou que cerca de 90% da mão-de-obra da indústria de O&G teria capacidade, de média a alta, na transferência de habilidades e conhecimentos para o setor de energias *offshore*.

- **Mundo:** Dados da Bloomberg mostram que, no cenário global, a energia *offshore* já é utilizada para abastecer plataformas da empresa norueguesa Equinor, que inaugurou um parque eólico (Hywind Tampen) capaz de fornecer energia para cinco plataformas de O&G operadas pela empresa. Além disso, Shell e TotalEnergies também estão investindo em um dos maiores parques eólicos *offshore* flutuante do mundo.
- **Brasil:** O país ainda não possui nenhum parque de geração eólica *offshore* em seu território. Porém, diversas empresas (inclusive do setor de O&G) já manifestam interesse em investir na construção destes parques. O Brasil possui cerca de 190 GW de projetos eólicos *offshore* em licenciamento divididos em 78 projetos. Parte das empresas que realizaram este licenciamento são da própria indústria, como a Shell, Equinor e TotalEnergies.

1.3. Alteração de processos produtivos, de monitoramento e de máquinas

O setor de O&G também pode explorar ações e alterações com potencial de auxiliar no processo de descarbonização e promover mais sustentabilidade para as empresas e sua cadeia produtiva. O setor já tem se empenhado em alcançar maior maturidade na transformação digital, com o objetivo de aumentar a eficiência, confiabilidade e segurança. Essa estratégia pode ser igualmente direcionada para o desenvolvimento de tecnologias e alternativas que possam reduzir suas emissões de GEE. Dentre essas ações, destacam-se gêmeos digitais, eletrificação de eólicas *offshore*, Mitigação de Metano e Monitoramento & Detecção de Vazamentos de Metano, Minimização de Queima de Gás (Zero Routine Flaring), Turbinas a Gás de Ciclo Combinado com Captura de Carbono (CCGT) Captura, utilização e armazenamento de carbono (CCUS).

1.3.1. Gêmeos Digitais

Na era da transformação digital, os gêmeos digitais estão surgindo como uma ferramenta poderosa para os desafios do setor de O&G, no gerenciamento de ativos, na otimização do desempenho e na redução de custos operacionais e do tempo de inatividade não planejado.

Um gêmeo digital é uma representação virtual dinâmica de um objeto ou sistema físico que simula seu comportamento em tempo real. Ao integrar dados operacionais em tempo real, informações históricas e algoritmos avançados em um modelo digital completo, o gêmeo digital pode prever o comportamento futuro, aprimorar a eficiência operacional e proporcionar insights sem precedentes sobre o comportamento do objeto real correspondente. No campo da exploração, os gêmeos digitais têm o potencial de revolucionar a abordagem das empresas na busca por novas reservas de recursos petrolíferos.

- **Mundo:** Um exemplo do uso de sucesso de gêmeos digitais na indústria de O&G é a empresa Chevron, que explora essa tecnologia para diversos fins, como: fornecer aos trabalhadores acesso rápido e remoto aos dados, auxiliando a simplificar os processos de trabalho; gerar insights e diagnosticar problemas; ajudar a monitorar e otimizar equipamentos. Isso ajuda os engenheiros a prever o estado futuro das instalações e a se ajustar para melhorar o desempenho das operações.
- **Brasil:** A Petrobras utiliza gêmeos digitais para criar versões digitais de refinarias, simulando cenários diversos antes de sua implementação prática. Assim, foram gerados ganhos de rentabilidade e otimização que já representaram mais de US\$ 200 milhões em um único ano.

1.3.2. Eletrificação de Plataformas *Offshore*

A substituição de equipamentos e maquinários movidos a combustão por alternativas com motores elétricos representa uma adaptação drástica em qualquer operação industrial e logística. Além da troca do ativo, este processo possui o desafio de disponibilidade da energia elétrica, preferencialmente gerada por fontes renováveis. No caso de operações *offshore*, a distância entre as fontes energéticas onshore e os ativos em alto mar representam um obstáculo adicional a ser superado pelo setor de O&G.

- **Mundo:** Na Noruega, estudos mostram que se todas as plataformas forem eletrificadas, a redução na emissão de CO₂ pode chegar até 84% no país. Contudo, as fontes renováveis mais estudadas pelas companhias se limitam a energia solar e eólica *offshore*, por serem tecnologias mais conhecidas, apesar de alguns estudos terem concluído que a energia das ondas também pode ser uma fonte viável.
- **Brasil:** A Petrobras está conduzindo testes de desempenho de um inovador modelo de tecnologia eólica *offshore*, pioneiro no Brasil, em colaboração com a USP e UFRJ. Em escala real, cada sistema flutuante terá uma capacidade de até 15 MW, representando entre 10% e 30% da energia elétrica necessária para alimentar uma plataforma de exploração no pré-sal.

1.3.3. Mitigação de Metano e Monitoramento & Detecção de Vazamentos de Metano

O metano (CH₄) é o principal componente do gás natural, representando pelo menos 70% de sua composição química, além de outros hidrocarbonetos como etano e propano. Durante a extração,

processamento e transporte de gás natural, vazamentos de metano podem ocorrer, representando uma preocupação ambiental significativa, já que o metano é um gás de efeito estufa extremamente potente, com um potencial de aquecimento global aproximadamente 28-36 vezes maior que o do dióxido de carbono.

Portanto, vazamentos de metano e suas conseqüentes emissões "fugitivas" têm um impacto desproporcional no aquecimento global. O monitoramento, detecção e mitigação desses vazamentos têm o potencial de evitar até 75% das emissões de metano pelo setor de O&G.

- **Mundo:** A tecnologia do Satélite MethaneSAT pode contribuir com o avanço na regulação de emissões de metano e vazamentos na Indústria de Petróleo e Gás. A existência de estrutura de computação e inteligência artificial (IA) para processar dados de emissões de metano com o satélite MethaneSAT tem como objetivo rastrear as emissões e auxiliar na construção de um mapa global de infraestrutura sobre o petróleo, gás e possíveis vazamentos, além de calcular volume de emissões, origem e como se alteram. Assim, o satélite é uma ferramenta para regulamentação da implementação de taxas financeiras para lidar com vazamentos.
- **Brasil:** No cenário nacional, a tecnologia ainda é incipiente, entretanto, a empresa francesa Gozomat com atuação no Brasil fornece uma tecnologia a laser para detectar vazamentos de metano. A unidade de detecção GAZPOD usa a tecnologia de espectroscopia a laser comprovada do GAZOMAT™ INSPECTRA®, um dispositivo com 20 anos de confiabilidade comprovada na detecção de vazamento de gás natural até uma precisão de 1ppm. O INSPECTRA® é um instrumento portátil de espectroscopia a laser, altamente sensível, que oferece todas as vantagens da detecção óptica em um dispositivo compacto, com medidas precisas e confiáveis durante a detecção de vazamento de metano.

1.3.4. Minimização de Queima de Gás (*Zero Routine Flaring*)

A queima de gás na indústria de O&G é um procedimento usado para eliminar componentes gasosos excedentes extraídos/produzidos na cadeia produtiva do petróleo que não são considerados comercialmente viáveis (essa queima é realizada como alternativa de destinação mais rentável desses insumos). Hoje, existem diversas soluções para evitar esta prática altamente emissiva, podendo impactar cerca de 95% das emissões resultantes, porém, ainda com custos pouco competitivos.

- **Mundo:** Estão surgindo diversas iniciativas de utilização de sistemas para Recuperação de Gases Residuais e Redução de Emissões na Indústria, minimizando a queima e contribuindo para redução do impacto ambiental, como os sistemas FGR (Flare Gas Recovery) da empresa americana ZEECO, que são integrados aos sistemas de chamas para recuperar gases residuais que, de outra forma, seriam queimados. Os gases recuperados podem ser utilizados como gás combustível em outras partes da instalação, reduzindo ainda mais as emissões e os custos do processo.
- **Brasil:** No cenário nacional, destaca-se o sistema de segurança de tochas nas unidades de processamento de gás da Petrobras, com redução significativa na queima de gás natural, resultando na diminuição de 78% na taxa de queima de gás natural entre 2017 e 2023.

1.3.5. Turbinas a Gás de Ciclo Combinado com Captura de Carbono (CCGT)

Essa tecnologia combina turbinas a gás e a vapor para aumentar a eficiência energética, permitindo a conversão de maior proporção do combustível em eletricidade. Esse processo é dividido em duas fases: a primeira envolve a queima de gás natural em uma turbina a gás, gerando eletricidade e calor; a segunda, utiliza o calor residual para produzir vapor que, por sua vez, gera mais eletricidade em uma turbina a vapor, além de melhorar a eficiência operacional e reduzir a pegada de carbono. Por isso, a implementação de CCGT pode ser uma aliada ao cumprimento de metas de sustentabilidade do setor de O&G.

- **Brasil:** No Brasil, a GE anunciou que recebeu um segundo pedido para fornecimento da sua tecnologia de turbina a gás de ciclo combinado para a Eneva, a maior operadora privada de gás natural do Brasil, que está contando com a avançada tecnologia de ciclo combinado HA da GE para expandir a usina de Azulão II e apoiar a transição energética no Brasil, conforme consta em notícia do Canal Energia.

1.3.6. Captura, utilização e armazenamento de carbono (CCUS)

A tecnologia de Captura, Utilização e Armazenamento de Carbono (CCUS) representa um avanço significativo para tentar conter as mudanças climáticas, sendo essencial para a transição energética. O CCUS envolve a captura de CO₂ de fontes industriais e de energia, o transporte seguro deste gás e sua subsequente utilização em processos que geram valor ou o seu armazenamento em formações geológicas profundas. Os processos de extração e refino do O&G geram grande quantidade de gases de efeito estufa. Para evitar esta emissão, o setor busca criar alternativas para capturar esses gases emitidos, assim como formas de armazená-los ou utilizá-los.

- **Mundo:**

- Em seu site institucional, a Chevron informa ser investidor em 20% do projeto Quest CCS em Alberta, Canadá. Esse é o primeiro projeto de CCS em escala comercial do mundo para abordar as emissões de carbono nas areias petrolíferas canadenses. Após seu primeiro ano, reduziu as emissões em aproximadamente 1 milhão de toneladas/ano.
- Divulgações institucionais da Shell destacam o seu projeto Gorgon. Os campos de gás de Gorgon e Jansz na Bacia de Carnarvon entre 130 a 200 km da costa noroeste da Austrália incluem a construção de uma planta de Gás Natural Liquefeito (GNL) de 15,6 milhões de toneladas por ano (MTPA) em Barrow Island e uma planta de gás doméstico com capacidade para fornecer 300 terajoules por dia à Austrália Ocidental. Os participantes da joint venture são a Chevron (operadora), Shell, ExxonMobil, Osaka Gas, Tokyo Gas e JERA.
- A Exxon Mobil divulgou a aquisição da Denbury Inc, expandindo significativamente sua rede de captura e armazenamento de CO₂ nos EUA. A empresa tem agora potencial para reduzir as emissões em mais de 100 milhões de toneladas métricas por ano.

- **Brasil:**

- No âmbito nacional, podemos observar avanços sustentáveis nas indústrias da Petrobras e Braskem, que lideram iniciativas de Captura e Utilização de Carbono. A Petrobras possui 21 plataformas com tecnologia de captura, utilização e armazenamento de carbono.

no, pretendendo ampliar para 28 até 2025. O sistema capta parte dos gases gerados no processo produtivo das plataformas e é reinjetado nas estruturas geológicas, de onde o próprio petróleo é extraído.

→ Conforme informado no Mapa da Inovação no Brasil, o primeiro projeto da América Latina para remover gases de efeito estufa do ar está sendo desenvolvido na PUC-RS. O primeiro reator instalado tem capacidade de remover 15 toneladas de CO₂ por ano e funciona como um filtro. Depois de capturado, o gás pode ser injetado em rochas basálticas ou utilizado como matéria-prima para, juntamente com reações químicas, dar origem a um mineral ou produtos de baixa intensidade de carbono. Além do armazenamento, o projeto conta também com a utilização dos gases para aumentar a pressão dos reservatórios, que tende a diminuir com a redução do volume do reservatório e, conseqüentemente, reduz a eficiência da extração de insumos petrolíferos.

→ Outro caso no Brasil é o da Braskem, que anunciou projeto desenvolvido em parceria com pesquisadores da Universidade de Illinois em Chicago para a produção sustentável de plástico a partir da captura e utilização de CO₂.

Após caracterizar as temáticas mais relevantes para o setor de O&G na transição energética e apresentar ações importantes na evolução dessa transformação, a seção a seguir investiga por meio do radar tecnológico a geração de tendências nessas temáticas, tendo como base a produção de artigos científicos, patentes e soluções comerciais.

Parte 2

DADOS E RESULTADOS DO RADAR

A partir das temáticas apresentadas, nesta segunda parte do estudo, será explorado o radar tecnológico, por meio de análises de artigos científicos, patentes e soluções comerciais (*startups* e empresas) voltados para a identificação de sinais e geração de tendências que impulsionem o setor em inovação, sustentabilidade ambiental e transição energética.

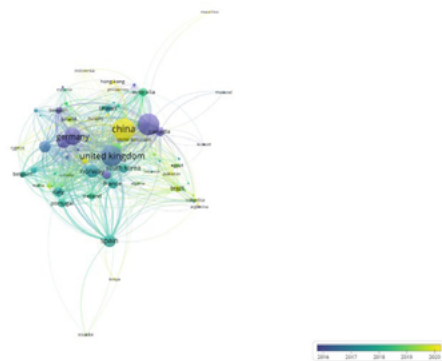
2.1. Tendências Identificadas em Artigos Científicos

Ao todo, foram encontrados mais de 48 mil artigos científicos publicados globalmente em todas as temáticas analisadas neste radar. A temática de Eólica *Offshore* possui o maior número de publicações (14.278), seguida de CCUS (4.155), Turbinas a Gás de Ciclo Combinado com Captura de Carbono (720), Gêmeos Digitais com aplicação em O&G (362), Mitigação de Metano e Monitoramento e Detecção de Vazamentos de Metano (226), Combustíveis Sintéticos e Reciclagem de Carbono (119), Eletrificação de Plataformas *Offshore* (43), e, por fim, Minimização de Queima de Gás (37).

Distribuição geográfica das publicações e interrelação entre os países

Gêmeas Digitais

Eólicas *Offshore*

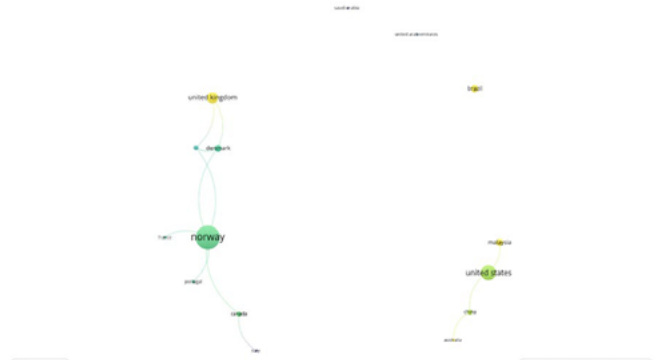


Distribuição geográfica das publicações e interrelação entre os países

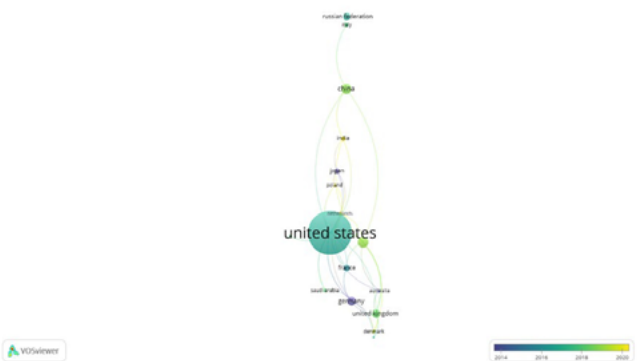
Combustíveis Sintéticos e Reciclagem de Carbono



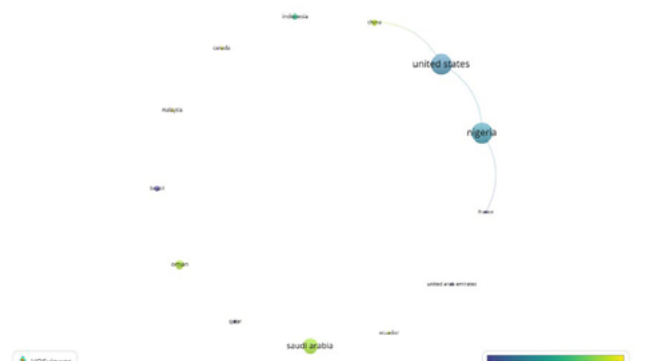
Eletrificação de Plataformas Offshore



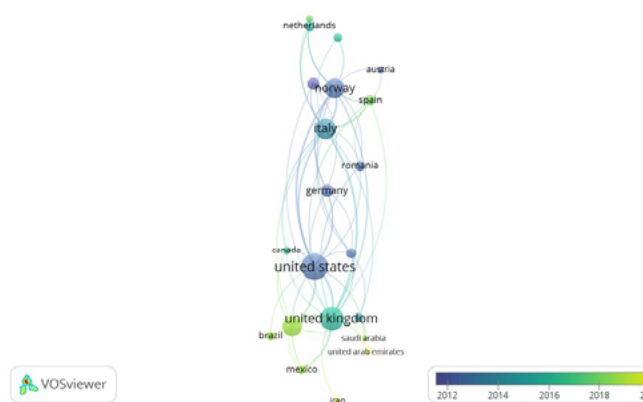
Mitigação de Metano e Monitoramento e Detecção de Vazamentos de Metano



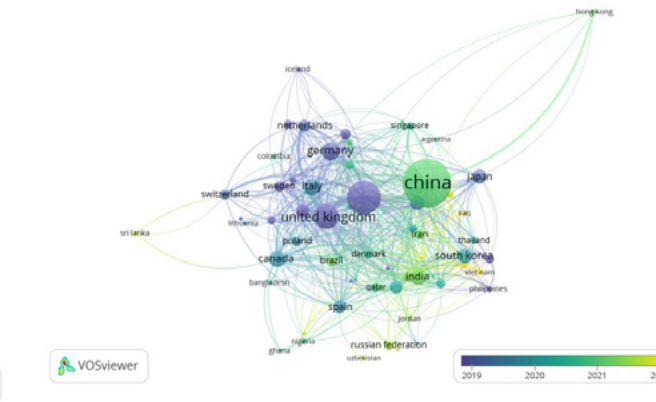
Minimização de Queima de Gás



Turbinas a Gás de Ciclo Combinado com Captura de Carbono



Captura, Utilização e Armazenamento de Carbono



Os sinais identificados a partir da análise de artigos científicos publicados nas temáticas de descarbonização do setor de O&G revelam que:

→ China e Estados Unidos são líderes no ranking de publicações em praticamente todas as temáticas analisadas, seguidos por Alemanha e Reino Unido, refletindo forte capacidade de inovação e desenvolvimento tecnológico em descarbonização desses países. Notavelmente, a China demonstra maior crescimento recente na produção de conhecimento científico quando comparada aos demais players, com picos de publicação atuais (por volta dos últimos 2 a 4 anos) em diversas temáticas.

→ O Brasil é destaque na publicação de artigos em Eletrificação de Plataformas *Offshore* (4º país que mais publica sobre o tema no mundo), contribuindo de forma mais discreta com outras temáticas, como, CCUS, Turbina a Gás de Ciclo Combinado com Captura de Carbono, Minimização de Queima de Gás, Energia Eólica *Offshore* e Gêmeos Digitais. Em várias das temáticas analisadas, o Brasil demonstra não possuir parcerias internacionais robustas em pesquisa, com exceção dos EUA, com quem possui forte ligação na produção de artigos em Turbina a Gás de Ciclo Combinado com Captura de Carbono.

→ Dentre as 50 instituições mapeadas (universidades e corporações) que mais publicaram artigos científicos no mundo nas temáticas analisadas, a China lidera absoluta, tendo 17 aparições, com destaque nas temáticas de CCUS, Eólica *Offshore* e Minimização da queima de gás, sendo principalmente representada pela University of Chinese Academy of Sciences. Em segundo lugar, estão os EUA com 11 aparições, sendo destaque nas publicações sobre combustíveis sintéticos. Duas multinacionais destacam-se como produtoras de artigos na temática de gêmeos digitais, a Halliburton e a Schlumberger.

→ A produção de artigos em Eletrificação de Plataformas *Offshore* é liderada pelo Brasil, com destaque para a Universidade de São Paulo (USP), Universidade Federal do ABC (UFABC) e a empresa Repsol Sinopec.

O conhecimento produzido globalmente na forma de artigos científicos com foco na descarbonização da indústria de O&G revela os pontos-chave do potencial de desenvolvimento do setor:

→ A aplicação de CCUS em operações de O&G é tratada sob diversos aspectos da cadeia de valor, desde a melhoria da recuperação de hidrocarbonetos com injeção de carbono em poços (levando ao armazenamento do carbono como consequência do processo) até a abordagem da captura de carbono como instrumento da comercialização de créditos de carbono pelo setor.

→ A intrínseca relação da captura de carbono com a P&D de Turbinas a gás de ciclo combinado e práticas de Minimização de queima de gás, evidencia a sinergia entre eficiência energética e descarbonização, revelando a tendência de desenvolvimento de processos industriais cada vez mais eficientes do ponto de vista energético (o que contribui para a minimização da geração de GEE) combinados com CCUS (remoção dos GEE remanescentes, gerados de forma inerente às operações). Nesse sentido, destaca-se o estudo dos fenômenos associados à termoquímica de gases e sua aplicação prática em processos de combustão e manipulação físico-química (separação e síntese de compostos) para captura e armazenamento de CO₂ e outros elementos de interesse comercial.

→ Representando uma forte aliada na redução de desperdício de recursos petrolíferos e mitigação de emissões de GEE, está a P&D voltada ao monitoramento, detecção e mitigação de vazamentos de metano, com destaque para as técnicas de detecção/monitoramento de vazamentos (sensores químicos e ópticos, veículos aéreos, dispositivos infravermelhos e uso de robótica), assim como o desenvolvimento de operações corretivas de vazamentos detectados.

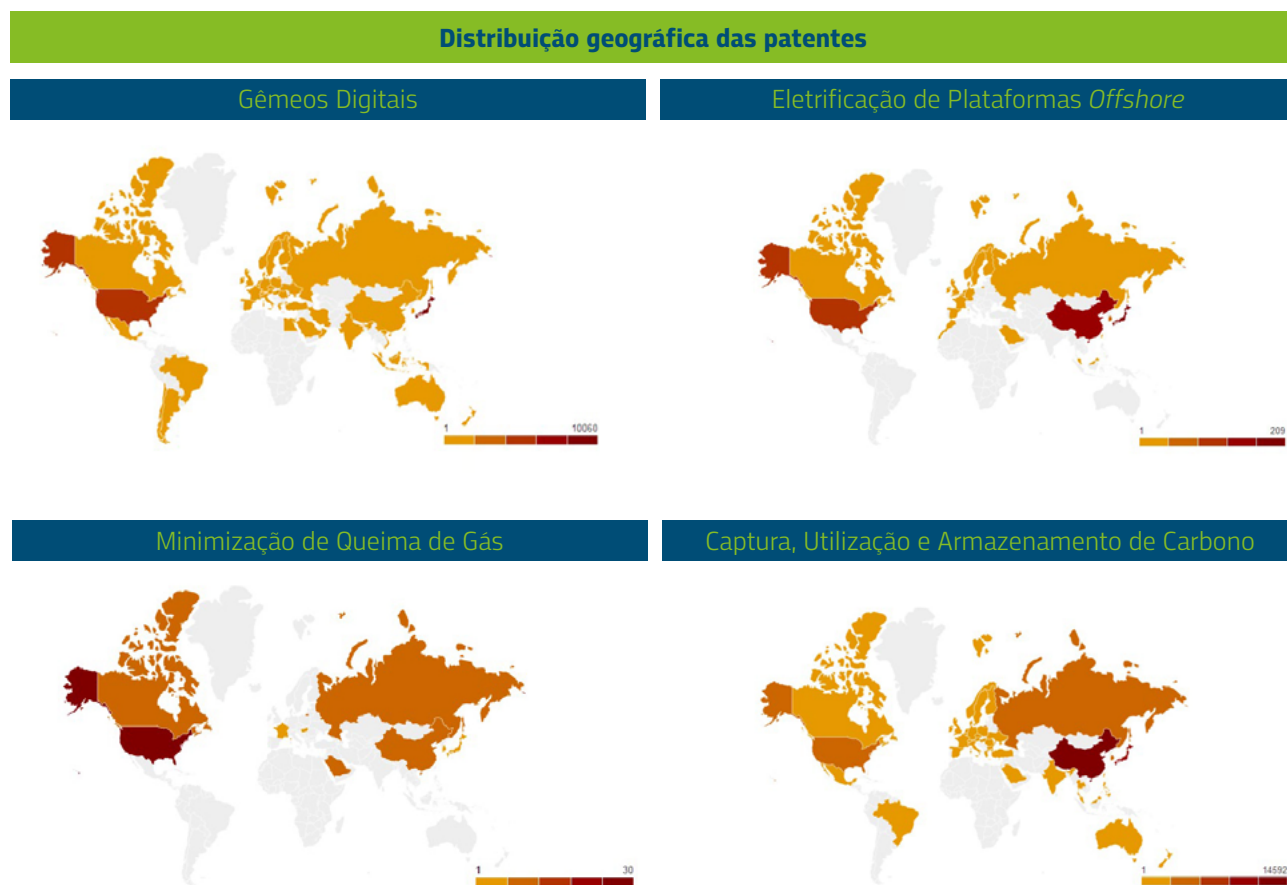
→ Os esforços em P&D nas iniciativas de Eletrificação de Plataformas *Offshore*, utilizando como fonte a energia limpa produzida por turbinas eólicas *offshore*, evidenciam um desafio complexo

em termos de viabilidade econômica e escalonamento de tecnologias, que reflete a necessidade de uma abordagem multidisciplinar integrada e colaborativa de desenvolvimento em diversas áreas do conhecimento, como, a tecnologia das turbinas, a implementação de parques eólicos em alto mar, a transmissão de energia entre esses parques e as plataformas e a adaptação infraestrutural dos ativos para suportar a eletrificação e a transição energética.

→ Por fim, é evidenciada a multifuncionalidade da aplicação de gêmeos digitais ao longo da cadeia de valor do setor de O&G, destacando a tecnologia como ferramenta poderosa na tomada de decisões sobre os ativos do setor, abrangendo diversos campos de interesse, como, o gerenciamento de reservatórios, simulação de operações (perfuração de enchimento de poços, furos de sondagem, inspeção de poços e escoamento dos fluidos no interior dos dutos), cybersegurança, shutdown de plantas, manutenção (análise e detecção de falhas) e monitoramento de ativos. Tem papel crucial na P&D de gêmeos digitais a aplicação assertiva da ciência de dados para interpretação de simulações em tempo real, otimização de processos e análise de riscos, com destaque para o aprendizado de máquinas (algoritmos, anomalias, análise de sensibilidade etc.). É destacado também o papel de gêmeos digitais na digitalização e automação do setor de O&G rumo à indústria 4.0.

2.2. Tendências Identificadas em Patentes

Ao todo, foram encontradas mais de 180 mil patentes depositadas globalmente em todas as temáticas analisadas neste radar. A temática CCUS possui o maior número de patentes depositadas (77.383), seguida de Mitigação de Metano e Monitoramento e Detecção de Vazamentos de Metano (44.200), Gêmeos Digitais (20.904), Eólica *Offshore* (14.659), Turbinas a Gás de Ciclo Combinado com Captura de Carbono (6.490), Eletrificação de Plataformas *Offshore* (793), Combustíveis Sintéticos e Reciclagem de Carbono (439), e Minimização de Queima de Gás (79).



Os sinais identificados a partir da análise de patentes depositadas nas temáticas de descarbonização do setor de O&G revelam que:

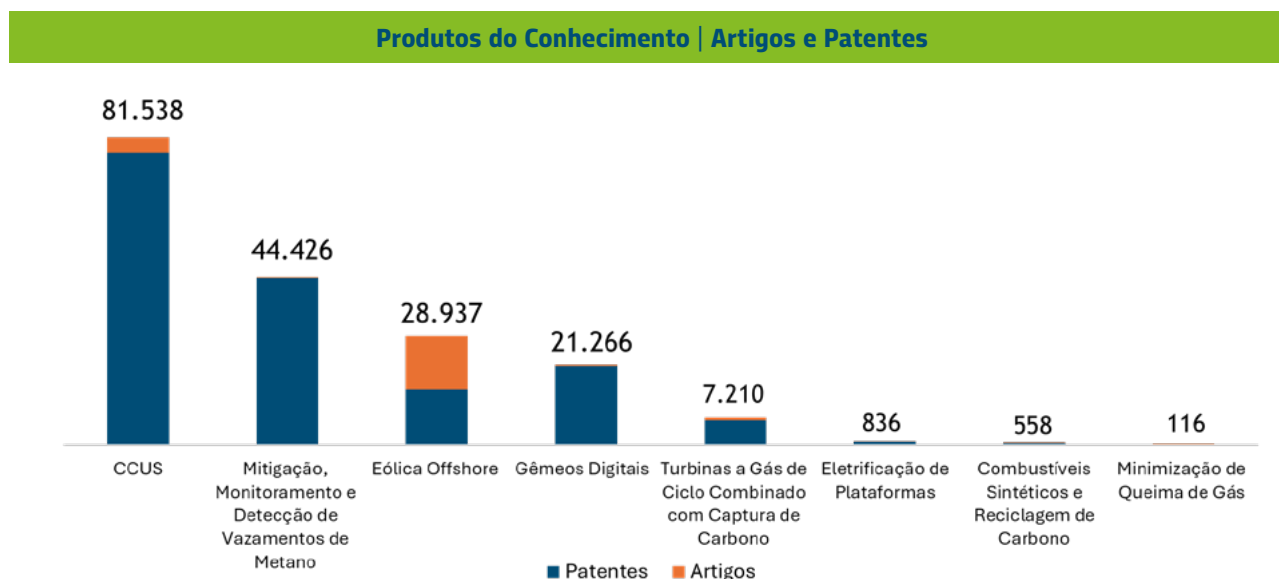
- China, Estados Unidos, Alemanha e Japão são líderes no ranking de depositantes em praticamente todas as temáticas analisadas, seguidos por Canadá e Coreia do Sul, refletindo forte capacidade de inovação e desenvolvimento tecnológico em descarbonização desses países.
- O Brasil se destaca como depositante nas temáticas de Mitigação de Metano e Monitoramento e Detecção de Vazamentos de Metano (com mais de 50 patentes depositadas), CCUS (mais de 20 patentes) e Gêmeos Digitais (mais de 20 patentes).
- As universidades chinesas lideram absolutas na produção de patentes, representando 38 dos 48 maiores depositantes globais. Os EUA destacam-se na produção de patentes em Gêmeos Digitais, sendo 5 universidades americanas (lideradas pelo MIT) as maiores depositantes no tema.
- No Brasil, têm destaque na produção de patentes a Universidade de São Paulo (USP), Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Universidade Federal de Viçosa (UFV) e a Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG).
- A instituição King Fahd University of Petroleum and Minerals da Arábia Saudita é destaque em duas temáticas do radar: Combustíveis Sintéticos e Reciclagem de Carbono e Eletrificação de Plataformas *Offshore*. A instituição russa Siberian State Industrial University aparece como destaque na Minimização de Queima de Gás.
- As corporações japonesas também lideram parte do depósito de patentes, principalmente nas temáticas de Gêmeos Digitais, CCUS, Mitigação de Vazamento de Metano e Turbina a Gás com ciclo combinado, representando 19 dos 50 maiores depositantes globais. Destacam-se empresas como Fujifilm, Mitsubishi, Canon e Kao.
- Os EUA também contribuem com patentes em Minimização de Queima de Gás e Combustíveis Sintéticos, sendo representados por empresas como Exxonmobil, Philips, Texaco, General Electric e Kodak. Já a China é líder na temática de Eólica *Offshore*, representada pelas empresas Powerchina Huadong Engineering, China Huaneng Group, China Three Gorges Corporation, CCCC Third Harbor Engineering e Shanghai Investigation Design & Research Institute.
- Com menor destaque também aparecem grandes multinacionais como Siemens, Basf e Bayer (Alemanha), Novartis (Suíça) e Air Liquid (França).
- No âmbito nacional, a Petrobras lidera a produção de patentes, seguida de empresas como Vale, Embraer, Braskem, Klabin, Bosch e NeoGás.
- Existe uma tendência cronológica geral de crescimento da produção de patentes em todas as temáticas analisadas, sendo que algumas tecnologias encontram-se em nível mais alto de maturidade, enquanto outras podem ser consideradas ainda em movimento ascendente de desenvolvimento tecnológico.

As tecnologias desenvolvidas na forma de patentes com foco na descarbonização da indústria de O&G evidenciam os seguintes pontos-chave:

- O desenvolvimento de soluções têm uma relação direta com a otimização das reações químicas existentes nos diversos processos de captura e conversão de CO² e H² em produtos utilizáveis, como, combustíveis sintéticos e produtos químicos. Nesse sentido, catalisadores avançados são desenvolvidos para melhorar a eficiência e a eficácia desses processos.
- Tem destaque o desenvolvimento de novos materiais, com propriedades físicas, químicas e mecânicas otimizadas para os ambientes envolvidos nos processos de descarbonização, em que são necessárias resistência à corrosão e às altas pressões e temperaturas.
- A busca pelo aumento da eficiência energética dos processos é evidente com o desenvolvimento de trocadores de calor (tanto para recuperação de calor como para refrigeração), desenvolvimento de motores elétricos ou movidos a biocombustíveis cada vez mais potentes, baterias avançadas e sistemas de armazenamento de energia para suportar a eletrificação.
- A instrumentação revelou ser uma área chave de impulsionamento das temáticas analisadas, destacando-se duas vertentes, automação e monitoramento, permitindo uma gestão mais eficiente e precisa das operações de descarbonização e eletrificação.
- Modelos de simulação e gêmeos digitais para testar e implementar tecnologias de eletrificação e descarbonização, bem como o uso de inteligência artificial e aprendizado de máquinas são utilizados para otimizar processos, gestão de frotas, prever e monitorar emissões e desenvolver novas estratégias de descarbonização.
- A engenharia civil também aparece destacada em algumas temáticas (Eólica *Offshore*, Eletrificação de Plataformas e Minimização da Queima de Gás) no que tange à adaptação infraestrutural para comportar e integrar novas tecnologias de descarbonização e eletrificação, assim como o desenvolvimento de instalações de armazenamento geológico de CO₂.

2.3. Consolidação da Produção Global de Conhecimento em Descarbonização com foco em O&G

Além dos sinais já discutidos nas seções anteriores, a quantidade de artigos científicos e patentes relacionadas às tecnologias de descarbonização no setor de O&G oferece uma perspectiva valiosa sobre o nível de maturidade e a atualidade dessas tecnologias. O gráfico abaixo mostra uma análise comparativa entre os produtos do conhecimento encontrados para cada temática.



A temática de CCUS é a que contém o maior número de produtos do conhecimento, com 81.538 soluções (77.383 patentes e 4.155 artigos científicos). A quantidade relativamente maior de patentes em comparação a artigos científicos demonstra a prioridade de aplicação prática das tecnologias associadas a este tópico, havendo a necessidade de atingimento rápido da maturidade tecnológica, sem um longo desenvolvimento científico prévio. Além disso, este resultado sugere um intenso investimento em PD&I na temática e preocupação com a proteção intelectual dos resultados por parte das empresas, demonstrando alta competitividade do mercado. Esse comportamento indica um potencial de evolução acelerada desta temática, rumo a soluções cada vez mais escaláveis e financeiramente viáveis.

Em seguida, tem-se as 44.426 soluções encontradas para Mitigação de Metano e Monitoramento e Detecção de Vazamentos de Metano, sendo 44.200 patentes e 226 artigos científicos. Similar ao comportamento analisado para CCUS, o alto número de patentes em comparação com artigos científicos indica um forte foco em inovação prática e desenvolvimento de soluções aplicáveis, com interesse de proteção da PI envolvida. Por ser uma temática com nicho praticamente restrito ao setor de O&G, sua evolução tecnológica tende a ser orientada à resolução de problemas práticos em campo nas operações de O&G. Porém, oportunidades de adaptação dessas tecnologias para outros desafios de vazamento de fluidos podem surgir e expandir o interesse dessas soluções para outros mercados, representando uma oportunidade comercial aos detentores dessas soluções.

A exploração recente de Combustíveis Sintéticos e Reciclagem de Carbono pode ser uma das causas do número ainda discreto de soluções encontradas (558), a maioria sendo patentes (439), seguidas de artigos (119). Este resultado indica que a PD&I na temática é emergente, mas já demonstra movimentação prioritária rumo a soluções aplicáveis e uma corrida comercial de proteção de PI, antevendo a potencial competitividade desses combustíveis como alternativas em descarbonização, ao lado do hidrogênio e amônia.

A energia Eólica *Offshore* apresenta 28.937 soluções, com equilíbrio evidente entre os diferentes produtos do conhecimento (14.659 patentes e 14.278 artigos). A maturidade já consolidada das tecnologias associadas à energia eólica permitiu o desenvolvimento de um ecossistema (acadêmico e corporativo) robusto de PD&I nesta temática ao longo do tempo, sendo parte do know-how e esforço dessas instituições recentemente transferido para a adaptação destas tecnologias ao ambiente *offshore*. Este contexto indica que os players em eólica *offshore* tendem a se manter os mesmos, já experts em eólica convencional, esperando-se inovações incrementais nas tecnologias vigentes, com foco em necessidades específicas de aprimoramento.

Das 21.266 soluções encontradas para Gêmeos Digitais focadas em O&G, 20.904 são patentes e apenas 362 são artigos científicos. O investimento frequente em infraestrutura computacional de ponta e know-how extremamente especializado em tecnologias digitais, necessários à PD&I em Gêmeos Digitais, pode ser uma das causas do alto nível de proteção de PI destas soluções (na forma de patentes oriundas de corporações e grandes instituições de tecnologia e inovação), em contrapartida ao baixo potencial de seu desenvolvimento em instituições acadêmicas (artigos), geralmente com menor acesso a recursos e com investimentos menos frequentes em modernização de equipamentos e infraestrutura.

Assim como discutido para outras temáticas de interesse deste radar, esse comportamento demonstra alta competitividade do mercado e indica um potencial de evolução acelerada desta temática, sobretudo considerando o avanço crescente da capacidade computacional (rumo à viabilização da computação quântica), com possibilidades de simulação cada vez mais complexas e

precisas, gerando enorme valor na tomada de decisão do gerenciamento de ativos e investimentos no setor de O&G.

As temáticas de Turbinas a Gás de Ciclo Combinado com Captura de Carbono (com 7.210 soluções, sendo 6.490 patentes e 720 artigos) e Minimização de Queima de Gás (116 soluções, com 79 patentes e 37 artigos) contribuem com uma quantidade discreta de produtos do conhecimento. A aplicação prática voltada à eficiência energética de operações industriais é a possível causa do maior número de patentes em relação aos artigos científicos dessas tecnologias. Sendo de interesse restrito de poucos setores industriais (em especial O&G) e representando áreas com desafios predominantemente técnicos, a evolução tecnológica dessas temáticas tende a ser mais lenta e orientadas à resolução de problemas práticos em campo das operações em que são implementadas. Porém, oportunidades de adaptação dessas tecnologias para desafios de outros setores podem surgir e expandir o interesse dessas soluções para outros mercados, representando uma oportunidade comercial aos detentores dessas soluções.

Por fim, vê-se discreta produção de conhecimento em Eletrificação de Plataformas *Offshore*, com 836 soluções, a maioria sendo patentes (793 e somente 43 artigos). O maior número de patentes em relação a artigos é uma tendência esperada, devido ao caráter prático das soluções nessa temática. A baixa quantidade de produções não necessariamente indica estágio nascente das tecnologias envolvidas ou falta de interesse na temática por pertencer ao nicho restrito do setor de O&G. O resultado pode residir no fato de que a eletrificação de plataformas em si envolve uma multiplicidade de áreas de desenvolvimento (desde a engenharia elétrica, civil, mecânica, de produção etc.), cujos avanços podem ser tratados separadamente em artigos e patentes específicas mencionando essas subáreas, sendo que o tema geral de eletrificação *offshore* é citado ou abordado em menor quantidade de produções com escopo mais amplo. Feita esta observação, entende-se que o campo de Eletrificação de Plataformas *Offshore* tem potencial de desenvolvimento promissor devido ao seu alto impacto na descarbonização do setor, com inovações que podem ser importadas e exportadas de e para outros segmentos do mercado.

Após analisar os dados referentes às produções de conhecimento acerca das temáticas de destaque para a descarbonização no setor de O&G, cabe analisar a inserção de tecnologias no mercado, transformadas em produtos e serviços. Essa análise é importante, pois aponta o nível do avanço das soluções implementadas no processo de descarbonização.

2.4. Tendências Identificadas em Soluções Comerciais

Para identificar modelos de negócios e soluções inovadoras em descarbonização do setor de O&G, foi realizado um levantamento de alcance global (não exaustivo) abrangendo perfil, região, cadeia de valor e o detalhamento das soluções comerciais de 53 startups e empresas mapeadas nas temáticas de interesse deste radar. Para melhor adequação dos termos de pesquisa a potenciais soluções comerciais, as temáticas foram pesquisadas de forma mais abrangente, sendo divididas em: eficiência operacional e gêmeos digitais.

Os EUA é líder absoluto no ranking de soluções comerciais (28 no total), seguido de China (6 soluções), Japão, Singapura, Israel, Reino Unido e Itália. Também contribuem com soluções comerciais a Bélgica, França, Holanda, Índia, Suécia, Dinamarca e Argentina. Buscando um mapeamento mais detalhado do ecossistema de inovação nacional, foi realizada pesquisa mais aprofundada em soluções brasileiras, chegando-se a um total de 11 startups/empresas atuantes em todas as temáticas abordadas.

Além disso, foram mapeadas duas soluções relacionadas a retenção de talentos, sendo uma nos EUA e outra no Brasil.

Os sinais identificados a partir da análise de soluções comerciais nas temáticas de descarbonização do setor de O&G revelam que:

- No panorama global, os EUA é o país que lidera o ranking de soluções comerciais, seguido de China, Japão, Singapura, Israel, Reino Unido e Itália.
- O número de soluções comerciais mapeadas para os EUA é 4,6 vezes maior do que o segundo colocado no *ranking* (China), demonstrando que os EUA possuem uma capacidade inigualável de transformação de ciência e tecnologia em produtos comerciais. A cultura norte-americana de empreendedorismo, enraizada nos centros de pesquisa e universidades, incentiva a criação de startups e novas empresas, que se desenvolvem de forma facilitada, seja pelos incentivos financeiros do governo e fundos privados, seja pelo mercado interno grande e dinâmico do país, com consumidores que adotam rapidamente novas tecnologias.
- O Brasil possui startups/empresas atuantes em todas as temáticas analisadas, indicando que o país tem cada vez mais adotado uma postura empreendedora e acompanhado o dinamismo do ecossistema global de inovação em diversas tendências tecnológicas. Dados do Global Innovation Index, recentemente conduzido pela Insead em parceria com a revista World Business, corroboram esse comportamento, destacando o Brasil como a economia mais inovadora da América Latina, estando entre as 50 mais inovadoras do mundo. Além disso, segundo o relatório de 2024 da Startup Genome, estima-se que existam 19 mil startups brasileiras, número que representa metade do total de startups em toda a América Latina.
- O *core business* de duas startups mapeadas na pesquisa (uma delas sendo norte-americana) é centrado na temática de atração e retenção de talentos, evidenciando o tema como sendo de alcance global e interesse vigente no mercado. Novamente, o Brasil demonstra acompanhamento de mais essa tendência, sendo o país de origem de uma dessas soluções.

O estudo buscou analisar as tendências de desenvolvimento de tecnologias nas temáticas mais relevantes para a redução das emissões no setor de O&G. Como essas temáticas estão relacionadas a novas tecnologias ou o aprimoramento de técnicas existentes, surge o desafio da mão-de-obra setorial se adaptar ao uso dessas novas tecnologias, passando a deter competências para operar novas atividades. Além disso, o setor tem o desafio de ampliar o quantitativo de mão-de-obra, conforme crescem suas atividades e os novos segmentos são criados. Essa questão será tratada na seção a seguir.

2.5. Mão de obra para atendimento da demanda do futuro da indústria:

O processo de atração e retenção de talentos é fundamental para o sucesso e inovação contínua de qualquer setor, sendo necessário além de tecnologia avançada, equipes altamente qualificadas e motivadas.

Segundo o relatório setorial de 2024 da consultoria de RH Robert Half, os grandes desafios relacionados à atração e retenção de talentos para o setor de O&G e subsetor de Energias Renováveis, são: escassez de mão de obra especializada; alto custo de treinamento; e competição intensa por talentos entre empresas concorrentes, especialmente para ocupação de posições técnicas estra-

técnicas para o setor, que exigem conhecimentos específicos e certificações, como, smart grids, eficiência energética, biomassa, geotérmica e armazenamento de energia.

A tabela a seguir mostra as posições com os maiores desafios de contratação e retenção de talentos dentro do setor.

Posições Permanentes	
Energia Renovável	Óleo e Gás
Gerência de Implantação	Gerência de Engenharia Subsea
Gerência de M&A e Novos Negócios	Gerência de Projetos
Gerência de O&M (Operação e Manutenção)	Gerência de SSMA (Segurança, Saúde e Meio Ambiente)
Gerência de Projetos	Geologia Petrofísica
Gerência de Tesouraria Estruturada	Engenharia de Qualidade
Especialista Contábil	Coordenação de Contratos
Especialista de Compras	Key Account Manager FPSO
Especialista de Controladoria	Key Account Manager <i>Offshore</i>
Especialista de M&A	Key Account Manager Onshore
Especialista de Sustentabilidade	Especialista de Tesouraria
Especialista de Tesouraria Estruturada	Especialista em FP&A
Especialista em Eficiência Energética	Especialista Contábil Joint Ventura
Especialista Tributário	Especialista Tributário
FP&A	Especialista em M&A
PMO	Cost Controller
Trader	Legal Counsel
Analista Contábil	
Analista Controladoria	
Analista de BI	
Analista Fiscal	

Fonte: Robert Half (2024).

A tabela abaixo mostra as características mais buscadas no setor, havendo demanda forte pelo inglês fluente, além de conhecimentos técnicos que incluem certificações bastante específicas.

Soft Skills Mais Demandadas	Hard Skills Mais Demandadas
Capacidade Analítica	Inglês Avançado/Fluente
Flexibilidade	Graduação, Pós-Graduação, Mestrado, MBA na Área
Comunicação	Cursos Técnicos
Responsabilidade Conjunta	Compliance/Conhecimentos Regulatórios
Visão Inovadora	

Fonte: Robert Half (2024).

Conforme abordado na metodologia deste radar, a temática de atração e retenção de talentos foi tratada de maneira singular, a partir de sinais provenientes de relatórios e artigos não científicos, devido à necessidade de se mapear estratégias com foco mais executivo no tocante às ações a serem tratadas nessa temática.

Segundo um levantamento de 2023, baseado em dados do Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (Caged), o Brasil é o país com o maior índice de turnover (alta rotatividade) do mundo, à frente do Reino Unido (43%), França (51%) e Bélgica (45%). De acordo com dados de 2023 da plataforma Bloomberg, entre os principais drivers da tomada de decisão de migração para uma empresa, estão o senso de propósito relacionado ao emprego, a exposição constante a desafios e a possibilidade de realizar a função com autonomia.

Esses dados indicam que o desafio de recrutamento e retenção não é apenas do setor de O&G, mas de todo o mercado de trabalho nacional atualmente, onde é possível encontrar até cinco gerações distintas: Veteranos ou Tradicionalistas, Baby Boomers, Geração X, Geração Y (Millennials) e Geração Z. Cada uma dessas gerações possui características, comportamentos, dificuldades e objetivos únicos, o que exige das empresas uma abordagem diferenciada para garantir um ambiente de trabalho harmonioso e produtivo para todas elas.

Sendo assim, para que as empresas de O&G consigam atrair e reter talentos é fundamental que adotem uma abordagem holística, que vá além da remuneração, focando na criação de um ambiente de trabalho saudável e no desenvolvimento contínuo dos seus colaboradores. A adaptação às novas realidades do mercado e às expectativas dos profissionais de diferentes gerações é essencial para manter a competitividade e a sustentabilidade no setor.

Segundo reportagem de 2023 da revista Exame, a retenção dos talentos certos para as empresas começa no processo seletivo que, se bem estruturado, aumenta as chances de continuidade dos candidatos ao longo das diversas etapas do processo e permite uma seleção mais criteriosa, filtrando os profissionais que realmente tem compatibilidade com a empresa contratante. A gamificação é uma das estratégias recentemente utilizadas por empresas de recrutamento para tornar essa jornada mais dinâmica e estimulante, e explorar aspectos do candidato que são dificilmente avaliados em processos convencionais, como, a criatividade (característica que é muito valorizada por profissionais da geração Z).

Além disso, a flexibilidade no ambiente de trabalho tornou-se um fator crucial para atrair e reter talentos, especialmente com a popularização do trabalho remoto e/ou híbrido depois da pandemia, sendo possível ao funcionário conciliar a vida profissional e pessoal.

Outro ponto atrativo é o fornecimento de benefícios adicionais, como, bônus e investimentos em MBAs. Segundo pesquisa da ABESPetro, 68% dos casos de troca de emprego voluntária são motivados pela busca por melhores remunerações e planos de carreira, indicando a valorização financeira também como um fator decisivo.

A valorização da diversidade pode ser um chamariz de talentos vindos de grupos minorizados. Em entrevista ao portal do Governo Federal em 2023, Ana Zettel, então gerente executiva de gestão de parcerias e processos de Exploração e Produção da Petrobras, destacou a inclusão como fundamental para a transformação do setor de O&G, salientando a baixa participação de mulheres na indústria como uma desvantagem em termos de capacidade inovadora para a superação dos desafios da transição energética, em que é necessário desenvolver novas formas de energia, tecnologias e negócios.

Ainda de acordo com a executiva, para atrair mulheres de alto desempenho e em início de carreira, é necessário buscar envolver meninas desde cedo, com ações não apenas nas universidades, mas também nas escolas, sobretudo considerando o desafio estrutural de atrair meninas e mulheres para as áreas de STEM (Sigla em inglês para Ciência, Tecnologia, Engenharias e Matemática).

A retenção de talentos envolve uma série de práticas que visam melhorar o clima organizacional e garantir que os colaboradores sintam-se valorizados e motivados a permanecer na empresa. Dentre essas práticas, destaca-se o aprendizado contínuo (life long learning), essencial para o desenvolvimento dos colaboradores mediante a velocidade com que novas tecnologias e práticas mudam constantemente o mercado de trabalho. Neste cenário, as edtechs, empresas que empregam tecnologia para criar soluções inovadoras para a área de educação, passaram a focar nas organizações e seus colaboradores, fornecendo cursos e capacitações para possibilitar o aprendizado contínuo, motivando os talentos a se manterem nas corporações.

A reputação, credibilidade e cultura da organização (assim como do setor em que está inserida) mostram-se cada vez mais relevantes na captação de jovens profissionais e na retenção de talentos, com candidatos priorizando maior alinhamento das empresas com os valores de sustentabilidade e responsabilidade social.

Sendo assim, os esforços do setor em direção à transição energética e práticas de descarbonização mostram-se essenciais para atrair e reter talentos no longo prazo, ou seja, a indústria de O&G deve abraçar o seu papel como facilitadora da transição energética, investindo em pesquisa e desenvolvimento de fontes de energia alternativas e trabalhando em conjunto com governos e sociedade para criar um futuro energético mais limpo e seguro.

Neste contexto, o engajamento ativo com universidades em parcerias de PD&I em descarbonização, promove um benefício adicional (além do avanço tecnológico em si) no sentido de formar talentos qualificados nas temáticas de interesse das empresas de O&G e motivar estudantes e pesquisadores a ingressarem no setor, devido à sua exposição positiva ao longo do período universitário, como um setor inovador e promotor da sustentabilidade por meio de P&D.

A partir das medidas abordadas, a indústria de O&G não só poderá mitigar os impactos negativos associados aos combustíveis fósseis, mas também se posicionar como uma força vital para o desenvolvimento sustentável e inovação no século XXI. Os esforços do setor em direção à transição energética e práticas de descarbonização mostram-se essenciais para o desenvolvimento de novas tecnologias, bem como atrair e reter talentos no longo prazo. Assim, o setor contribui para a segurança do suprimento no processo de descarbonização e investe em novas tecnologias capazes de mitigar emissões e gerar energia renovável.

Conclusões

A gradativa transição para um cenário net-zero vem como demanda obrigatória e desafiadora em meio à crise climática global, podendo representar uma oportunidade única de transformação dos negócios em O&G, posicionando o setor na vanguarda da exploração de novas tecnologias, processos e produtos verdes. Os sinais identificados e tendências geradas neste radar podem ser usados para orientar as ações em PD&I do setor de O&G no Brasil de forma estratégica. As principais conclusões desta análise estão sumarizadas na seção a seguir.

O conhecimento produzido globalmente com foco na descarbonização da indústria de O&G demonstra o interesse em uma transformação significativa do setor rumo à Indústria 4.0, com a integração de tecnologias digitais avançadas e práticas sustentáveis. Como pontos-chave do potencial de desenvolvimento do setor nessa direção, pode-se citar:

- As tecnologias de captura e armazenamento de carbono têm sido as mais exploradas pelo setor, notando-se um intenso investimento em PD&I na temática e preocupação com a proteção intelectual dos resultados por parte das empresas, demonstrando alta competitividade do mercado. Esse comportamento indica um potencial de evolução acelerada desta temática, rumo a soluções cada vez mais escaláveis e viáveis financeiramente.
- Nota-se forte integração de esforços em P&D nas iniciativas de eletrificação de plataformas *offshore*. Trata-se de um desafio complexo em termos de viabilidade econômica e escalonamento de tecnologias que reflete a necessidade de uma abordagem multidisciplinar integrada e colaborativa de desenvolvimento em diversas áreas do conhecimento, como, a tecnologia das turbinas, a implementação de parques eólicos em alto mar, a transmissão de energia entre esses parques e as plataformas e a adaptação infraestrutural dos ativos para suportar a eletrificação e a transição energética.
- A energia eólica *offshore* tende a ser desenvolvida por empresas experts em energia eólica convencional, logo, são esperadas inovações incrementais nas tecnologias vigentes, com foco no seu aprimoramento.
- É evidente a multifuncionalidade das aplicações de gêmeos digitais ao longo da cadeia de valor do setor de O&G, sendo uma ferramenta poderosa na tomada de decisões. Os sinais obtidos para esta temática revelam comportamento de alta competitividade do mercado e um potencial de evolução acelerada, sobretudo considerando o avanço crescente da capacidade computacional (rumo à viabilização da computação quântica) com possibilidades de simulação cada vez mais

complexas e precisas, gerando enorme valor ao gerenciamento de ativos e investimentos no setor de O&G.

→ As temáticas de aumento de eficiência energética via redução da queima de gás e turbina a gás com ciclo combinado, assim como as iniciativas de detecção, monitoramento e mitigação de vazamento de metano, podem gerar tecnologias para desafios de outros setores, expandindo o interesse dessas soluções para outros mercados.

Essas tendências tecnológicas indicam a dinâmica do setor de energia frente à gradativa transição energética. Para que as empresas de O&G no Brasil possam superar os desafios da descarbonização no setor, é fundamental investir em PD&I contínua e compor o ecossistema tecnológico nacional e global, buscando parcerias estratégicas na resolução de problemas comuns e no desenvolvimento ágil de soluções sustentáveis, escaláveis e financeiramente viáveis.

A curto prazo, a prospecção de soluções plug-and-play e o fomento de parcerias é o caminho mais rápido para a implementação de soluções imediatas. Temáticas mais maduras, como, Gêmeos Digitais, Energia Eólica e Eletrificação de ativos têm várias possibilidades de solução por meio dessas estratégias.

Neste radar, foram mapeadas startups brasileiras atuantes em todas as temáticas analisadas, indicando que o país tem cada vez mais adotado uma postura empreendedora e acompanhado o dinamismo do ecossistema global de inovação em diversas tendências tecnológicas, podendo fornecer soluções diferenciadas para os players nacionais de O&G.

A médio prazo, o investimento em startups com soluções promissoras é uma alternativa para mapear com antecedência a evolução de tecnologias disruptivas e garantir vantagens competitivas nos negócios. Já no longo prazo, o fomento da colaboração com universidades permitirá o acesso a proeminentes pesquisas, essenciais para impulsionar novas tecnologias, e o direcionamento de pesquisas de acordo com as necessidades específicas das empresas parceiras. Assim, temáticas de interesse específico do setor de O&G podem encontrar espaço de desenvolvimento por meio de pesquisa conjunta entre companhias e a academia.

Cabe ressaltar que o desenvolvimento de novas tecnologias exige a atualização de competências específicas dos colaboradores, além da necessidade de atração e retenção de talentos para o futuro, diante da elevada concorrência por profissionais, falta de expertise no mercado e alta rotatividade, em vários segmentos do mercado de trabalho nacional.

A mão de obra multigeracional presente no mercado de trabalho atual gera uma gama ampla de características, comportamentos, dificuldades e objetivos, o que exige das empresas uma abordagem holística para garantir um ambiente de trabalho harmonioso e produtivo para todos. De forma geral, são fatores decisivos para a escolha ou migração para uma empresa o senso de propósito relacionado ao emprego, a exposição constante a desafios, possibilidade de realizar a função com autonomia, flexibilidade no trabalho, investimento em aprendizado e capacitação contínuos e valores de sustentabilidade e responsabilidade social.

As tendências tecnológicas para a descarbonização indicam a oportunidade do setor de O&G se inserir em novos mercados, bem como alinhar a geração de energia de baixo carbono à ampliação da eficiência de suas atividades. O setor tem a oportunidade de coordenar parte da transição energética, sendo investidor do desenvolvimento de novas tecnologias, trabalhando em conjunto com governos e sociedade para criar um futuro energético mais limpo e seguro.

Referências

AFFAIRS, C. P., Government and Public. **Chevron's global carbon capture, utilization, and storage efforts help lower carbon intensity.** Disponível em: <<https://www.chevron.com/newsroom/2023/q1/global-carbon-capture-utilization-and-storage-helps-lower-carbon-intensity>>.

Carbon capture and storage. Disponível em: <<https://corporate.exxonmobil.com/what-we-do/delivering-industrial-solutions/carbon-capture-and-storage#Denbury>>.

DA REDAÇÃO. **Gamificação: melhore suas estratégias de atração e retenção de talentos.** Disponível em: <<https://exame.com/carreira/gamificacao-melhore-suas-estrategias-de-atracao-e-retencao-de-talentos/>>. Acesso em: 5 ago. 2024.

Eneva encomenda turbina a gás da GE para expansão de Azulão - CanalEnergia. Disponível em: <<https://www.canalenergia.com.br/noticias/53243631/eneva-encomenda-turbina-a-gas-da-ge-para-expansao-de-azulao>>. Acesso em: 09 mai. 2024.

Gerente executiva da Petrobras defende aumento da diversidade na indústria de energia. Disponível em: <<https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202309/gerente-executiva-da-petrobras-enfatiza-necessidade-de-aumentar-proporcao-de-mulheres-na-industria-de-energia>>. Acesso em: 5 ago. 2024.

Global Talent Trends | LinkedIn Talent Solutions. Disponível em: <https://business.linkedin.com/talent-solutions/global-talent-trends?_ga=2.81165598.865830658.1718223182-21665209.1718223179>. Acesso em: 17 jun. 2024.

GROVER, N.; LAWLER, A. OPEC+ cuts to tighten oil market sharply in fourth quarter, IEA says. **Reuters**, 13 set. 2023. Disponível em: <OPEC+ cuts to tighten oil market sharply in fourth quarter, IEA says | Reuters>

Hywind Tampen. Disponível em: <<https://www.equinor.com/energy/hywind-tampen>>.

SILVERSTEIN, K. Green Hydrogen Will Become The 21st Century Version Of Oil. **Forbes**, 3 jun. 2024.

IEA. **Executive summary – Global EV Outlook 2023 – Analysis.** Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023/executive-summary>>.

IEA. **World Energy Outlook 2023 – Analysis**. Disponível em: <<https://origin.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>>.

IEA. **Oil Market Report**. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/41426881-fad3-496b-9a5c-8e58f45fa45a/-18JAN2024_OilMarketReport.pdf>.

Indústria De Boletim De Conjuntura Da Indústria Do Óleo & Gás. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-226/topico-706/BOG%202%C2%BAsemestre2023.pdf>>.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Trends in batteries – Global EV Outlook 2023 – Analysis**. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023/trends-in-batteries>>.

JOHNNY. **Como a Unilever usa inovação para reduzir a pegada dos produtos**. Disponível em: <<https://householdinnovation.com.br/como-a-unilever-usa-inovacao-para-reduzir-a-pegada-dos-produtos/>>. Acesso em: 19 abr. 2024.

Joint Ventures. Disponível em: <<https://www.shell.com.au/about-us/projects-and-locations/joint-ventures.html>>.

Latin America to play an essential role in the global transition to a more secure and sustainable energy system - News. Disponível em: <<https://www.iea.org/news/latin-america-to-play-an-essential-role-in-the-global-transition-to-a-more-secure-and-sustainable-energy-system>>.

LUNDGREN, K. **Energia eólica já ajuda a “limpar” a produção de petróleo no mar da Noruega**. Disponível em: <<https://www.bloomberglinea.com.br/2023/08/23/na-noruega-energia-eolica-ja-ajuda-a-limpar-a-producao-de-petroleo/>>. Acesso em: 17 jun. 2024.

MEDEIROS, A. **Petrobras conquista recorde histórico na redução da queima de gás natural em suas unidades de produção**. Disponível em: <<https://petrosolgas.com.br/petrobras-conquista-recorde-historico-na-reducao-da-queima-de-gas-natural-em-suas-unidades-de-producao/>>. Acesso em: 17 jun. 2024.

Novos Projetos Em Óleo & Gás E Renováveis Acirram Disputa Por Profissionais No Mercado, Aponta Pesquisa Da Robert Half | Petronotícias. Disponível em: <<https://petronoticias.com.br/novos-projetos-em-oleo-gas-e-renovaveis-acirram-disputa-por-profissionais-no-mercado-aponta-pesquisa/>>. Acesso em: 30 jul. 2024.

Net-Zero Industry Tracker 2022 Edition J U L Y 2 0 2 2 In collaboration with Accenture Net-Zero Industry Tracker 2 Contents. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www3.weforum.org/docs/WEF_NetZero_Industry_Tracker_2022_Edition.pdf>.

OLALA. **Entenda por que o gás é queimado**. Disponível em: <<https://www.querodiscutiromeues-tado.rj.gov.br/noticias/2602-entenda-por-que-o-gas-e-queimado>>. Acesso em: 30 jun. 2024.

Panorama setorial Energias renováveis e o mercado de óleo e gás V1. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.roberthalf.com/content/dam/roberthalf/documents/br/pt/indexed/2024-panorama_energias-renovaveis-oleo-gas-Robert_Half-V1.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2024.

PLACE, G. Retenção de talentos: 10 passos para conquistá-la definitivamente. Disponível em: <<https://gptw.com.br/conteudo/artigos/retencao-de-talentos/>>. Acesso em: 30 jul. 2024.

Porthos. Disponível em: <https://ccushub.ogci.com/focus_hubs/rotterdam-porthos/>.

PXDRAFT. **Oil and Gas Market Growth, Industry Developments [2030].** Disponível em: <<https://www.kingsresearch.com/oil-and-gas-market-177#:~:text=Market%20Perspective>>.

Redação Portal Dedução. **Retenção de talentos ainda é desafio para empresas brasileiras.** Disponível em: <<https://www.deducao.com.br/index.php/retencao-de-talentos-ainda-e-desafio-para-empresas-brasileiras/>>. Acesso em: 5 ago. 2024.

Retenção de talentos: o que é, como fazer e 11 boas práticas. Disponível em: <<https://www.gupy.io/blog/retencao-de-talentos>>.

SABRINA, L. et al. **Centro Paula Souza Etec Philadelpho Gouvea Netto Curso Técnico em Recursos Humanos RETENÇÃO DE TALENTOS COM ENFOQUE NA GERAÇÃO Z Fabiana Kerolayne Lacerda de Novais*.** [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456789/14297/1/Artigo%20RETEN%c3%87%c3%83O%20DE%20TALENTOS%20COM%20ENFOQUE%20NA%20GERA%c3%87%c3%83O%20Z.pdf>>. Acesso em: 30 jul. 2024.

SAKATE, M. **Estudo revela o que mais motiva as pessoas no trabalho no país. E não é dinheiro.** Disponível em: <<https://www.bloomberglinea.com.br/negocios/estes-fatores-sao-os-que-mais-engajam-as-pessoas-no-trabalho-e-nao-e-dinheiro/>>. Acesso em: 6 ago. 2024.

Sistema abrangente de monitoramento de emissões de metano. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://gazomat.com/wp-content/uploads/2017/09/MKT_BRO_NGMESH_00_AUG2017_V02_PT_PAGE.pdf>. Acesso em: 12 mai. 2024.

Spot Prices for Crude Oil and Petroleum Products. Disponível em: <https://www.eia.gov/dnav/pet/PET_PRI_SPT_S1_D.htm>.

STARTUS INSIGHTS. **Top 10 Oil & Gas Industry Trends & Innovations in 2021.** Disponível em: <<https://www.startus-insights.com/innovators-guide/top-10-oil-gas-industry-trends-innovations-in-2021/>>.

TRENDS AND RECENT DEVELOPMENTS. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-448/topico-693/BOR_2023.12.21.pdf>. Acesso em: 12 mai. 2024.

Transforming Energy Demand. [s.l.: s.n.]. Disponível em: < Transforming Energy Demand White Paper - January 2024>.

UM. **Um panorama do Setor de Óleo e Gás - Verum Partners.** Disponível em: <<https://verumpartners.com.br/um-panorama-do-setor-de-oleo-e-gas/>>. Acesso em: 19 jul. 2024.

Urals-Brent spread 2023. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/1298092/urals-brent-price-difference-daily/>>.

VARA, V. **Environmental sustainability innovation: Leading companies in bio-fuels.** Disponível em: <<https://www.offshore-technology.com/data-insights/innovators-bio-fuels-oil-and-gas/>>.

World Energy Outlook Special Report The Oil and Gas Industry in Net Zero Transitions. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://iea.blob.core.windows.net/assets/f065ae5e-94ed-4fcb-8f17-8ceffde8bdd2/TheOilandGasIndustryinNetZeroTransitions.pdf>>.



CONECTAR A INDÚSTRIA PARA IR CADA VEZ MAIS LONGE.
ISSO GERA ENERGIA.



@ibpbr



/ibpbr



@IBPbr

IBP - Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás

Av. Almirante Barroso, 52 - 21º e 26º andares - RJ - Tel.: (21) 2112-9000
ibp.org.br | relacionamento@ibp.org.br