

A digitalização e as redes inteligentes como elementos estratégicos para a transformação da transição energética no setor de petróleo e gás.

Yasmin Arruda¹, Nazem Nascimento², Andreas Nasciemnto³

¹Universidade Estadual Paulista (UNESP), Guaratinguetá, Brasil
(Yasmin.arruda@unesp.br)

²Universidade Estadual Paulista (UNESP), Guaratinguetá, Brasil
(nazem.nascimento@unesp.br)

³Universidade Estadual Paulista (UNESP), Guaratinguetá, Brasil
(andreas.nascimento@unesp.br)

Resumo: A transição energética no setor de óleo e gás exige soluções tecnológicas capazes de aumentar a eficiência, reduzir emissões e promover operações sustentáveis. Este estudo investiga como a digitalização e as redes inteligentes contribuem para essa transformação, analisando tecnologias como inteligência artificial, IoT, Big Data, gêmeos digitais e Smart Grids. A pesquisa identifica oportunidades e desafios dessas ferramentas na construção de uma indústria energética mais eficiente e alinhada a um cenário de baixo carbono.

Palavras-chave: Digitalização; Redes inteligentes; Transição energética; Óleo e gás; Indústria 4.0.

INTRODUÇÃO

As redes inteligentes e a digitalização configuram-se como pilares estruturantes da transição energética contemporânea, pois permitem uma transformação profunda na forma como a energia é gerada, distribuída e consumida. Diferentemente dos sistemas tradicionais, caracterizados por fluxos unidirecionais e baixa flexibilidade, as redes inteligentes operam de maneira dinâmica, integrando múltiplas fontes, especialmente as renováveis, como solar e eólica, que possuem caráter intermitente. Nesse cenário, a digitalização viabiliza o monitoramento em tempo real, a automação de processos e a tomada de decisão baseada em dados, aumentando significativamente a eficiência operacional e a confiabilidade do sistema elétrico (Campana *et al.*, 2025).

Tecnologias como inteligência artificial, Internet das Coisas (IoT) e aprendizado de máquina desempenham um papel essencial nesse processo, pois permitem prever padrões de consumo, antecipar falhas e otimizar o despacho de energia. Além disso, essas ferramentas contribuem para a redução de perdas técnicas e comerciais, promovendo maior sustentabilidade e alinhamento com as metas globais de descarbonização. A capacidade de integrar dados provenientes de diferentes agentes do sistema, desde grandes usinas até consumidores residenciais com geração distribuída, fortalece a resiliência das redes e amplia a participação ativa dos usuários no sistema energético (Campana *et al.*, 2025).

Entretanto, apesar dos avanços, a implementação dessas tecnologias ainda enfrenta desafios relevantes. Do ponto de vista técnico, a integração de fontes renováveis em larga escala exige sistemas mais robustos, capazes de lidar com variações na geração e garantir estabilidade na rede. Já no aspecto econômico, os altos custos iniciais de investimento em infraestrutura digital, sensores e sistemas avançados de controle podem representar uma barreira, especialmente em países em desenvolvimento ou em setores tradicionais como o de óleo e gás. Nesse setor, a transição energética ocorre de forma mais gradual, demandando soluções híbridas que conciliem eficiência operacional com a redução de emissões (KIASARI; GHAFARI E ALY, 2024).

Nesse contexto, as smart grids surgem como uma solução estratégica ao possibilitarem maior flexibilidade, descentralização e integração entre diferentes fontes energéticas. Elas não apenas suportam a expansão das energias renováveis, mas também promovem novos modelos de negócios, como a geração distribuída e os mercados de energia locais. Dessa forma, investigar o papel da digitalização torna-se fundamental para compreender como essas tecnologias podem acelerar a transição energética, superar desafios estruturais e contribuir para um sistema energético mais limpo, seguro e eficiente (KIASARI; GHAFARI E ALY, 2024).

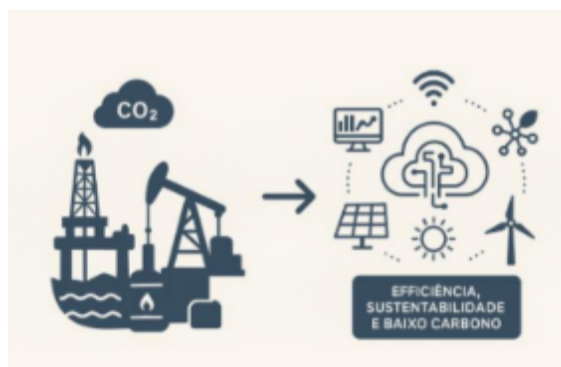


Figura 1. Da Indústria Tradicional à Transição Energética

O setor de óleo e gás desempenha papel estratégico na matriz energética brasileira, mas também representa uma importante fonte de emissões de gases de efeito estufa (GEE). Conforme apresentado na Figura 2, as emissões do setor estão distribuídas entre as atividades de exploração e produção (E&P), transporte e refino, sendo a etapa de exploração e produção responsável pela maior parcela das emissões totais. Destacam-se, principalmente, as emissões provenientes da queima de combustíveis, da ventilação, da queima em tocha e das emissões fugitivas, evidenciando os principais processos que contribuem para a pegada de carbono da indústria EPE (2022).

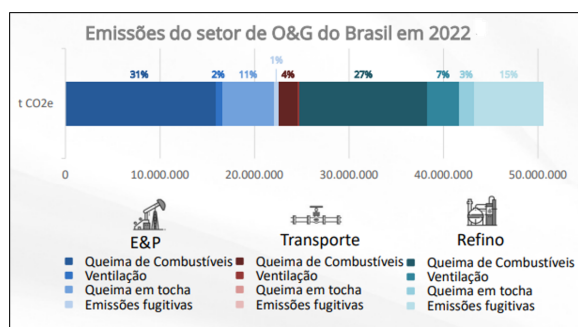


Figura 2. Emissões de gases do efeito estufa do setor de O&G

Diante desse cenário, o setor passa a assumir um papel estratégico dentro da transição energética, não apenas por sua relevância na garantia da segurança energética, mas também por seu potencial de contribuição para o desenvolvimento tecnológico, econômico e social (EPE, 2024). Entre os principais fatores que reforçam essa importância estão a capacidade de investimento e inovação, a experiência em projetos intensivos em capital, a adaptação e reutilização de infraestruturas existentes, além da contribuição direta para a segurança energética.

MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais utilizados nesta pesquisa compreendem livros, artigos científicos, dissertações, teses e publicações relevantes sobre o tema, obtidos em bases de dados acadêmicas, como *Scopus*, *Web of Science*, *IEEE Xplore* e *ScienceDirect*. Para a divulgação parcial dos resultados, serão elaborados resumos submetidos a congressos, simpósios e eventos científicos, bem como apresentações previamente organizadas antes da redação do artigo completo, de modo a permitir a discussão e o aprimoramento das ideias em ambientes acadêmicos (CARVALHO *et al.*, 2019).

Quanto aos métodos, a pesquisa é de natureza aplicada, uma vez que busca a solução de problemas práticos com impacto direto na área de conhecimento, utilizando conhecimentos já existentes para um objetivo específico. Em relação ao objetivo, classifica-se como exploratória, pois visa levantar hipóteses, explorar conceitos e organizar dados sem modificar sua natureza. A abordagem adotada é qualitativa, priorizando a análise subjetiva das informações em detrimento da quantificação numérica ou de métodos estatísticos. O procedimento técnico consiste em uma pesquisa bibliográfica, realizada por meio da coleta, leitura, fichamento, análise crítica e sistematização da literatura disponível.

O método de pesquisa é a revisão bibliográfica, que envolve análise crítica e sistemática das produções já publicadas. Por fim, os resultados parciais serão apresentados em congressos e eventos acadêmicos, permitindo a troca de experiências e o recebimento de feedbacks, para então subsidiar a elaboração final do artigo completo (CARVALHO *et al.*, 2019). A figura 3 demonstra um resumo da classificação desta pesquisa.

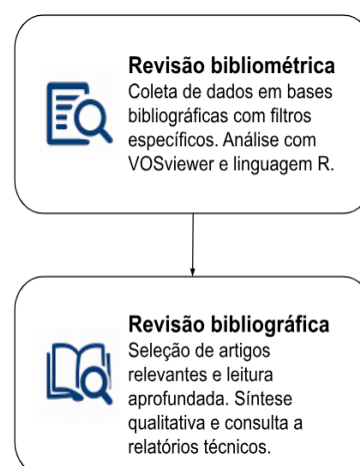
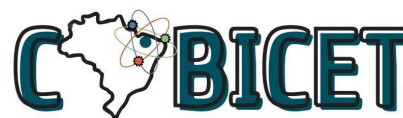


Figura 3. Resumo da metodologia aplicada



RESULTADOS E DISCUSSÃO

A introdução de tecnologias digitais no setor energético, especialmente por meio das redes inteligentes, tem se mostrado uma estratégia fundamental para otimizar o aproveitamento dos recursos energéticos. Essas inovações não apenas proporcionam benefícios econômicos relevantes, mas também promovem melhorias significativas na eficiência operacional, na confiabilidade dos sistemas e na redução de perdas ao longo da cadeia produtiva. Nesse sentido, torna-se essencial que as empresas do setor de óleo e gás adotem, de forma ampla, soluções tecnológicas como inteligência artificial, Internet das Coisas (*IoT*) e automação, as quais apresentam elevado potencial para transformar operações tradicionais em sistemas mais inteligentes e integrados (SANTOS, 2021).

Além disso, observa-se que essas tecnologias contribuem para uma mudança estrutural nas práticas convencionais do setor, substituindo processos manuais e intensivos por aplicações digitais mais eficientes, seguras e com menor necessidade de intervenção humana. Essa transformação digital favorece não apenas o aumento da produtividade, mas também a adaptação do setor às exigências da transição energética, especialmente no que se refere à redução de emissões e à integração de fontes renováveis aos sistemas existentes (IBERDROLA, 2026).

Diante desse contexto, a digitalização associada às redes inteligentes emerge como um elemento-chave para viabilizar um modelo energético mais sustentável, flexível e resiliente. Ao permitir o monitoramento em tempo real, a análise de grandes volumes de dados e a tomada de decisão automatizada, essas tecnologias ampliam a capacidade das indústrias de óleo e gás de responder às demandas ambientais e operacionais contemporâneas (SANTOS, 2021).

A fim de contribuir com essa análise, foram realizadas pesquisas nas bases de dados Scopus, Web of Science, IEEE Xplore e ScienceDirect, utilizando termos como "*Oil and Gas Industry*", "*Energy Transition*", "*Smart Grids*" e "*Digitalization*". Os dados coletados foram organizados e analisados com o auxílio da linguagem R, por meio de pacotes como *tidyverse* e *bibliometrix*, possibilitando uma avaliação mais aprofundada da produção científica na área. A figura 4 apresenta uma nuvem de palavras com os termos mais recorrentes nos artigos selecionados.

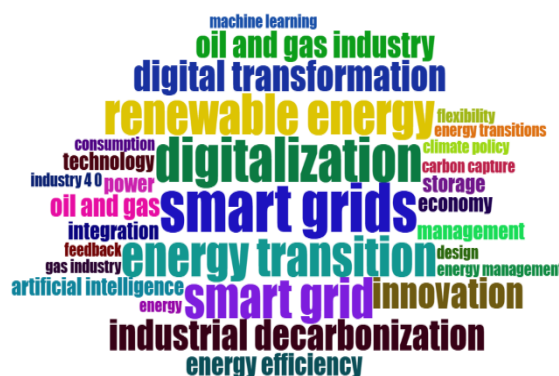


Figura 4. Nuvem de Palavras

Observa-se que os termos "*digitalization*", "*smart grids*", "*energy transition*", "*renewable energy*" e "*digital transformation*" apresentam maior destaque, indicando que esses conceitos possuem papel central nas discussões científicas relacionadas ao tema. A predominância desses termos demonstra a crescente associação entre transformação digital e desenvolvimento de sistemas energéticos mais eficientes, sustentáveis e integrados (CARVALHO *et al.*, 2019).

Além disso, a presença de termos como "*oil and gas industry*", "*artificial intelligence*", "*machine learning*", "*industry 4.0*" e "*technology*" evidencia a aplicação de soluções digitais no setor de petróleo e gás. Essas tecnologias vêm sendo utilizadas para aprimorar processos industriais, aumentar a capacidade de monitoramento, reduzir falhas e apoiar decisões estratégicas baseadas em dados (CARVALHO *et al.*, 2019).

A análise também destaca a relação entre digitalização e descarbonização industrial. Essa conexão demonstra que as tecnologias digitais não estão associadas apenas à melhoria da produtividade, mas também ao atendimento de metas ambientais e à redução dos impactos relacionados às atividades industriais (CARVALHO *et al.*, 2019).

Conforme apresentado na Figura 5, existem algumas tecnologias que auxiliam nessa transformação, como Internet Industrial das Coisas (IIoT), *Big Data* e *Analytics*, Computação em Nuvem, Gêmeos Digitais, Inteligência Artificial, Realidade Aumentada e Redes Inteligentes representam pilares fundamentais desse processo de digitalização, possibilitando operações industriais mais automatizadas, eficientes e sustentáveis (CARDOSO; CHEBAR; BELTRÃO, 2018).

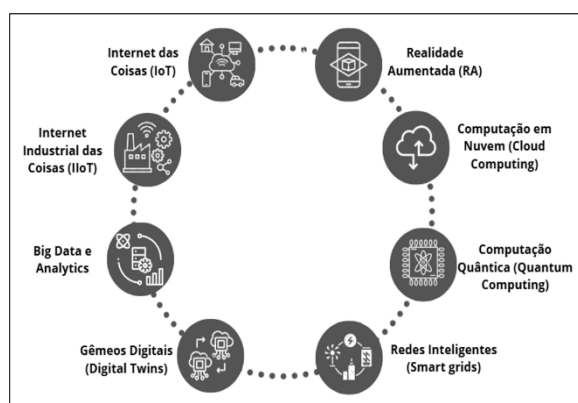


Figura 5. Tecnologias pilares da Transformação Energética

Dentro desse contexto, a análise evidencia que tecnologias como a Internet das Coisas (IoT) representam uma das principais tecnologias associadas à digitalização industrial, permitindo a conexão entre objetos físicos, como sensores, máquinas, medidores e veículos, por meio da internet. Essa integração possibilita a coleta, transmissão e análise de dados em tempo real, permitindo maior controle dos processos, automação de atividades e identificação de oportunidades de melhoria operacional (DIGI INTERNATIONAL, 2024). Dessa forma, a *IoT* contribui para a criação de ambientes industriais mais conectados, eficientes e orientados por dados.

Na indústria de óleo e gás, a aplicação da *IoT* apresenta grande potencial para aprimorar a segurança, a confiabilidade e a eficiência das operações. Por meio do monitoramento contínuo de equipamentos e ativos, é possível detectar anormalidades, prever falhas e otimizar toda a utilização dos recursos. Além disso, esses sistemas também podem ser empregados na detecção de vazamentos em áreas remotas, permitindo respostas mais rápidas e redução de impactos ambientais e operacionais (MAIA *et al.*, 2024).

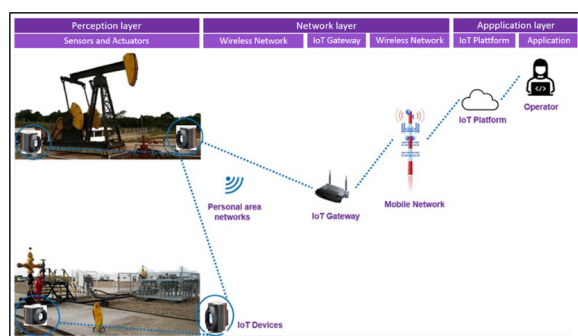


Figura 6. Proposta Arquitetônica Sistema de detecção de vazamentos IoT

A figura 6 mostra um exemplo de proposta arquitetônica em sistemas industriais, enfatizando a integração entre sensores, redes de comunicação, plataformas digitais e operadores.

A *IIoT* (*Industrial Internet of Things*) é a aplicação da *IoT* em ambientes industriais, integrando sensores avançados, sistemas ciberfísicos, *analytics* e automação para criar operações mais inteligentes, conectadas e eficientes. Essa tecnologia trabalha com dados críticos, alta disponibilidade, redes industriais robustas e foco em segurança, confiabilidade e otimização de ativos. Na indústria de óleo e gás, tem se tornado um dos pilares da digitalização (LIU; DAVOLI; BORSATTI, 2025).

Dessa forma, sensores conectados coletam dados de equipamentos, como pressão, temperatura, vibração e consumo energético, que são analisados para otimizar a operação, reduzir desperdícios e evitar falhas. Na indústria de óleo e gás, isso possibilita operar ativos de forma mais eficiente, diminuir o uso desnecessário de energia e reduzir emissões associadas às atividades produtivas, contribuindo para uma operação mais sustentável (LIU; DAVOLI; BORSATTI, 2025).

A partir disso, Segundo Souza, Pagani e Schiavon (2019) o *Big Data* e o *Analytics* desempenham papel central na transição energética ao transformar grandes volumes de dados gerados por sensores, equipamentos e sistemas digitais em informações estratégicas para a tomada de decisão. Na indústria de óleo e gás, essas tecnologias permitem identificar padrões de consumo energético, prever falhas, otimizar processos e aumentar a eficiência operacional, contribuindo para a redução de custos, desperdícios e emissões, além de apoiar operações mais inteligentes e sustentáveis.

Exemplos práticos de *Big Data* podem ser observados na empresa Saudi Aramco, a maior e uma das empresas de energia e petroquímica mais valiosas do mundo, que utiliza grandes volumes de dados operacionais para otimização de processos e eficiência energética. No campo de Khurais, Figura 7, a instalação de cerca de 40 mil sensores possibilita o monitoramento em tempo real de poços, com o uso de inteligência artificial, análise de dados e automação, resultando em melhorias como redução do consumo de gás em caldeiras, manutenção preditiva e detecção de vazamentos por sensores de fibra óptica. A empresa também aplica simulações digitais de reservatórios, como mostra a Figura 8.



Figura 7. Sensores no campo de Khurais

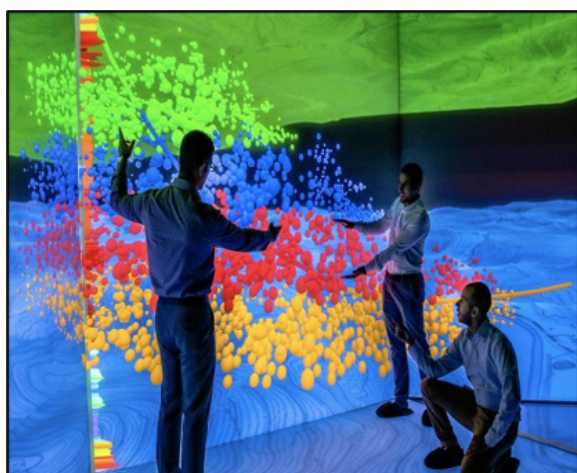


Figura 8. Simulação de reservatórios

Além disso, os Gêmeos Digitais são réplicas virtuais de equipamentos, processos ou sistemas físicos que recebem dados em tempo real por sensores, permitindo simulação, monitoramento, previsão de falhas e otimização operacional (Mazzuto *et al.*, 2025). Ou seja, eles criam uma “cópia” virtual de ativos como poços, plataformas, refinarias e dutos, conectada a dados em tempo real. Trazendo ganhos importantes.

Na Equinor, por exemplo, a plataforma Echo replica digitalmente refinarias e plataformas offshore em um ambiente tridimensional integrado aos sistemas de monitoramento, permitindo maior eficiência operacional e redução do consumo energético (EQUINOR, 2025). De maneira semelhante, a ExxonMobil utiliza modelos virtuais de reservatórios e plataformas integrados à Inteligência Artificial e ao *Big Data* para simular operações, otimizar a extração de petróleo e apoiar estratégias de manutenção preditiva, reduzindo custos operacionais e emissões de carbono (INNOVATE ENERGY NOW, 2023).



Figura 9. Plataforma 3D interativa EQUINOR



Figura 10. Modelo Virtual da ExxonMobil

Na indústria de óleo e gás, a Realidade Aumentada contribui para a transição energética ao apoiar atividades de operação, manutenção e treinamento com a sobreposição de informações digitais em equipamentos e instalações reais. Isso permite intervenções mais precisas, redução de erros operacionais, menor tempo de parada e aumento da segurança em ambientes de alto risco, como plataformas offshore e refinarias. Como resultado, melhora a eficiência dos processos e reduz desperdícios e emissões, promovendo operações mais sustentáveis (DUA, 2025).

Um exemplo é a Petrobras, empresa brasileira líder mundial em tecnologia de exploração e produção de petróleo em águas profundas e ultraprofundas, que utiliza óculos de realidade aumentada como o HoloLens na análise de rochas provenientes de poços de petróleo. Essa tecnologia permite visualizar modelos e dados geológicos em 3D de forma interativa, facilitando a interpretação das formações rochosas e apoiando a tomada de decisão na exploração e produção. A figura 11 mostra o HoloLens sendo utilizado por um cientista da Petrobras (TECHTUDO, 2022).



Figura 11. Cientista da Petrobras utilizando RA

A Inteligência Artificial também vem assumindo papel central na modernização do setor. Sistemas inteligentes permitem otimizar variáveis operacionais, reduzir desperdícios e automatizar processos anteriormente realizados de forma manual (DUA, 2025). Um exemplo é o projeto *Smart Tocha*, desenvolvido pela Petrobras em parceria com o CENPES e a PUC-Rio, que utiliza visão computacional e algoritmos de IA para controlar automaticamente a vazão de vapor das tochas das refinarias, promovendo uma combustão mais eficiente e reduzindo significativamente as emissões de gases poluentes (PETROBRAS, 2024).



Figura 12. Smart Tocha Petrobras

Da mesma forma, observa-se um movimento crescente de integração entre redes inteligentes e fontes renováveis de energia. A Shell, por meio dos *Smart Energy Hubs* e dos ecossistemas digitais integrados, demonstra como a digitalização pode conectar petróleo, gás, energia solar, armazenamento e consumidores em um único sistema inteligente, permitindo maior flexibilidade operacional e contribuindo para a descarbonização do setor

energético (SHELL, 2025).

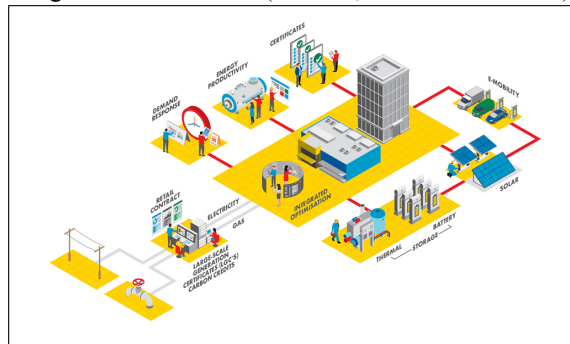


Figura 13. Shell Smart Energy Hub

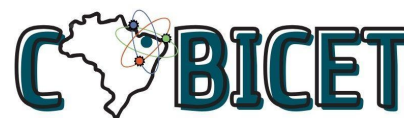
Nesse contexto, a digitalização surge como um elemento essencial para aumentar a eficiência operacional, reduzir custos e minimizar riscos associados a processos manuais. No entanto, sua efetividade depende de uma infraestrutura de conectividade confiável e de baixo custo, o que ainda representa um desafio em regiões remotas, onde muitas operações de óleo e gás estão concentradas (LAMNATOU; CHEMISANA; CRISTOFARI, 2022).

Assim, tecnologias como redes inteligentes tornam-se relevantes ao viabilizar automação, monitoramento e controle remoto das operações, além de reforçar a segurança operacional e patrimonial. Dessa forma, a integração entre digitalização e infraestrutura inteligente contribui diretamente para a modernização do setor e para sua inserção no contexto da transição energética (CASTOR *et al.*, 2016).

CONCLUSÃO

A análise realizada permitiu concluir que a digitalização e as redes inteligentes representam elementos fundamentais para acelerar a transição energética na indústria de óleo e gás. A incorporação de tecnologias como *IoT*, *IIoT*, Inteligência Artificial, Big Data, Gêmeos Digitais e Realidade Aumentada proporciona melhorias significativas na eficiência operacional, na redução de custos, na segurança dos processos e na diminuição das emissões de gases de efeito estufa.

Os estudos de caso analisados, envolvendo empresas como Petrobras, Shell, Equinor, Aramco e ExxonMobil, demonstram que a transformação digital já produz resultados concretos na otimização das operações industriais e no desenvolvimento de soluções alinhadas aos objetivos da descarbonização. Apesar dos desafios relacionados aos investimentos iniciais, infraestrutura tecnológica e qualificação profissional, conclui-se que a integração entre digitalização e Smart Grids constitui uma estratégia essencial para promover sistemas energéticos mais inteligentes, resilientes e sustentáveis, contribuindo



de forma significativa para o avanço da transição energética no setor de óleo e gás.

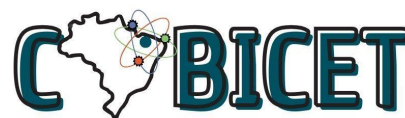
AGRADECIMENTOS

Este trabalho tem o apoio financeiro da ANP (Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) e FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de São Paulo), através do programa PRH ANP 34/UNESP. Processo FAPESP 2025/18749-5.

REFERÊNCIAS

- ARAMCO. **AI and Big Data - Oil & Gas Industry**. Aramco, 2025. Disponível em: <https://www.aramco.com/en/what-we-do/energy-innovation/digitalization/ai-and-big-data>. Acesso em: 10 dez. 2025.
- CAMPANA, P.; CENSI, R.; RUGGIERI, R.; AMENDOLA, C. **Smart Grids and Sustainability: The Impact of Digital Technologies on the Energy Transition**. Energias, v. 18, n. 9, p. 2149, 2025.
- CARDOSO, D. A. L.; CHEBAR, I. E.; BELTRÃO, M. J. C. **Estudo da Aplicabilidade de Ferramenta da Indústria 4.0 em uma Planta de Geração de Energia a Partir da Reforma do Biogás**. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso) – Engenharia Química, Universidade Federal Fluminense, Niterói.
- CARVALHO, Luis; DUARTE, Francisco; MENEZES, Afonso; SOUZA, Tito. **Metodologia científica: teoria e aplicação na educação a distância**. Petrolina, PE: Universidade Federal do Vale do São Francisco, 2019.
- DIGI INTERNATIONAL. **IoT in Oil and Gas: 4 Use Cases and Advantages**. Digi Blog, 18 out. 2024. Disponível em: <https://www.digi.com/blog/post/iot-in-oil-and-gas>. Acesso em: 10 dez. 2025.
- DUA, S. **Exploring the experiences of oil and gas industry executives in embracing industry 4.0: insights, challenges, and strategies**. Computers & Industrial Engineering, 2025.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Relevância do Setor de Petróleo e Gás Natural para a Transição Energética**. Rio de Janeiro: EPE, p. 6-9, 2024.
- EQUINOR. **Digital twins in Equinor**. Disponível em: <https://www.equinor.com/energy/digital-twin>. Acesso em: 06 out. 2025.
- IBERDROLA. **Digitalização fundamental para o futuro dos sistemas energéticos**. Iberdrola, [s.d.]. Disponível em: <https://www.iberdrola.com/quem-somos/nosso-modelo-inovacao/transformacao-digital/digitalizacao-fundamental-futuro-sistemas-energeticos>. Acesso em: 13 abr. 2026.
- INNOVATE ENERGY NOW. **ExxonMobil uses digital twins and open architecture in the industrial metaverse**. Disponível em: [uses-digital-twins-and-open-architecture-in-the-industrial-metaverse. Acesso em: 15 out. 2025.](https://innovateenergynow.com/resources/exxonmobil-</p></div><div data-bbox=)

- KIASARI, M.; GHAFARI, M.; ALY, H. A **comprehensive review of the current status of smart grid technologies for renewable energies integration and future trends: The role of machine learning and energy storage systems**. Energies, v. 17, n. 16, p. 4128, 2024.
- LAMNATOU, Chr.; CHEMISANA, D.; CRISTOFARI, C. **Smart grids and smart technologies in relation to photovoltaics, storage systems, buildings and environment**. Renewable Energy, v. 185, p. 1376-1391, 2022.
- LIU, Zhihao; DAVOLI, Franco; BORSATTI, Davide. **Industrial Internet of Things (IIoT): Trends and Technologies**. Future Internet, v. 17, n. 5, p. 213, 2025.
- MAIA, Danielle Mascarenhas; MENDES, João Vitor Silva; SILVA, João Pedro Almeida Miranda; BASTOS, Rodrigo Freire; SILVA, Matheus dos Santos; MIRRE, Reinaldo Coelho; MELO, Thamires Rodrigues de; LEPIKSON, Herman Augusto. **Sistema de detecção de vazamentos IoT para oleoduto terrestre baseado em termografia**. Sensors, v. 24, n. 21, p. 6960, 2024.
- MAZZUTO, Giovanni; PIETRANGELI, Ilaria; ORTENZI, Marco; CIARAPICA, Filippo Emanuele; BEVILACQUA, Maurizio. **Leveraging Digital Twin for operational resilience in the oil and gas industry**. Array, v. 27, p. 100443, 2025.
- PETROBRAS. **Desvende o que é inteligência artificial e seu uso na Petrobras**. Nossa Energia, 7 mar. 2024. Disponível em: <https://nossaenergia.petrobras.com.br/w/inovacao/desvende-o-que-e-inteligencia-artificial-e-seu-uso-na-petrobras-1>. Acesso em: 3 out. 2025.
- SANTOS, G. **Transição Energética na Indústria de Óleo e Gás: um olhar sobre a Petrobras**. Trabalho de Conclusão de Curso, PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2021.
- SHELL. **Creating integrated digital ecosystems**. Disponível em: <https://www.shell.com/what-we-do/digitalisation/digitalisation-in-action/creating-integrated-digital-ecosystems.html>. Acesso em: 16 out. 2025.
- SHELL. **Power technology**. Disponível em: <https://www.shell.com/what-we-do/technology-and-innovation/technology-for-a-sustainable-energy-industry/power-technology.html>. Acesso em: 18 set. 2025.
- SHELL ENERGY. **Your guide to Shell Energy's Smart Energy Hubs**. Disponível em: <https://shellenergy.com.au/energy-insights/your-guide-to-shell-energys-smart-energy-hubs/>. Acesso em: 01 out. 2025.
- SOUZA, Fabiane Florencio de; PAGANI, Regina Negri; SCHIAVON, Giovanni Luigi. **Big Data na Indústria 4.0: tecnologias, desafios e oportunidades**. Associação Paranaense de Engenharia de Produção (APREPRO), 2019.
- TECHTUDO. **Petrobras utiliza HoloLens na análise de rochas de poços de petróleo**. TechTudo, 19 jul. 2022. Disponível em:



<https://www.techtudo.com.br/noticias/2022/07/petrobras-utiliza-hololens-na-analise-de-rochas-de-pocos-de-petroleo.ghml>. Acesso em: 26 jun. 2026.