

**PESQUISA SOBRE AS TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS PARA O SETOR DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS COM ÊNFASE EM APLICAÇÕES NAS GEOCIÊNCIAS E INFORMÁTICA DO PETRÓLEO.**

**PESQUISADOR VISITANTE  
Dr. Pedro Xavier Neto**

**NATAL-RN, MARÇO DE 2023**

# SUMÁRIO

<b>I – INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>II – INDÚSTRIA DO PETRÓLEO E GÁS .....</b>	<b>2</b>
<b>II.1 – Indicadores relevantes.....</b>	<b>2</b>
<b>II.2 – Cadeia de valor da indústria de petróleo e gás.....</b>	<b>4</b>
<b>II.3 – Evolução tecnológica da indústria de petróleo e gás.....</b>	<b>5</b>
<b>III – IDENTIFICAÇÃO DE NOVAS TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS.....</b>	<b>8</b>
<b>III.1 – Indústria de petróleo e gás em geral.....</b>	<b>8</b>
<b>III.2 – Segmento de <i>upstream</i> e Geociências.....</b>	<b>14</b>
<b>IV – O PRH-ANP-42.1 E AS NOVAS TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS.....</b>	<b>14</b>
<b>IV.1 – Aderência do PRH-ANP-42.1 às novas tendências tecnológicas.....</b>	<b>16</b>
<b>IV.2 – Oportunidades das novas tendências para o PRH-ANP-42.1.....</b>	<b>18</b>
<b>V – CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>20</b>
<b>VI – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>21</b>
<b>ANEXO 1.....</b>	<b>22</b>

## I – INTRODUÇÃO

À medida que o conhecimento humano se expande e novas possibilidades e soluções surgem, a maneira de desenvolver negócios se transforma. A competição cada vez mais acirrada e os clientes cada vez mais exigentes fazem com que as empresas repensem suas estratégias, promovendo mudanças contínuas de gestão e inovações tecnológicas.

A inovação e o uso intensivo da tecnologia são fatores críticos de sucesso para melhorar a performance e eficiência de uma companhia ou um modo de garantir a sobrevivência da empresa em um mundo globalizado, competitivo e com alto grau de incerteza. Para ter sucesso no desenvolvimento da inovação tecnológica, as companhias de diversos segmentos de negócios investem fortemente em pesquisa e desenvolvimento bem como em capacitação de pessoal, com destaque para o setor Petrolífero, que é um dos maiores e mais amplos mercados do mundo e vem crescendo e se transformando a cada ano, com novos modelos de gestão, novas tecnologias e novas perspectivas de inovação.

Este trabalho refere-se a uma pesquisa que objetiva identificar as novas tendências tecnológicas da indústria de petróleo gás natural e biocombustíveis, destacando as inovações nos setores das Geociências, e Informática do petróleo, e está estruturada da seguinte forma:

- Primeiramente, será apresentado um panorama dos indicadores relevantes e apresentada a cadeia de valor da indústria de petróleo gás e biocombustíveis, contextualizando essa pesquisa dentro dos segmentos da cadeia de valor;
- Em seguida, será apresentada uma síntese da evolução tecnológica da indústria de petróleo, gás e biocombustíveis no âmbito das transformações e ciclos de evolução industriais;
- Na sequência, são descritas as inovações tecnológicas identificadas na pesquisa com exemplos e possibilidades de aplicações tanto em toda a cadeia de valor da indústria de petróleo e gás quanto especificamente nas Geociências e informática do petróleo e gás;
- Depois, serão apontadas a aderência das tendências tecnológicas identificadas com algumas ações e iniciativas desenvolvidas no âmbito do PRH-42.1 e indicadas algumas oportunidades identificadas nas novas tendências que podem ser aproveitadas pela comunidade do PRH-ANP-42.1.

Fechando esse relatório, serão feitas algumas considerações finais e apresentada a bibliografia referida no texto.

## II – INDÚSTRIA DE PETRÓLEO E GÁS

### II.1 – Indicadores relevantes

Segundo o Anuário Estatístico do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis de 2021 <sup>1</sup>, publicado pela ANP, as reservas provadas mundiais de petróleo atingiram a marca de 1,7 trilhão de barris em 2020. O Brasil ocupou a 16ª posição no ranking mundial de reservas provadas de petróleo, com um volume de 11,9 bilhões de barris.

As reservas provadas mundiais de gás natural somaram 188,1 trilhões de m<sup>3</sup>. O Brasil ocupou a 33ª colocação do ranking das maiores reservas provadas de gás natural do mundo, com 0,35 trilhões de m<sup>3</sup>.

O volume anual de petróleo produzido no mundo em 2020 caiu 6,9% em relação a 2019, passando de 95 milhões de barris/dia para 88,4 milhões de barris/dia. O Brasil se situou na 9ª posição, totalizando 3 milhões de barris/dia (3,4% do total mundial).

A produção mundial de gás natural alcançou 3,9 trilhões de m<sup>3</sup> em 2020, após queda de 3,1% em relação a 2019. O Brasil ficou na 30ª posição no ranking mundial de produtores de gás natural, com produção de 23,9 bilhões de m<sup>3</sup> (0,6% do total mundial).

O consumo mundial de petróleo totalizou 88,5 milhões de barris/dia em 2020, após queda de 9,3% em comparação com 2019. O Brasil alcançou o oitavo lugar, com consumo de cerca de 2,3 milhões de barris/dia (2,6% do total mundial).

Em relação ao gás natural, o consumo global apresentou queda de 2,1%, alcançando o volume aproximado de 3,8 trilhões de m<sup>3</sup>. O Brasil registrou queda de 10,1%, totalizando 32,1 bilhões de m<sup>3</sup> (0,8% do total mundial), e ocupou a 30ª posição no ranking de maiores consumidores de gás natural.

A capacidade efetiva de refino de petróleo instalada no mundo alcançou 102 milhões de barris/dia. O Brasil ocupou o nono lugar no ranking, com capacidade de refino de 2,3 milhões de barris/dia (2,3% da capacidade mundial).

Os dados acima descritos estão sintetizados na tabela 1, a seguir:

Tabela 1

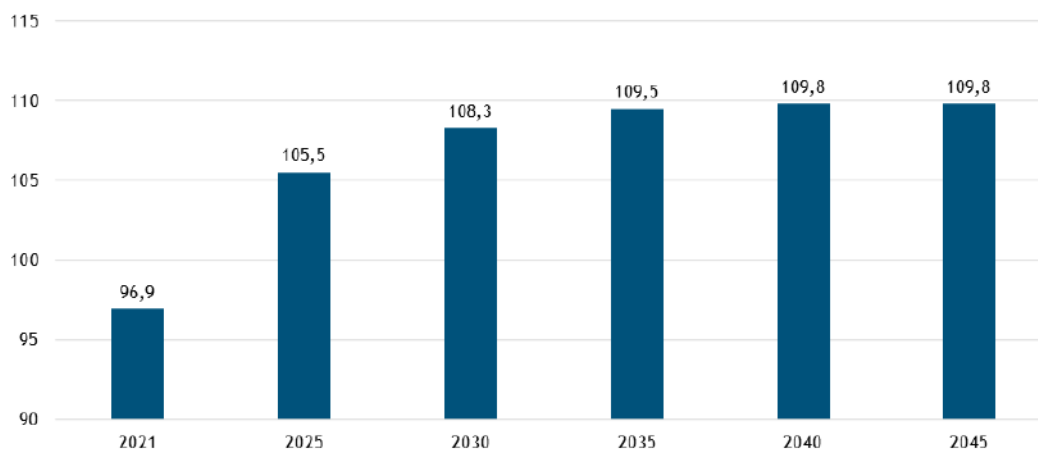
	Reservas Aprovadas		Volume Anual Produzido		Consumo		Capacidade Efetiva de Refino Instalada (MMbbl/dia)
	Gás Natural (MMm <sup>3</sup> )	Petróleo (MMbbl)	Gás Natural (MMm <sup>3</sup> )	Petróleo (MMbbl/dia)	Gás Natural (MMm <sup>3</sup> )	Petróleo (MMbbl)	
Mundial	188.074.226	1.732.366	3.853.663	88,4	3.822.777	88,5	101,9
Brasil	348.528	11.925	23.928	3,0	32.118	2,3	2,3
Posição do Brasil no Ranking Mundial	33º	16º	30º	9º	30º	8º	9º

<sup>1</sup> <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/anuario-estatistico-2021>

Segundo o Instituto Brasileiro do Petróleo e Gás (IBP) <sup>2</sup>, a OPEP elevou sua previsão da demanda global de petróleo no médio e longo prazo e prevê que a demanda mundial seja de 108,3 mb/d até 2030 e de 109,8 mb/d em 2045 (Figura 1).

### Projeção da demanda global de petróleo no longo prazo

2021-2045, milhões de barris por dia (mb/d)



Atualização: Novembro 2022  
Fonte: Elaboração IBP com dados OPEC

Figura 1 – Projeção da demanda global de petróleo no médio e longo prazo

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) <sup>3</sup> aponta que atualmente, o petróleo e o gás somados têm uma participação de 53,2% na matriz energética mundial e 47,7% na brasileira (Figura 2).



Figura 2 – Distribuição das fontes de energia na matriz energética mundial e do Brasil.

<sup>2</sup> <https://www.ibp.org.br/observatorio-do-setor/snapshots/projecao-da-demanda-global-de-petroleo-no-longo-prazo/>

<sup>3</sup> <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>

Estudo recente do IBP<sup>4</sup> estima que no período entre 2022 e 2031 serão investidos no Brasil, somente nas atividades de Exploração e Produção (E&P), recursos da ordem de US\$ 183 bilhões, Além disso, o mercado de E&P vai render US\$ 622 bilhões em arrecadação e criar, em média, 445 mil postos de trabalho por ano. O instituto reforça também o papel multiplicador dos investimentos em infraestrutura, em que cada R\$ 1 investido retorna em incremento de R\$ 3,82 no PIB.

## II.2 – Cadeia de Valor da Indústria de Petróleo e Gás

No universo das grandes corporações empresariais, onde existe grande diversidade e complexidade de processos produtivos e onde é necessário ter uma visão holística e integrada de toda a empresa, os gestores utilizam uma ferramenta chamada de cadeia de valor. Através da cadeia de valor é possível analisar de forma integrada os processos da empresa, agrupando-os e organizando-os por segmentos de atividades fins. A cadeia de valor abrange todos os processos da organização, desde a produção até a distribuição e permite mapear as vantagens competitivas da corporação.

A cadeia de valor da indústria de petróleo é estruturada em três segmentos distintos e interdependentes: *upstream*, *midstream* e *downstream*. O *upstream* reúne as atividades de exploração, extração e desenvolvimento da produção, o *midstream* envolve as atividades de escoamento do petróleo e do gás natural e o *downstream* compreende as atividades de refino, distribuição e comercialização dos derivados do petróleo e gás natural (Figura 3).

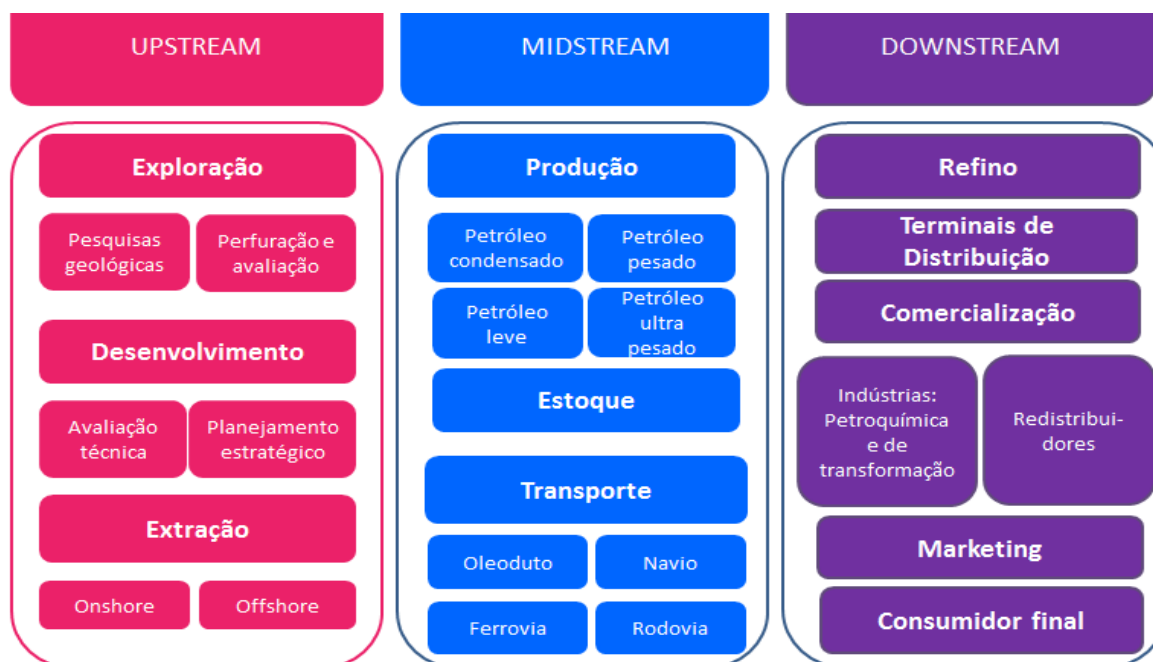


Figura 3 – Segmentos da cadeia de valor da indústria de petróleo e gás

Fonte: Araruna Jr e Burlini, 2014.

<sup>4</sup> <https://odebateon.com.br/ibp-preve-que-setor-de-exploracao-e-producao-recebera-us-183-bilhoes-em-investimentos-no-brasil-ate-2031/>

Essa pesquisa foi dirigida às inovações tecnológicas e de gestões atinentes ao segmento de *upstream* da cadeia de valor da indústria de petróleo e gás, mais especificamente às atividades de exploração e desenvolvimento da produção, que são as que possuem aderência ao PRH-42.1. Entretanto, devido à transversalidade de muitas dessas inovações identificadas, os demais segmentos também serão eventualmente citados.

### II.3 – Evolução tecnológica da indústria de petróleo e gás

Os avanços tecnológicos, cada vez mais rápidos, vêm configurando grandes ciclos sociais, econômicos e políticos em todo o mundo, bem como estabelecendo marcos históricos sucessivos na evolução tecnológica e produção industrial, esses marcos, em número de quatro, são conhecidos como Revoluções Industriais, (Figura 4).

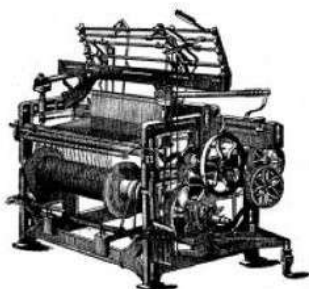
A invenção do tear mecânico e do motor a vapor no século XVIII (1760 – 1840) é considerado o primeiro grande marco, a primeira revolução industrial, e promoveu o desenvolvimento e expansão das indústrias e da sociedade moderna. Nele ocorreu a mecanização da produção, o que permitiu um aumento de produtividade de oito vezes em relação aos processos dependentes de tração animal. O Desenvolvimento do navio e da locomotiva movida a vapor permitiu grande mobilidade às pessoas e mercadorias, incrementando o comércio e aumento das populações em torno dos centros industriais.

A Segunda Revolução Industrial aconteceu do século IX até a primeira metade do século XX (1850-1945). Seu marco inicial foi a descoberta da eletricidade e a implementação da produção industrial por linha de montagem por Henry Ford (1863-1947) na indústria automobilística, o que alterou drasticamente a produtividade do setor fazendo com que os veículos fossem produzidos em etapas parciais na correia transportadora, uma forma significativamente mais rápida e com menor custo. Ocorreu também a criação e o desenvolvimento da indústria química, do petróleo e das siderúrgicas.

A Terceira Revolução Industrial ocorreu nos anos 70 no século XX e foi marcada pela substituição gradual dos sistemas analógicos pelos digitais o que resultou no surgimento de computadores e microcomputadores. Surgiram processos com automação e os primeiros sistemas robóticos. Surgiu também a internet, na época chamada pelo governo americano de Arpanet e o primeiro telefone celular, inventado por Martin Cooper (1973).

Atualmente está em curso um novo ciclo tecnológico, ao qual o economista alemão Klaus Martin Schwab, criador do Fórum Econômico Mundial, chamou de 4ª Revolução Industrial e que está ligada ao conceito de indústria 4.0. Esse novo ambiente é caracterizado pelo surgimento de tecnologias disruptivas em sistemas cyber-físicos, desenvolvimentos nos campos da inteligência artificial, robótica, *big data*, internet das coisas, impressão 3D, nanotecnologia, biotecnologia e ciência de materiais. É a confluência de praticamente todas as tecnologias hoje existentes e que efetivamente estão transformando o mundo de uma forma geral.

## LINHA DO TEMPO: REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS

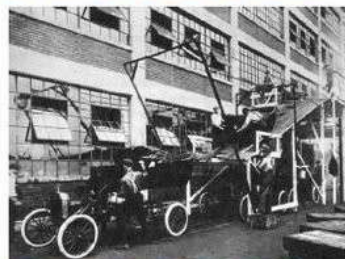


1784

Primeira revolução industrial: Marcada pelo desenvolvimento do **primeiro tear mecânico**, que introduziu a fabricação mecânica de equipamentos movidos a água e vapor.

1870

Segunda revolução industrial: **Primeira linha de produção** com produção em massa utilizando energia elétrica com sistema baseado na divisão do trabalho.



1969



Terceira revolução industrial: **Primeiro controlador lógico programável (CLP)** que alavancou o desenvolvimento de eletrônicos e deu início a automatização dos processos.

ATUAL

Quarta revolução industrial: **Baseada em sistemas cyber-físicos**, inserção de robôs autônomos na linha de produção e impulsiona o crescimento da interatividade homem-máquina.



Fonte: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Desenvolvimento-da-quarta-revolucao-industrial\\_fig1\\_342530852](https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Desenvolvimento-da-quarta-revolucao-industrial_fig1_342530852)

Figura 4 – Linhas de tempo das revoluções industriais e seus fatos relevantes



Desde a perfuração do primeiro poço de petróleo em 1859 no estado da Pensilvânia – Estados Unidos, pelo coronel Drake, que marca o início da exploração industrial do petróleo, até os dias atuais, houve uma notável evolução e modernização tecnológica na indústria de petróleo e gás, sobretudo no segmento de *upstream*.

Os processos rudimentares de perfuração de poços de pouca profundidade nos primórdios da exploração de petróleo e gás, suficientes para alcançar apenas os jazimentos de hidrocarbonetos rasos e em Bacias sedimentares terrestres, foram abandonados rapidamente à medida que a produção desses reservatórios rasos foi decaindo, e houve a necessidade de perfuração de poços cada vez mais profundos para alcançar os reservatórios de petróleo e gás.

O rápido crescimento da indústria automobilística no século XX resultou em um vertiginoso aumento da demanda por petróleo e seus derivados e, por conseguinte, na busca por jazidas de petróleo em novas fronteiras exploratórias, sobretudo no mar (*offshore*), o que demandou por sua vez o desenvolvimento de novas tecnologias de exploração e de desenvolvimento da produção.

No setor de exploração, as empresas de serviço investiram fortemente no desenvolvimento de novas tecnologias. Os antigos equipamentos analógicos de registro de dados sísmicos (sismógrafos) evoluíram para modernos e sofisticados equipamentos digitais, com transferência de dados telemétrica. Na aquisição sísmica marítima a transformação tecnológica foi ainda mais notável, evoluindo de aparatos de aquisição sísmica convencional por *streamer* para tecnologias de aquisição com sensores de fundo oceânico (OBC) e com nodes (OBN)<sup>5</sup>, operados por modernos navios de aquisição sísmica.

O desenvolvimento da produção também se transformou bastante quando saiu do desenvolvimento de jazidas de petróleo e gás *offshore* com plataformas fixas em águas rasas (lâmina d'água até 300 m de profundidade) para o desenvolvimento de jazidas em águas profundas (lâmina d'água com profundidades entre 300 e a 1500 m) com plataformas semi-submersíveis e modernos navios sondas e plataformas FPSO<sup>5</sup> para águas ultraprofundas (lâmina d'água com profundidades acima de 1500 m).

A indústria de petróleo e gás está em constante evolução e novas tecnologias estão sendo desenvolvidas para ajudar a tornar as operações mais eficientes, reduzir custos e impacto ambiental e melhorar a segurança operacional. Algumas das principais dessas tendências e inovações tecnológicas serão mostradas a seguir nesse relatório.

---

<sup>5</sup>O *streamer* é um cabo marinho de superfície composto por um conjunto flutuante de fios elétricos que conecta sensores (hidrofonos), que captam sinais acústicos/sísmicos

OBC e OBN - Os sensores, em vez de serem rebocados próximos à superfície do mar por navios, como ocorre em levantamentos sísmicos convencionais, são dispostos no assoalho oceânico.

FPSO- *Floating Production Storage and Offloading*, é um tipo de navio-plataforma que pode produzir, armazenar e transferir petróleo e gás natural.

### III – IDENTIFICAÇÃO DE NOVAS TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS

Para uma indústria que supre a maior parte da demanda mundial de energia, em um campo de grandes e permanentes desafios tecnológicos, o conhecimento é peça chave para o seu sucesso técnico e econômico. Daí a importância de se acompanhar as tendências estratégicas para os médio e longo prazos, que garantirão o sucesso do setor no futuro.

A indústria de petróleo, gás e biocombustíveis, atravessa uma época de mudanças e transformações que seguem, predominantemente, duas novas tendências: uma tendência de inovação tecnológica e uma nova tendência de gestão, identificadas como indústria de petróleo e gás 4.0 e pela visão empresarial de sustentabilidade ambiental, responsabilidade social e governança econômico-financeira, também conhecida pelo acrônimo ESG dos termos em inglês *Environmental, Social and Governance*.

Os conceitos que definem o que é a indústria 4.0 já foram apresentados na seção II.3 desse relatório enquanto o conceito de ESG que significa *environmental, social and governance*, corresponde às práticas ambientais, sociais e de governança de uma corporação. O termo foi cunhado em 2004 em uma publicação do Pacto Global em parceria com o Banco Mundial, chamada *Who Cares Wins*<sup>6</sup>. Os critérios ESG estão totalmente relacionados aos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)<sup>7</sup>, estabelecidos pelo Pacto Global, iniciativa mundial que envolve a ONU e várias entidades internacionais.

Essa pesquisa foi feita a partir de consultas em sites de empresas de petróleo e gás, sites de instituições de pesquisas, sites de associações de profissionais da indústria de petróleo e gás e em sites de congressos e simpósios especializados em petróleo e gás. Algumas das tecnologias inovadoras e disruptivas da indústria 4.0 e as modernas ações e visões de gestão que estão sendo praticadas, tanto em toda a cadeia de valor da indústria de petróleo e gás como, especificamente, no segmento de *upstream* e nas Geociências, serão apresentadas a seguir nas próximas seções desse capítulo.

#### III.1 – Indústria de petróleo e gás em geral

O planejamento estratégico é um meio utilizado pelas empresas para identificar cenários futuros e orientar as decisões das organizações, levando em consideração as condições externas e internas à mesma. Nesse contexto, a sua missão, visão e valores estabelecidos indicam a direção a ser seguida, de modo a otimizar a sua interação com os fatores externos não controláveis, aproveitando o seu potencial de forma inovadora e diferenciada. O resultado do planejamento estratégico será disseminado para toda a organização por meio do planejamento tático e operacional, atingindo suas áreas de mercado, financeira, produção, recursos humanos e organizacional.

---

<sup>6</sup>[https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/topics\\_ext\\_content/ifc\\_external\\_corporate\\_site/sustainability-at-ifc/publications/publications\\_report\\_whocareswins\\_wci\\_1319579355342](https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/topics_ext_content/ifc_external_corporate_site/sustainability-at-ifc/publications/publications_report_whocareswins_wci_1319579355342)

<sup>7</sup><https://www.pactoglobal.org.br/ods>

As empresas de energia modulam o seu negócio definindo estratégias de atuação que demandam novas tecnologias para antecipar soluções, superar desafios e inovar visando alcançar seus objetivos futuros, conforme pode ser constatado na visão estratégica de algumas das grandes empresas de petróleo e gás mostradas a seguir.

**PETROBRAS** (Fonte: <https://petrobras.com.br/pt/>)

### Visão Estratégica

Compromissos com a sustentabilidade:

- Redução das emissões absolutas operacionais totais em 25% até 2030.
- Zero queima de rotina em flare até 2030.
- Reinjeção de 40MM de ton de CO<sub>2</sub> até 2025, em projetos de CCUS.
- Redução de 32% na intensidade de carbono no E&P até 2025.
- Redução de 40% na intensidade de emissões de metano no E&P até 2025.
- Redução de 16% na intensidade de carbono no refino até 2025.
- Redução de 50% na captação de água doce nas operações até 2030.
- Crescimento zero na geração de resíduos de processo até 2025.
- 100% das instalações da PETROBRAS com *planos de ação em biodiversidade* até 2025.
- Investimentos em programas de direitos humanos, relacionamentos comunitários e projetos socioambientais.

Tecnologia e valor

- Robótica e tecnologia de sensoriamento – mini drones em atividades submarinas.
- Sistema imersivo de pesquisa de campo (Tecnologias Digitais) - laboratório virtual.
- “Realidade Mista” (Tecnologias Digitais) - interação imersiva, à distância e em tempo real.

Tecnologias de transformação digital

- Inteligência artificial
- Digital Twins
- Internet das coisas
- Inteligência artificial
- Robótica



**SHELL** (Fonte: <https://www.shell.com/>)

### **Visão estratégica**

Impacto positivo na biodiversidade.

Emissões Líquidas zero de CO<sub>2</sub> (2050).

Transformação digital na indústria de energia

Inteligência Artificial empresarial

Inovação Digital

- Impressão 3D na indústria de energia
- Blockchain
- Ciência Computacional
- Publicações de pesquisa
- Robótica na Indústria de Energia

Digitalização em ação

- Foco no cliente
- Indústria 4.0: tecnologias e exemplos
- Digitalização em subsuperfície e poços
- Desenvolvimento de software low-code/no-code
- Um mundo digital acessível a todos
- Movendo a subsuperfície para a nuvem

Transição energética

Busca de soluções de energia mais limpas.

Energias renováveis e soluções de energia reduzir as emissões de carbono:

- Solar
- Eólica
- Hidrogênio
- Combustíveis de baixo carbono - combustível de aviação sustentável (SAF), biodiesel, bioetanol e gás natural comprimido renovável (R-CNG), para o transporte.



**ARAMCO** (Fonte: <https://www.aramco.com/en/>)

### Visão estratégica

Criar um sistema econômico circular que reutilize matérias-primas, ao invés de descartar como resíduo industrial - sistema de circuito fechado envolvendo 4Rs: reduzir, reutilizar, reciclar e remover.

Combate às mudanças climáticas

Digitalização e Transformação Digital

- Inteligência Artificial e *Big Data* - Tecnologias da Quarta Revolução Industrial (4IR)

Tecnologias Digitais

- Inteligência artificial
- Gêmeos digitais
- Automação robótica de Processos
- Internet das coisas
- Internet industrial das coisas
- Automação robótica em veículos não tripulados
- Realidade virtual/aumentada
- Impressão 3D

Inovações urgentes

- Energias
- Materiais não metálicos
- Fibra de carbono de baixo custo. Interesses: componentes leves, maior rigidez estrutural, ciclos de manutenção mais longos e maior produtividade.

**BP** (Fonte: <https://www.bp.com/> )

### Visão estratégica

Investir fortemente em energias renováveis, descarbonização de seus processos e transição energética

- Polos de energia de baixo carbono – emissões zero.
- Energia eólica *offshore*.
- Energia solar.
- Produção e armazenamento de hidrogênio.
- Hidrogênio verde (2027)
- Captura, utilização e armazenamento de carbono (CCUS)

**TotalEnergies** (Fonte: <https://totalenergies.com/>)

### Visão estratégica

Ser uma empresa integrada de energia e um player mundial na transição energética com foco em emissão net zero de carbono até 2050.

Foco em:

- Gás.
- Petróleo.
- Eletricidade renovável.
- Biomassa.
- Desenvolvendo nossa linha de biocombustíveis.
- Acelerando em Biogás.
- Rumo a uma economia circular para plásticos.
- Hidrogênio.
- Neutralidade carbônica - ambição compartilhada com os clientes.

As visões estratégicas dessas empresas acima mencionadas convergem claramente para os seguintes caminhos:

- **Transformação digital na indústria de energia**
  - Big Data, inteligência artificial, gêmeos digitais, automação e robótica de processos e veículos não tripulados, robótica na indústria de energia, internet das coisas, realidade virtual/aumentada, impressão 3D, Indústria 4.0, digitalização em subsuperfície e poços, desenvolvimento de software low-code/no-code, mundo digital acessível a todos, dados na nuvem, Blockchain, ciência computacional, sistema imersivo de pesquisa de campo, e “realidade mista” interação imersiva, à distância e em tempo real.
- **Transição energética para energias mais limpas**
  - biorefino, diesel renovável, biocombustíveis, bioquerosene de aviação, bunker baixo enxofre, energia eólica offshore, energia solar, produção e armazenamento de hidrogênio, hidrogênio verde, eletricidade renovável, biomassa, biogás, mobilidade elétrica, gás natural e hidrogênio azul.
- **Rumo a uma economia circular e desperdício zero**
  - gestão responsável dos recursos hídricos e da biodiversidade, uso de recursos e materiais de forma eficiente (aumentar a reutilização e reciclagem), Plásticos reciclados e bioplásticos, soluções climáticas e reduzir desperdício operacional
- **Operações com baixo carbono**
  - Emissões de CO<sub>2</sub> *zero-net*, redução da emissão de metano, captura, utilização e armazenamento de carbono (CCUS), eficiência energética (mais energia com menos emissões) e combate às mudanças climáticas.

Essas tendências também aparecem em outros espaços amostrais, por exemplo: na *Rio oil and gas 2022*, importante fórum técnico de discussão sobre tecnologia e gestão da indústria de petróleo e gás, a análise dos temas das seções técnicas mostrou que, do total de 503 trabalhos técnicos (artigos e posters) quase metade (49% ou 248 trabalhos) foram dedicados à ESG, CCS, sustentabilidade ambiental, transição energética, energias renováveis e *machine learning* (Figura 5).

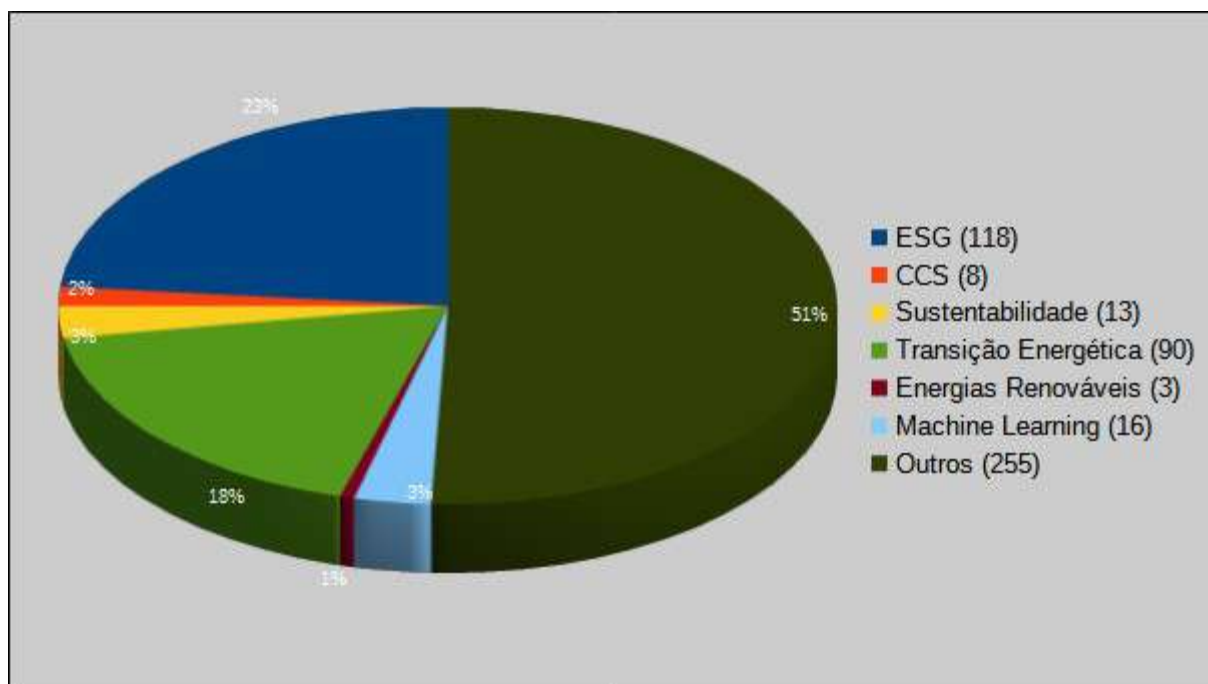


FIGURA 5 – Análise estatística dos temas das seções técnicas (artigos e posters) do *Rio oil and gas 2022*.

As tendências são laterais para toda a cadeia de valor da indústria de petróleo e gás, e podem ser desdobradas para os seus segmentos (*upstream*, *midstream* e *downstream*) com suas especificidades demandando soluções customizadas e especializadas para cada processo ou atividade, como será mostrado a seguir no segmento de *upstream* e, mais especificamente, no setor de exploração e desenvolvimento da produção (E&P) que congrega, predominantemente, as atividades de geociências na indústria de petróleo e gás e é o foco de atuação do PRH-ANP-42.1.

### III.2 – Segmento de *upstream* (E&P) e Geociências

Na cadeia de valor da indústria de petróleo e gás o segmento de *upstream*, sobretudo o setor de E&P, tradicionalmente é o que demanda a maior parte dos investimentos das companhias petroleiras. É um segmento que sempre necessita estar atualizado com as novas tecnologias e, muitas vezes, é precursor no desenvolvimento e utilização delas.

A Petrobras, por exemplo, utilizando soluções de *machine learning*<sup>8</sup>, *big data*<sup>9</sup>, *data analytics*<sup>10</sup>, realidade virtual e realidade aumentada<sup>11</sup>, internet das coisas (IoT)<sup>12</sup> desenvolveu os chamados *Digital Twins*<sup>13</sup> (gêmeos digitais) e criou uma plataforma inovadora de análise integrada de modelamento de dados denominada internamente de Painel de Análogos<sup>14</sup>.

O Painel de Análogos permite que a análise das informações seja incrementada com ferramentas visuais e estatísticas para consulta e exploração de dados de reservatórios. Através de algoritmos de Inteligência Artificial<sup>15</sup>, a ferramenta sugere ao geólogo os melhores parâmetros a serem incorporados em sua análise. A ideia é capturar padrões de dados grandes e complexos e, por meio da ferramenta, processar esse volume de informações, além de entregar resultados de modo mais rápido e assertivo, extraindo o máximo potencial dos dados com ganhos, sobretudo, no compartilhamento de informações. Milhares de dados sobre a dinâmica dos reservatórios são adquiridos diariamente e a proposta é permitir, por meio da Inteligência Artificial, que eles sejam disponibilizados e analisados em tempo real. Isso significa dar a geólogos e geofísicos acesso a todas as informações existentes sobre os reservatórios mapeados pela companhia. Assim, ao analisar os dados de uma nova área adquirida pela empresa, o especialista, por meio de busca, visualiza quais os campos da Petrobras têm características semelhantes, quais soluções foram adotadas e as lições aprendidas.

---

<sup>8</sup> *Machine learning* (aprendizado de máquina) é a capacidade dos computadores de “aprender” sem necessariamente terem sido programados.

<sup>9</sup> *Big data* é a área do conhecimento que estuda como tratar, analisar e obter informações a partir de conjuntos de dados muito grandes.

<sup>10</sup> *Data analytics* é a análise computacional sistemática de dados ou estatísticas. É usado para a descoberta, interpretação e comunicação de padrões significativos em dados.

<sup>11</sup> A realidade virtual cria os ambientes virtuais e inclui os usuários dentro deles por meio de aparatos tecnológicos, já a realidade aumentada inclui elementos virtuais dentro do mundo real.

<sup>12</sup> A Internet das Coisas (IoT) descreve a rede de objetos físicos incorporados a sensores, software e outras tecnologias com o objetivo de conectar e trocar dados com outros dispositivos e sistemas pela internet.

<sup>13</sup> Os *Digital Twins*, traduzidos para o português como Gêmeos Digitais, são cópias virtuais e dinâmicas de alta fidelidade de um ativo físico, sistema, processo, objeto ou até mesmo ambiente que se parece e se comporta de forma idêntica ao seu semelhante do mundo real.

<sup>14</sup> <https://nossaenergia.petrobras.com.br/energia/salto-para-o-futuro/>

<sup>15</sup> A Inteligência Artificial (IA) é uma ciência materializada por um conjunto de tecnologias computacionais que são inspiradas nas maneiras como as pessoas usam seus sistemas nervosos e seus corpos para sentir, aprender, raciocinar e agir (SARA). Ela permite que as máquinas tenham uma percepção visual, façam o reconhecimento de voz, apoiem a tomada de decisão, efetuem a tradução entre linguagens, entre outras tarefas. A sua implementação é fundamentalmente baseada em algoritmos matemáticos onde destacam-se as técnicas de aprendizagem de máquina (*machine learning*) e aprendizado profundo (*deep learning*)



Os processos do setor de desenvolvimento da produção (atividade de E&P) também estão sendo modernizados com a utilização das tecnologias acima mencionadas (*digital twins*, internet das coisas, realidade virtual e realidade aumentada, etc), com ganhos de produtividade e segurança operacional. Alguns exemplos desses ganhos tecnológicos em processos da indústria de petróleo e gás podem ser vistos a seguir<sup>16</sup>:

- Manutenção preditiva de equipamentos

Com o uso de *digital twins*, é possível identificar problemas e falhas iminentes de equipamentos com antecedência, mudando a cultura da empresa da manutenção reativa para uma manutenção preditiva. Assim, evita-se o custo gerado pelo tempo de inatividade não planejado.

- Antecipação de projetos

Sendo os *digital twins* cópias exatas e detalhadas de um ambiente físico, é possível criar modelos de perfuração, extração, rede de dutos, sistemas de coleta, turbinas, compressores e bombas, para determinar se os projetos de equipamentos são viáveis antes de sua implementação.

- Avaliação remota de ativos

Por meio de simulações das instalações de produção, é possível reunir dados em tempo real para análise e avaliação do estado e da condição de um ativo, não importa onde ele esteja localizado, a fim de oferecer alternativas viáveis para ajudar os operadores de sistemas a tomar uma decisão quando surgem problemas.

- Simuladores

Uma das grandes preocupações da indústria de petróleo e gás é com a segurança dos trabalhadores. Acidentes de trabalho ainda existem na indústria de petróleo e gás, mesmo com todos os cuidados e com todos os EPIs disponíveis. Entretanto, os riscos podem ser mitigados com o uso da tecnologia. Os simuladores são um ótimo exemplo. Já estão disponíveis plataformas de simulação que emulam o ambiente operacional. Desta forma, os trabalhadores são treinados antes da atividade real, o que reduz, significativamente, os incidentes *in loco* e tornam o trabalho mais seguro.

- Supervisão remota

O ambiente onde a indústria do óleo e gás atua é bastante peculiar, muitas vezes operando em áreas remotas e que expõem os trabalhadores a grandes riscos. O uso de sensores e da internet das coisas (*IoT*) ajudam a detectar problemas e trabalhar nas correções de maneira remota. Esse acompanhamento remoto não se limita apenas ao local de extração, sendo possível supervisionar em tempo real todos os processos e, em caso de problemas, os gestores têm as informações necessárias em mãos, possibilitando a tomada de decisões de maneira imediata.

---

<sup>16</sup> <https://www.ibp.org.br/noticias/com-realidade-aumentada-palco-vira-plataforma-de-petroleo-na-og-techweek/>

As atividades, processos e rotinas de trabalho desenvolvidos por profissionais de Geociências, sobretudo por Geólogos e Geofísicos, também estão passando por profundas alterações devido ao surgimento de novas tecnologias e soluções de interpretação e análise de dados geológicos e geofísicos.

A interpretação de dados sísmicos 2D, e sobretudo 3D, que era feita de forma manual por intérpretes sísmicos agora pode ser feita de forma automática através de algoritmos de *machine learning* e *deep learning* que reconhecem e identificam padrões de feições estruturais (falhas, fraturas, lineamentos) e estratigráficas (terminações e truncamentos de refletores sísmicos, classificação de fácies sísmicas, etc), com enorme otimização do tempo de desenvolvimento dos projetos de exploração.

A identificação e mapeamento automático de elementos estruturais, como falhas por exemplo, de uma Bacia sedimentar já é uma funcionalidade implementada nas novas versões de softwares especializados em interpretação sísmica e novos estudos continuam o aperfeiçoamento desse processo (Zheng, Y. et al. 2019; Hussein, M. et al. 2020; Ahmed, K. A. et al. 2021; Imran, Q.S et al. 2021).

No mesmo sentido, já existe uma tendência promissora de desenvolvimento de soluções para mapeamento de feições estratigráficas, também utilizando algoritmos especialistas de *machine learning* e *deep learning* ( Zhou, Cuiying et al. 2019; Di, Haibin et al. 2020; 2022; Abdelwahhab, Mohammad A. et al. 2022; Tokpanov, Yury et al. 2020; Maas, Marcus V.R. et al. 2023), somente para citar alguns exemplos.

Portanto, está bem evidente a tendência transformadora da utilização de soluções de inteligência artificial, e de outras tecnologias disruptivas, na melhoria dos processos do setor de exploração e produção da indústria de petróleo e gás.

#### **IV – O PRH-ANP- 42.1 E AS NOVAS TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS**

Nesse item, serão mostradas algumas ações desenvolvidas no âmbito do PRH-ANP- 42.1 em linha com as novas tendências discutidas anteriormente nesse trabalho, e também serão mostradas algumas novas oportunidades que podem ser aproveitadas pelos pesquisadores e pelos alunos bolsistas dos cursos ligados ao Programa.

##### **IV.1 – Aderência do PRH-ANP- 42.1 às novas tendências tecnológicas**

A figura 6 mostra quatro (4) *folders* de divulgação de palestras técnicas promovidas pelo PRH-ANP-42.1 ministradas por pesquisadores e especialistas em temas atinentes às tendências tecnológicas identificadas nesse trabalho, tais como: utilização de inteligência artificial/*machine learning* na interpretação sísmica; sustentabilidade ambiental na indústria de petróleo e gás; captura e estocagem geológica de carbono (CCS).

<p><b>CICLO 2021 DE PALESTRAS DO PROGRAMA DE FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS EM GEOCIÊNCIAS E INFORMÁTICA DO PETRÓLEO</b></p> <p><b>PRH 42.1</b></p> <p><b>PALESTRA</b></p> <p><b>Machine learning e interpretação de dados sísmicos: conceitos básicos e exemplos</b></p> <p>Nessa palestra trataremos dos conceitos básicos relacionados à aprendizagem de máquina (machine learning), abordando os diferentes tipos de aprendizagem e como podem ser utilizadas no auxílio à análise e interpretação de dados de reflexão sísmica.</p> <p><b>Palestrante:</b>  <b>Prof. Dr. Alex Francisco Antunes</b></p>  <p>Doutor em Geodinâmica (PPGG/UFRN, 2004). Professor Associado III do Departamento de Geologia da UFRN. Docente do quadro permanente do Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica da UFRN. Pesquisador do Laboratório de Geologia e Geofísica do Petróleo II da UFRN.</p> <p>Atua nas linhas de pesquisa de Evolução Litostérica e Processos Geodinâmicos e Geologia e Geofísica do Petróleo, com interesse especial em tectônica de bacias, utilizando técnicas e métodos como análise e modelagem estruturais, interpretação de dados sísmicos, análise de atributos sísmicos e machine learning aplicada à análise de dados geológico-geofísicos.</p> <p><b>Mediação:</b>  <b>Dr. Pedro Xavier</b>          Pesquisador visitante do PRH-ANP 42</p> <p><b>Data:</b> 27 de maio de 2021 / 16:00</p> <p><b>Link para a palestra no YouTube:</b>  <a href="https://www.youtube.com/watch?v=3va84QV2F4">https://www.youtube.com/watch?v=3va84QV2F4</a></p>	<p><b>CICLO 2022 DE PALESTRAS DO PROGRAMA DE FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS EM GEOCIÊNCIAS E INFORMÁTICA DO PETRÓLEO</b></p> <p><b>PRH 42.1</b></p> <p><b>PALESTRA</b></p> <p><b>Carbon Capture and Storage (CCS)</b></p> <p>A estocagem geológica de carbono trazendo novas oportunidades para os profissionais das geociências</p> <p>A palestra abordará a relevância do CCS para a neutralidade de carbono (Net Zero), a evolução global dos projetos de CCS, conceitos básicos da captura e da estocagem geológica de carbono, bem como as perspectivas para implantação de projetos de CCS no Brasil, questões regulatórias envolvidas e as oportunidades de trabalho na área para os profissionais de Geociências.</p> <p><b>Palestrante:</b>  <b>Geólogo MSc. Milas Evangelista</b>          (Renovar Sustentabilidade)</p>  <p>Consultor de negócios em biocombustíveis e projetos de CCS na Renovar Sustentabilidade. Consultor na FGV na área de Energia, trabalhando em estudos e projetos de energia, com enfoque nos biocombustíveis.</p> <p>Geólogo pela USP, especialista em Geologia do Petróleo pela Petróbras e Mestre em "Análise da Dinâmica Ambiental" pela Universidade de Hull (Inglaterra). Possui MBA em Gestão Empresarial pela USP e especialização em Educação executiva na Amans Key, Insead, Wharton, Harvard, Fundação Dom Cabral e London Business School.</p> <p>Trabalhou durante 20 anos na Petróbras como Gerente Corporativo de Segurança, Meio Ambiente e Saúde (SMS) da Área de E&amp;P e na Área de Negócios Internacionais. Foi Diretor de Etanol e Suprimento Agrícola da Petróbras. Biocombustível (PBIO), e membro do Conselho de Administração da Guarani S.A., Nova Fronteira Bioenergia S.A. e Bambal Bioenergia S.A.</p> <p><b>Mediação:</b>  <b>Dr. Pedro Xavier</b>          Pesquisador visitante do PRH-ANP 42.1</p> <p><b>Data:</b> 17 de novembro de 2022 / 16:30 h</p> <p>A palestra será transmitida pelo YouTube através do link:  <a href="https://youtu.be/HVYYcU6tFI">https://youtu.be/HVYYcU6tFI</a></p>
<p><b>CICLO 2021 DE PALESTRAS DO PROGRAMA DE FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS EM GEOCIÊNCIAS E INFORMÁTICA DO PETRÓLEO</b></p> <p><b>PRH 42.1</b></p> <p><b>PALESTRA</b></p> <p><b>Conexões climáticas globais e o futuro sustentável da indústria de petróleo</b></p> <p>A palestra pretende inicialmente enfatizar o caráter global das mudanças climáticas, a partir de exemplos de pesquisas efetuadas pelo palestrante no nordeste brasileiro. Posteriormente irá traçar um histórico sobre a utilização de combustíveis fósseis e discutir o papel (e o futuro) destes em um planeta que, cada vez mais, entende a necessidade de se adotar práticas sustentáveis de modo a garantir um futuro saudável para a humanidade.</p> <p><b>Palestrante:</b>  <b>Dr. Augusto Auler</b> (Ityl Environmental Economics)</p>  <p>Augusto Auler é membro de Belo Horizonte, empresário e pesquisador. Possui graduação em geologia pela Universidade Federal de Minas Gerais, especialização em hidrogeologia pela Universidade Politécnica de Madrid, Espanha, mestrado em hidrologia pela Western Kentucky University, Estados Unidos e doutorado em geografia física e geocronologia pela University of Bristol, Inglaterra (1998). É pesquisador na área de mudanças climáticas, hidrologia e estudos do carvão e coqueadas.</p> <p>É diretor de empresas de geologia ambiental e mudanças climáticas e membro do corpo editorial das revistas Geomorphology, International Journal of Speleology e Cave and Karst Science. É assessor científico em relação a temas científicos via UNESCO, junto ao governo da China, co-leitor de projetos IGCOP junto à UNESCO, membro temporário do corpo docente da University of Alton, China, E&amp;P, e docente orientador do Instituto de Geociências da UFMG. Publicou até o momento 10 livros e mais de 300 artigos científicos e técnicos.</p> <p><b>Mediação:</b>  <b>Dr. Pedro Xavier</b>          Pesquisador visitante do PRH-ANP 42</p> <p><b>Data:</b> 04 de agosto de 2021 / 17:00 h</p> <p><b>Link para a palestra no YouTube:</b>  <a href="https://youtu.be/3lpGuxP9lYQ">https://youtu.be/3lpGuxP9lYQ</a></p>	<p><b>CICLO 2021 DE PALESTRAS DO PROGRAMA DE FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS EM GEOCIÊNCIAS E INFORMÁTICA DO PETRÓLEO</b></p> <p><b>PRH 42.1</b></p> <p><b>PALESTRA</b></p> <p><b>Como a sustentabilidade ambiental e a eficiência energética estão moldando a nova indústria do petróleo e seus impactos nas geociências.</b></p> <p>Essa palestra irá mostrar como a sustentabilidade ambiental e a eficiência energética estão moldando uma nova indústria do petróleo e promovendo evoluções (e revoluções!) nos diversos aspectos da sociedade, da tecnologia e das ciências, dentre elas as Geociências.</p> <p><b>Palestrante:</b>  <b>Dr. Paulo Roberto Schroeder Johann</b> (Petrobras)</p>  <p>É graduado em geologia pela Unicef (RS) com Diploma (Cidades Aterroflúvia (D.E.A.) e Doctorat en Géosciences pela Universidade Paris VI. Possui MBA em Gerência de Projetos pela Fundação Getúlio Vargas e MBA em Gerência Executiva Avançada pela UFRJ/COPEAD.</p> <p>Trabalha na Petrobras há 40 anos tendo exercido atividades de orientação e consultoria técnica, de ensino e gestão. Foi coordenador do Programa Sistemático de Síntese de Reservatórios do PRH/ANP tendo representado a Petrobras em importantes reuniões técnicas com grandes empresas de petróleo no segmento E&amp;P. Estive à frente da Gerência de Geofísica de Reservatórios no E&amp;P de 2007 a 2018 e atualmente é Consultor Sênior da Petrobras. Atuou, no âmbito da Universidade Petróbras, como instrutor e coordenador em mais de trinta (30) cursos de treinamento e capacitação em Geofísica, Geologia e Engenharia de Reservatórios e ministrando aulas e palestras técnicas em universidades do Brasil e do exterior. É autor e coautor de mais de uma dezena de artigos sobre estudos de reservatórios de petróleo e foi vice-presidente da Sociedade Brasileira de Geofísica (SBGF) e da Society of Exploration Geophysicists (SEG).</p> <p><b>Mediação:</b>  <b>Dr. Pedro Xavier</b>          Pesquisador visitante do PRH-ANP 42</p> <p><b>Data:</b> 12 de agosto de 2021 / 17:00 h</p> <p><b>Link para a palestra no YouTube:</b>  <a href="https://youtu.be/gv8cjYlY06U">https://youtu.be/gv8cjYlY06U</a></p>

Figura 6 – Palestras (webinários) promovidas pelo PRH-ANP-42.1 para disseminar o conhecimento sobre sustentabilidade ambiental, captura e estocagem de carbono, inteligência artificial/machine learning em linha com as novas tendências da indústria de petróleo e gás.

No âmbito acadêmico, na dimensão pesquisa, está em desenvolvimento no PPGG um projeto de pesquisa de Mestrado pelo bolsista do PRH-ANP-42.1 José Romero dos Santos Silva, com orientação do professor Dr. Alex Francisco Antunes (DGEO/PPGG) intitulado “Uso de técnicas de *machine learning* aplicadas à análise de reflexão sísmica na Bacia Potiguar”, que também está alinhado às tendências de transformação digital identificadas nessa pesquisa.

Outra iniciativa acadêmica, essa na dimensão ensino, é a inclusão de temas como sustentabilidade ambiental, transição energética, inteligência artificial (*machine learning/deep learning*), energias renováveis, na ementa e nos seminários dos alunos da disciplina Indústria do Petróleo e Gás (GGF2051), ministrada pelo pesquisador visitante do PRH-ANP-42.1, também desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica (PPGG), conforme pode ser constatado no programa da disciplina mostrado no anexo 1.

#### **IV.2 – Oportunidades das novas tendências para o PRH-ANP-42.1**

O PRH-ANP-42.1 está bem posicionado do ponto de vista de aproveitamento das oportunidades geradas pelas novas tendências tecnológicas uma vez que, organicamente, é o único PRH-ANP do Brasil composto por Geociências e Informática, duas das áreas do conhecimento que mais geram inovações tecnológicas. Nesse sentido, o objetivo desse item é indicar oportunidades mais específicas que podem ser desenvolvidas pelos pesquisadores e implementadas nos cursos pertencentes ao Programa ou até mesmo gerar novas linhas de pesquisa no PRH-ANP-42.1.

É importante frisar que a intenção aqui não é propor alterações na grade curricular das disciplinas dos cursos, nem propor a criação de novas disciplinas, isso não é da competência nem do pesquisador visitante e nem do coordenador do PRH-ANP42.1, mas apenas sugerir algumas ações que podem catalisar o aproveitamento pela comunidade do PRH-ANP-42.1 das oportunidades geradas pelas novas tendências.

Algumas iniciativas já estão implementadas no PRH-ANP-42.1, como por exemplo: promoção de palestras (webinarios e presenciais) sobre tecnologias inovadoras e temas de novas tendências tecnológicas; inclusão em ementa da disciplina Indústria de petróleo e gás (GGF2051/PPGG) de temas atinentes às novas tendências (transição energética, energias renováveis, utilização de inteligência artificial na exploração de petróleo e gás, etc); seminários dos alunos da disciplina Indústria de Petróleo e Gás sobre temas dessas novas tendências, dentre outras ações complementares promovidas pela coordenação e pelo pesquisador visitante do Programa.

Os temas tecnológicos listados a seguir podem ser disseminados no âmbito do PRH-ANP-42.1 como discussões ou palestras complementares às ementas dos cursos; projetos atrelados às bolsas de graduação e pós-graduação; incentivo à participação dos alunos dos cursos do programa em simpósios e congressos técnicos sobre esses temas ou até mesmo ofertadas como disciplinas de módulos nos cursos de pós-graduação do Programa.

- **Estudo e desenvolvimento de tecnologias de *big data* e *data analytics* aplicadas à exploração e desenvolvimento da produção de petróleo e gás**
  
- **Estudo e desenvolvimento de tecnologias de *machine learning* e *deep learning* aplicadas ao setor de exploração e desenvolvimento da produção de petróleo e gás**
  
- **Estudo e desenvolvimento de tecnologias aplicadas em sustentabilidade ambiental na indústria de petróleo e gás**
  
- **Estudo e desenvolvimento de tecnologias aplicadas na transição energética e descarbonização de processos na indústria de petróleo e gás**
  
- **Estudos e desenvolvimento de tecnologias de internet das coisas, realidade virtual / realidade aumentada aplicada à exploração e desenvolvimento da produção de petróleo e gás**
  
- **Disseminação na comunidade do PRH-ANP-42.1 dos conceitos e princípios de ESG da indústria de petróleo e gás**



## V – CONSIDERAÇÕES FINAIS.

O crescimento do mercado petrolífero induz uma grande competitividade entre as empresas do setor, pois todas buscam através de inovações alcançarem maiores níveis de produção e produtividade, conseqüentemente gerando maiores oportunidades de trabalho. Existe também um grande avanço dessas empresas na área de inovação e tecnologia, com o intuito de melhorar a qualidade de seus produtos e também ter uma maior produção e espaço no ambiente competitivo internacional com sustentabilidade ambiental e responsabilidade social.

O cenário da indústria de petróleo, gás e biocombustíveis indica um avanço tecnológico consistente nos últimos anos e, com as descobertas de novas reservas petrolíferas recentes, tanto no Brasil quanto em outros países, a tendência é de que surjam novas tecnologias para a exploração e para enfrentar o desafio de realizar novas descobertas de petróleo e gás.

O PRH-ANP-42.1 está bem posicionado do ponto de vista das oportunidades geradas pelas novas tendências tecnológicas uma vez que, organicamente, é o único PRH-ANP do Brasil composto por Geociências e Informática, duas das áreas do conhecimento que mais geram inovações tecnológicas o que projeta boas perspectivas de desenvolvimento de projetos inovadores para seus pesquisadores e alunos bolsistas.

## VI - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdelwahhab, Mohammad A., Nabil A. Abdelhafez, Ahmed M. Embabi, 2022, Machine learning-supported seismic stratigraphy of the Paleozoic Nubia Formation (SW Gulf of Suez-rift): Implications for paleoenvironment–petroleum geology of a lacustrine-fan delta, *Petroleum*, 2022. ISSN 2405-6561, <https://doi.org/10.1016/j.petlm.2022.01.004>

Ahmed , Khawar Ashfaq, Sarfraz Khan, Umair Bin Nisar, Muhammad Rizwan Mughal, 2021, Machine seismic: an automatic approach for the identification of subsurface structural models, *Soft Computing* (2021) 25:8169–8176, <https://doi.org/10.1007/s00500-021-05740-2>

Di, H., Z. Li, H. Maniar, and A. Abubakar, 2020, Seismic stratigraphy interpretation by deep convolutional neural networks: A semisupervised workflow: *Geophysics*, 85(4).

Di, H., and A. Abubakar, 2022, Estimating subsurface properties using a semisupervised neural network approach: *Geophysics*, 87(1).

Hussein, M., R. Stewart, and J. Wu, 2020, Unsupervised Machine Learning Techniques for Subtle Fault Detection, 2020, 82nd EAGE Conference & Exhibition 2020 8-11 December 2020, Amsterdam, The Netherlands.

Imran, Q.S.; Siddiqui, N.A., Latiff, A.H.A.; Bashir, Y.; Khan, M., Qureshi, K.; Al-Masgari, A.A.-S., Ahmed, N.; Jamil, M. Automated, 2021, Fault Detection and Extraction under Gas Chimneys Using Hybrid Discontinuity Attributes. *Appl. Sci.* 2021, 11, 7218. <https://doi.org/10.3390/app11167218>.

Maas, Marcus Vinicius Rodrigues, Heather Bedle, Marcilio Castro de Matos, 2023, Seismic identification of carbonate reservoir sweet spots using unsupervised machine learning: A case study from Brazil deep water Aptian pre-salt data, *Marine and Petroleum Geology*, 2023,106199, ISSN 0264-172, <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2023.106199>.

Tokpanov, Yury , Smith, Johanna , Ma, Zheren , Deng, Lichi , Benhallam, Wassim , Salehi, Amir , Zhai, Xiang , Darabi, Hamed , and David Castineira, 2020, "Deep-Learning-Based Automated Stratigraphic Correlation." Paper presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Virtual, October 2020. doi: <https://doi.org/10.2118/201459-MS>

Zheng, York, Qie Zhang, Anar Yusifov, and Yunzhi Shi, 2019, Applications of supervised deep learning for seismic interpretation and inversion, *THE LEADING EDGE* July 2019, <https://doi.org/10.1190/tle38070526.1>.

Zhou, Cuiying, Jinwu Ouyang, Weihua Ming, Guohao Zhang, Zichun Du, and Zhen Liu – 2019, A Stratigraphic Prediction Method Based on Machine Learning, *Appl. Sci.* 2019, 9, 3553; doi:10.3390/app9173553.



## ANEXO 1



## Plano de Curso

**Turma:** GGF2051 - A INDÚSTRIA DE PETRÓLEO E GÁS (60h) -  
Turma: 01 (2022.2)

**Horário:** 24T56

**Pré-Requisitos:** Não possui

**Ementa:** História do petróleo. Geologia do petróleo e sistemas petrolíferos. Conceitos e modelos de reservatórios. Técnicas de exploração, avaliação de jazidas e produção. Análise de risco exploratório. A exploração de petróleo e gás no Brasil. Gerenciamento de riscos ambientais. Craqueamento de petróleo e processos de refino para obtenção de derivados. Análise e controle de qualidade dos produtos. O parque industrial do petróleo e gás no Brasil. Regulamentação do setor petróleo & gás no Brasil. Contratos, financiamentos e empreendimentos para exploração, produção e refino. Reservas e mercados de óleo e gás, no Brasil e no mundo. Análise econômica. Perspectivas tecnológicas.

**Matrícula**  
163.611.213-72

**Docente(s)**  
PEDRO XAVIER NETO - 60h

### Metodologia de Ensino e Avaliação

<p>Metodologia:</p>	<p>A disciplina será estruturada em quatro (4) módulos:  módulo introdutório- Apresentação do curso;  módulo da cadeia produtiva da indústria de petróleo e gás- upstream, midstream e downstream;  módulo de processos transversais- Geopolítica do Petróleo, Direito do Petróleo e Gás, Sustentabilidade Ambiental na Indústria de Petróleo e Gás e Sistemas de Inteligência Artificial aplicados à Indústria de Petróleo e Gás e  módulo de seminários dos alunos, e será desenvolvida através de aulas expositivas e palestras de especialistas em cada processo dos módulos.  O módulo da cadeia produtiva de petróleo e gás será desdobrado nos seus principais processos os quais serão abordados em aulas e palestras dedicadas ao tema:  Upstream (E&amp;P- Exploração e Produção) – aquisição e processamento de dados exploratórios, interpretação exploratória, Geologia do petróleo, perfuração e perfilagem de poços exploratórios, avaliação de Formações, delimitação e estudos de reservatórios, desenvolvimento da produção e produção de petróleo e gás, energias renováveis;  Midstream - escoamento e estocagem da produção, refino e produção de derivados de petróleo e gás;  Downstream – transporte distribuição e comercialização de derivados de petróleo e gás</p>
<p>Procedimentos de Avaliação da Aprendizagem:</p>	<p>As avaliações constarão da apresentação por cada aluno de seminários expositivos (individuais) abordando um tema escolhido por cada aluno dentre a lista de temas abaixo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Aquisição de dados sísmicos terrestres</li> <li>•Aquisição de dados sísmicos marítimos</li> <li>•Processamento de dados sísmicos</li> <li>•Interpretação sísmica</li> <li>•Geologia do petróleo</li> <li>•Perfuração e perfilagem geofísica de poços de petróleo e gás</li> <li>•Avaliação de Formações geológicas</li> <li>•Produção e desenvolvimento da produção de petróleo e gás</li> <li>•Estudos de reservatórios</li> <li>•Escoamento e estocagem da produção de O&amp;G</li> <li>•Refino e produção de derivados de petróleo</li> <li>•Transporte e distribuição de derivados de petróleo</li> <li>•Comercialização de derivados de petróleo</li> <li>•Geopolítica do petróleo</li> <li>•Direito do petróleo</li> <li>•Sustentabilidade Ambiental na indústria de petróleo e gás</li> <li>•Indústria do petróleo 4.0 / inteligência artificial na indústria do petróleo</li> <li>•Energias renováveis</li> </ul> <p>Os seminários serão desenvolvidos e organizados seguindo o roteiro abaixo:</p> <p>Introdução/objetivos : descrever brevemente o escopo e organização do seminário, seus objetivos, relevância, etc</p> <p>Desenvolvimento do tema do seminário: falar sobre o tema do seminário abordando histórico, desenvolvimento e evolução das tecnologias, dos contextos históricos e políticos, do estado da arte atual, contextualizar a relevância do tema do seminário na cadeia de valor de O&amp;G, etc.</p> <p>Novas tecnologias e tendências futuras do tema do seminário: falar das novas tecnologias e metodologias que estão sendo utilizadas na indústria de O&amp;G e, principalmente, apontar as futuras tendências tecnológicas do tema do seminário.</p> <p>Considerações finais: Fazer um fechamento do seminário “alinhando” os pontos principais abordados no Seminário, e expressar sua opinião com base nas pesquisas realizadas sobre o tema.</p> <p>Os seminários terão duração de 45-50 minutos com mais 30 minutos de discussões</p>
<p>Horário de Atendimento:</p>	

### Cronograma de Aulas

Início	Fim	Descrição
29/08/2022	29/08/2022	Não Haverá Aula
31/08/2022	31/08/2022	Apresentação do professor, dos alunos, do conteúdo e da programação da disciplina
05/09/2022	05/09/2022	Geologia do Petróleo
12/09/2022	12/09/2022	Geologia do Petróleo
14/09/2022	14/09/2022	Aquisição sísmica terrestre
19/09/2022	19/09/2022	Aquisição sísmica marítima
21/09/2022	21/09/2022	Processamento de dados sísmicos
26/09/2022	26/09/2022	Métodos potenciais na exploração de O&G
28/09/2022	28/09/2022	Perfuração e acompanhamento geológico de poços de petróleo
05/10/2022	05/10/2022	Avaliação de Formações geológicas
10/10/2022	10/10/2022	Interpretação de dados sísmicos
17/10/2022	17/10/2022	Interpretação de dados sísmicos
19/10/2022	19/10/2022	Atributos sísmicos
24/10/2022	24/10/2022	Atributos sísmicos - DHI
26/10/2022	26/10/2022	Inteligência artificial e machine learning aplicado à exploração de O&G
31/10/2022	31/10/2022	Gerenciamento de reservatórios
07/11/2022	07/11/2022	Refino e produção de derivados de O&G
09/11/2022	09/11/2022	Distribuição e comercialização de derivados de petróleo
14/11/2022	14/11/2022	Energias renováveis
16/11/2022	16/11/2022	Sustentabilidade ambiental na indústria de petróleo
23/11/2022	23/11/2022	Direito do petróleo
28/11/2022	28/11/2022	Geopolítica do petróleo
30/11/2022	30/11/2022	Seminário 1- Sustentabilidade ambiental
05/12/2022	05/12/2022	Seminário 2- Perfuração de poços de petróleo
07/12/2022	07/12/2022	Seminário 3- Interpretação sísmica
12/12/2022	12/12/2022	Seminário 4- Transição energética
14/12/2022	14/12/2022	Seminário 5- Indústria de petróleo 4.0
19/12/2022	19/12/2022	Seminário 6- Inteligência artificial na indústria de petróleo
21/12/2022	21/12/2022	Aula de reposição da avaliação/2ª chamada

### Avaliações

Data	Hora	Descrição
30/11/2022	16:00	SEMINÁRIO SOBRE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL - LUANA
05/12/2022	16:00	SEMINÁRIO SOBRE PERFURAÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO - THIAGO
07/12/2022	16:00	SEMINÁRIO SOBRE INTERPRETAÇÃO SÍSMICA - LEONARDO
12/12/2022	16:00	SEMINÁRIO SOBRE TRANSIÇÃO ENERGÉTICA - CLARA
14/12/2022	16:00	SEMINÁRIO SOBRE INDÚSTRIA DO PETRÓLEO 4.0 - MAURÍCIO
19/12/2022	16:00	SEMINÁRIO SOBRE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA IND. DO PETRÓLEO - ROMERO

### Referências Básicas

Tipo de Material	Descrição
Livro	Webinario sobre energia eólica

### Referências Complementares

Tipo de Material	Descrição
Livro	ASQUITH, George B; GIBSON, Charles R. Basic well log analysis for geologists. Tulsa: AAPG, c1982. 216p. (AAPG Methods, 3) ISBN: 0891816526.