



Utilities Telecom &
Technology Council
America Latina*

Inovação no Setor de Utilities:

Como a Inteligência Artificial e as Plataformas de Agentes estão Revolucionando a Indústria



**Material desenvolvido em
colaboração com a Accenture**

Sumário

PREFÁCIO.....	4
1. Introdução	5
1.2 Visão Geral do Impacto da IA nas Utilities	7
1.3 Situação por Região	8
1.4 Benefícios, Desafios e Perspectivas	10
1.5 O Futuro das Utilities com Agentes Inteligentes – Agent First	11
1.5.1 De Agent a Agentics: A Evolução Cognitiva nas Utilities	11
1.5.2 Agent First como Estratégia de Transformação nas Utilities	12
1.6 Da Leitura à Arrecadação: Como a Agentização redefinirá as Operações Comerciais.....	13
2. Definindo o Escopo da IA para Utilities.....	16
2.1 IAs Clássicas (Tradicionais).....	16
2.3 GenAI – Inteligência Artificial Generativa.....	18
3. Análise de Casos de Uso.....	18
3.1 Nem Toda Aplicação Precisa de IA.....	19
3.2 Monitoramento e Controle de Rede.....	19
3.3 Gestão de Ativos.....	20
3.4 Previsibilidade.....	21
3.5 Design de Programas e Geração Distribuída	22
3.6 Atendimento ao Cliente - Hiper personalização.....	22
3.7 Apoio a Operação	23
3.8 Cibersegurança.....	24
4. Aplicações Intersetoriais e Adaptação de Tecnologias para Utilities.....	26
4.1 Exemplos de Setores que Inspiram Utilities.....	27
4.2 Potenciais de Adaptações para Utilities	28
4.3. Casos Reais e Inovadores com Uso de IA nas Utilities	28
4.3.1 América do Norte: Agentes Autônomos, GenAI e Infraestruturas Inteligentes	28
4.4 América Latina: Funil Comercial, Cobrança e Campo com Resultados Concretos.....	30
4.4.1 Cobrança Inteligente (Intelligent Collection)	30
4.4.2 Proteção de Receita com Funil Ciclo Comercial (Breakdown).....	32
4.4.3 Visão Computacional no Campo – Leitura e Inspeção.....	33
4.5 Europa: Regulação Ética e Orquestração Autônoma	33
4.6 Limitações Tecnológicas	34

4.7 Transferibilidade Operacional.....	35
5. Desafios de Implementação	35
5.1 Projeção de Consumo de Energia por Data Centers e IA.....	36
5.2 Dados: A Matéria-Prima da Inteligência.....	36
5.3 Implementação por Caso de Uso: Escalabilidade com Foco em Valor.....	37
5.4 Amplificando o Potencial Humano nas Utilities: Transformação Colaborativa	37
5.5 IA Responsável e Governança	38
5.6 Cibersegurança em Ambientes Inteligentes	38
6. Conclusão e Recomendações Estratégicas.....	39
6.1 Conclusões para Lideranças Setoriais.....	39
6.2 Recomendações Estratégicas	39
6.3 Pilares Estratégicos da Autonomia Cognitiva	40
6.4 Implicações Estratégicas para Liderança.....	41
6.5 O Caminho das Utilities Referência	42
7. Considerações Finais	42
7.1 Próximos Passos Recomendados	42
7.2 Sobre os Autores / Parceiros Estratégicos.....	43

Inovação no Setor de Utilities: Como a Inteligência Artificial e as Plataformas de Agentes estão Revolucionando a Indústria

*Soluções e Ferramentas para Escalar Eficiência, Receita e Sustentabilidade em Água, Gás e Energia com
uso da Inteligência Artificial (IA)*

PREFÁCIO

A transformação digital do setor de utilities alcançou um novo patamar. Já não se trata apenas de automatizar tarefas ou digitalizar processos isolados, mas de estruturar sistemas cognitivos distribuídos, capazes de operar com inteligência, autonomia e rastreabilidade em tempo real.

Este white paper apresenta uma visão estratégica e aplicada sobre como a convergência entre IA generativa, aprendizado de máquina, visão computacional e agentes inteligentes está pavimentando o caminho para as chamadas **utilities cognitivas**. O eixo central dessa evolução são as *plataformas de agentes inteligentes* — ambientes modulares e interoperáveis, onde múltiplos agentes especializados podem colaborar, tomar decisões, aprender com o contexto e interagir com sistemas críticos de missão, como ERP, SCADA, GIS, CRM, ADMS e plataformas regulatórias.

Mais do que uma tendência tecnológica, trata-se de uma mudança estrutural na forma como as utilities operam, se relacionam com o cliente e se adaptam a novos marcos regulatórios, climáticos e competitivos.

Este material foi elaborado com base em experiências práticas conduzidas por grandes consultorias de tecnologia e parceiros no Brasil e no exterior, e oferece aos líderes do setor uma estrutura clara e acionável para iniciar ou acelerar essa jornada.

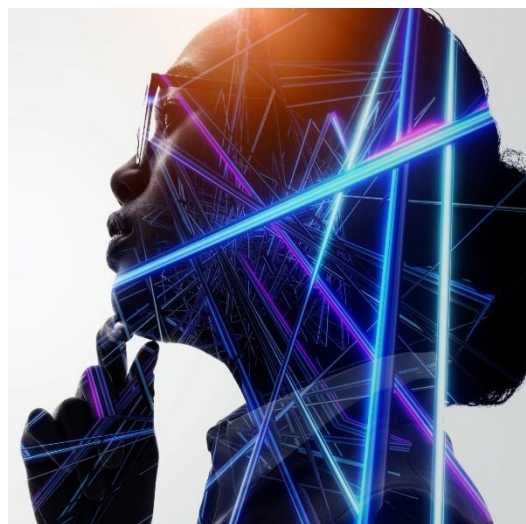
Esperamos que esta leitura contribua para decisões mais estratégicas, tecnicamente fundamentadas e alinhadas com os novos paradigmas de eficiência, inteligência distribuída e, sobretudo, com os princípios de uma IA responsável — ética, transparente, auditável e centrada no interesse público.

WHITE PAPER

1. Introdução

A inteligência artificial (IA) está transformando diversos setores, e o setor de utilities não é exceção. Este white paper explora as possibilidades de utilização da IA — desde modelos clássicos até abordagens inovadoras com IA generativa (GenAI) e agentes inteligentes — para otimizar operações, ampliar a eficiência e proporcionar melhores serviços aos clientes Utilities.

Ao longo deste documento, analisaremos os impactos da IA em diferentes dimensões das utilities, como previsão de demanda, manutenção preditiva, atendimento ao cliente, acompanhamento inteligente do ciclo comercial — incluindo leitura, cálculo, faturamento arrecadação, cobrança e perdas —, e operação em campo com reconhecimento visual para medição de medidores, identificação de fachadas, validação de inspeções e detecção automatizada de fraudes com base em imagens e notas de serviço. Também são abordadas tendências regionais (América do Norte, América Latina e Europa), desafios de implementação e diretrizes para uma adoção ética e responsável, promovendo inovação e sustentabilidade no setor. Vamos apresentar também alguns casos de uso da IA nas utilities no presente momento.



A Inteligência Artificial refere-se a sistemas computacionais capazes de realizar tarefas que normalmente exigiriam inteligência humana, como percepção, raciocínio, aprendizado e tomada de decisão.

Dentro desse espectro, destacam-se dois grandes blocos tecnológicos:

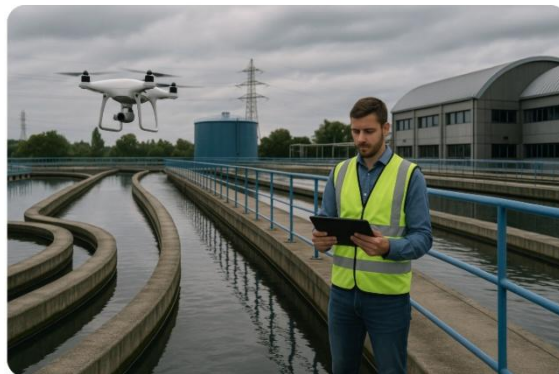
- **IA Clássica**, composta por algoritmos de aprendizado de máquina (machine learning), redes neurais profundas (deep learning), sistemas especialistas e visão computacional, aplicados com sucesso em casos como manutenção preditiva, detecção de anomalias e otimização de redes.
- **IA Generativa (GenAI)**, Baseada em modelos de linguagem de grande escala (**LLMs — Large Language Models**, modelos treinados com bilhões de parâmetros textuais) e arquiteturas multimodais, que inaugura uma nova era de interação natural, geração de conteúdo técnico-operacional, copilotos autônomos e agentes capazes de tomar decisões em tempo real com base em múltiplos contextos. Estes modelos são capazes de compreender e gerar linguagem natural com alto grau de contexto.



A convergência entre essas tecnologias — tradicionais e emergentes — marca o início da transição para as chamadas **utilities cognitivas**, onde cada processo operacional poderia passar a ser suportado ou executado por inteligência artificial explicável, auditável e contextualizada.

1.2 Visão Geral do Impacto da IA nas Utilities

A inteligência artificial tem desempenhado um papel cada vez mais central na modernização das utilities — abrangendo empresas de energia elétrica, gás e saneamento — ao permitir uma atuação mais preditiva, autônoma e orientada por dados. A IA já está integrada a múltiplos pontos da cadeia de valor — desde o monitoramento de ativos em tempo real e manutenção preditiva, até a previsão de demanda energética, gestão de perdas comerciais e atendimento ao cliente com agentes digitais.



Sua aplicação prática está redefinindo os limites entre planejamento, operação e resposta em campo, permitindo às utilities antecipar falhas críticas, otimizar o despacho de equipes, equilibrar fluxos de energia e melhorar a experiência do consumidor, de forma escalável.

Segundo estudo da Accenture (Generative AI for Utilities, 2023), até 38% de todas as horas de trabalho em uma utility típica podem ser automatizadas ou aperfeiçoadas com o uso de IA — principalmente em funções operacionais, comerciais e administrativas. Isso representa não apenas um ganho em eficiência, mas uma redefinição das funções humanas, promovendo o surgimento de **utilities cognitivas** — sistemas organizacionais capazes de aprender, adaptar-se e responder dinamicamente às variáveis de mercado, clima e comportamento do consumidor.

Essa nova camada cognitiva permite que agentes inteligentes interajam em linguagem natural, produzam relatórios técnicos, analisem Resoluções Normativas da Aneel e atuem como copilotos operacionais em múltiplos domínios. A integração de GenAI amplia ainda mais a autonomia dos sistemas, conferindo às utilities capacidades cognitivas antes restritas à ação humana.

O avanço rumo às utilities cognitivas exige investimentos contínuos em tecnologias emergentes. A crescente adoção de inteligência artificial, sensoriamento avançado, automação e modelagem preditiva tem impulsionado o setor energético brasileiro a direcionar recursos significativos à inovação. Esse movimento, alinhado à transformação

digital e à busca por eficiência operacional, reflete-se nos dados recentes da EPE. O gráfico a seguir apresenta a evolução dos investimentos em inovação tecnológica no setor ao longo dos últimos cinco anos, destacando o salto registrado em 2023.

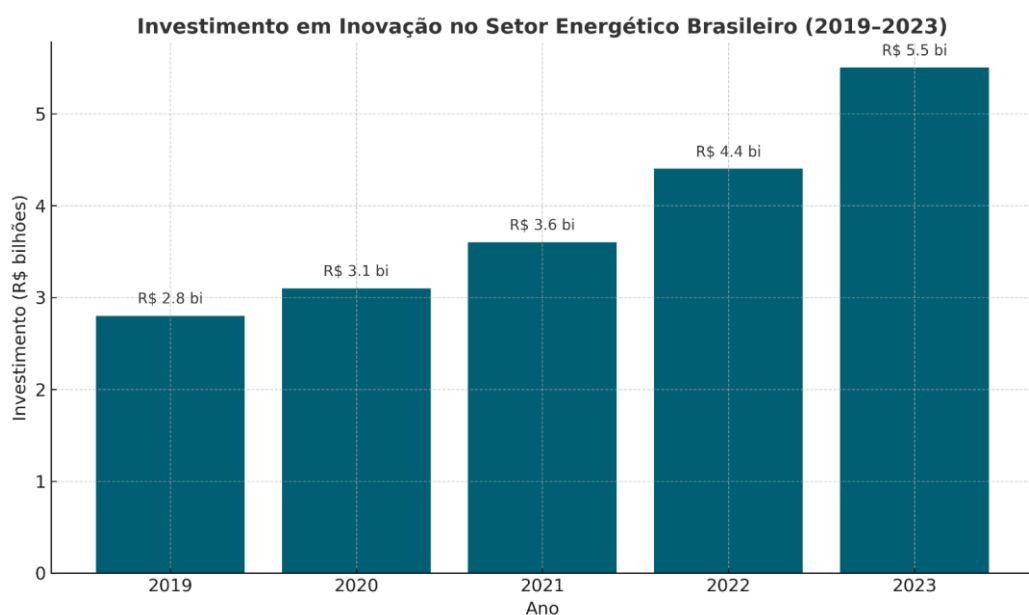


Figura: Investimento em Inovação no Setor Energético Brasileiro (2019–2023)

Fonte: *Plataforma Inova-E / Empresa de Pesquisa Energética (EPE), 2023.*

O gráfico ilustra a evolução dos investimentos em inovação tecnológica no setor energético brasileiro ao longo dos últimos cinco anos, com destaque para o crescimento expressivo em 2023, que alcançou R\$ 5,5 bilhões. A tendência reflete o aumento do interesse por soluções baseadas em Inteligência Artificial, sensoriamento avançado, automação e modelagem preditiva — tecnologias fundamentais para a consolidação das utilities cognitivas.

1.3 Situação por Região

América do Norte: Na América do Norte, a aplicação da inteligência artificial no setor de utilities tem avançado de forma estruturada, com destaque para casos como geração distribuída (GD), previsão de carga, gestão de demanda responsiva (DR) e automação de infraestrutura crítica. Quando aplicada em ambientes operacionais sensíveis — como

subestações, sistemas SCADA e redes de controle — a IA embarcada deve estar em conformidade com as diretrizes de segurança cibernética estabelecidas pelo NERC-CIP, que regulam a proteção de ativos críticos do setor elétrico. Além disso, observa-se um crescimento no uso de modelos de linguagem para apoio à conformidade regulatória e na integração da IA a plataformas SCADA e GIS, com foco em resiliência operacional diante de eventos climáticos extremos e exigências de continuidade de serviço.

América Latina: Na América Latina, a adoção de inteligência artificial tem se concentrado na redução de perdas comerciais, automação de leitura e faturamento, e no atendimento digital ao consumidor — com ênfase no uso de voicebots e canais de autoatendimento baseados em IA generativa. Distribuidoras da região têm explorado visão computacional



para a detecção de fraudes em campo, além de algoritmos de clusterização aplicados à segmentação de cobrança inteligente. Embora a regulação ainda esteja em processo de adaptação para incorporar parâmetros de IA, observa-se um movimento crescente de modernização do ciclo comercial, com integração a sistemas ERP e plataformas analíticas.

Nesse contexto, a IA **vem sendo explorada como uma ferramenta promissora** no apoio à conformidade regulatória e à **melhoria potencial** dos indicadores de desempenho definidos por agências setoriais, especialmente em processos como leitura, faturamento, atendimento e detecção de perdas.

Europa: A Europa lidera o uso de IA no setor elétrico com foco estratégico na transição energética, descarbonização e conformidade com o AI Act da União Europeia. O alinhamento com o Green Deal Europeu impulsiona a adoção de IA em áreas como, balanceamento de rede em tempo real com DERs, previsão de geração renovável, otimização de consumo em edifícios inteligentes, e auditorias automatizadas de conformidade ambiental. Além disso, há forte incentivo ao uso de IA ética e transparente, com exigência de rastreabilidade algorítmica, proteção de dados e auditorias de explicabilidade (XAI – eXplainable AI).

1.4 Benefícios, Desafios e Perspectivas

Benefícios: A adoção da inteligência artificial nas utilities proporciona uma ampla gama de ganhos, que vão desde a eficiência operacional até avanços estratégicos em governança e sustentabilidade. Entre os **principais benefícios observados**, destacam-se: o aumento da eficiência na operação de ativos críticos, a redução de perdas comerciais e técnicas, a capacidade preditiva para resposta a falhas, a automação de processos de leitura e faturamento, e a personalização do atendimento ao cliente por meio de canais digitais inteligentes.

A IA também contribui de forma decisiva para a gestão ambiental e o cumprimento de metas ESG. Por exemplo, algoritmos de **visão computacional aplicados ao monitoramento de vegetação** em faixas de linhas de transmissão — com drones que identificam riscos de interferência — otimizam intervenções com menor impacto ambiental. Sistemas com reconhecimento de imagem permitem ainda detectar a presença de animais em áreas de risco, contribuindo para a **prevenção de acidentes e preservação da biodiversidade**.



Além disso, a **roteirização inteligente de equipes de campo**, com base em critérios como risco, prioridade e eficiência logística, tem se traduzido em **redução significativa da emissão de carbono**, ao minimizar deslocamentos desnecessários.

É importante ressaltar que esses são **exemplos ilustrativos** de um conjunto mais amplo de impactos que a IA pode oferecer ao setor — incluindo melhorias em segurança operacional, compliance regulatório, orquestração de recursos em tempo real, e elevação da maturidade digital das organizações.

Desafios: A jornada de adoção da IA exige superar desafios relacionados à interoperabilidade entre sistemas legados e novos modelos baseados em dados, qualidade e governança de dados, lacunas regulatórias quanto à rastreabilidade algorítmica, além da capacitação técnica de equipes operacionais, regulatórias e de negócio. A orquestração entre diferentes frentes de IA (operacional, comercial e analítica) também exige maturidade de arquitetura digital.

Além disso, um fator crítico é a **qualidade e disponibilidade de dados confiáveis e validados pelo negócio**, que serão base robusta para treinamento, monitoramento e



explicabilidade dos modelos. Muitos dados operacionais são históricos, não estruturados ou inconsistentes entre regiões, dificultando a criação de modelos padronizados e escaláveis.

Outros desafios incluem o custo de implementação frente a retornos incertos no curto prazo, a baixa maturidade analítica de parte do setor, a falta de padronização de taxonomias operacionais, e o desalinhamento entre áreas técnicas e regulatórias. Soma-se a isso a resistência cultural à automação, os riscos éticos e a necessidade de controle contínuo de vieses e decisões algorítmicas em contextos de alta sensibilidade pública e fatores externos de mercado.

1.5 O Futuro das Utilities com Agentes Inteligentes – Agent First

1.5.1 De Agent a Agentics: A Evolução Cognitiva nas Utilities

Este capítulo estabelece a distinção entre dois estágios fundamentais da evolução da inteligência artificial aplicada ao setor de utilities: o conceito de Agent e o paradigma emergente de Agentics.

Agents são unidades autônomas de software, geralmente especializadas em tarefas específicas — como validar leituras, responder a clientes, auditar faturas ou recomendar inspeções. Esses agentes operam de forma isolada ou integrados a sistemas pontuais,

executando decisões baseadas em regras, dados históricos ou modelos preditivos treinados com dados operacionais.

Já o conceito de Agentics representa uma transformação estrutural: trata-se de arquiteturas compostas por múltiplos agentes inteligentes que interagem entre si, coordenam decisões, aprendem continuamente e se autoajustam de forma colaborativa. Nesse modelo, os agentes deixam de ser silos funcionais e passam a formar um ecossistema cognitivo orquestrado, operando em rede, com comunicação entre agentes (Agent-to-Agent), interoperabilidade sistêmica e autonomia distribuída.

1.5.2 Agent First como Estratégia de Transformação nas Utilities

O futuro das utilities será moldado por sistemas cognitivos compostos por múltiplos agentes autônomos e colaborativos, capazes de tomar decisões, interagir em linguagem natural e substituir funções repetitivas de alto custo. Esses agentes — baseados em GenAI e treinados com dados operacionais e comerciais — atuarão de forma orquestrada para priorizar inspeções, prever falhas, sugerir ações para compliance regulatório e responder a clientes ou técnicos de campo em tempo real. Estes ambientes, conhecidos como plataformas de orquestração multiagente, permitirão que utilities operem como ecossistemas dinâmicos, altamente resilientes e orientados por inteligência distribuída. Essa transformação culmina na consolidação do modelo de utilities cognitivas, onde cada processo operacional será apoiado ou executado por inteligência artificial explicável, auditável e responsiva ao contexto do negócio.

Além disso, a combinação de **GenAI com automações inteligentes** abre espaço para o surgimento de **copilotos operacionais especializados**, capazes de interagir com múltiplas camadas da arquitetura da utility — desde sistemas de ordens de serviço e GIS até plataformas SCADA, CRM e ERP. Tais copilotos não apenas otimizam a tomada de decisão em tempo real, mas também **atuarão como memória institucional viva**, aprendendo continuamente com interações anteriores e alinhando suas recomendações às metas regulatórias, operacionais e ESG da empresa.

Com a evolução dos modelos multimodais, será possível **fundir sinais visuais (ex: imagens de campo), linguagem natural (ex: chats e ordens de serviço), dados temporais (ex: sensores) e informações geoespaciais**, criando uma visão holística e contínua dos ativos, clientes e processos.

Em ambientes de maior maturidade, esses agentes serão disponibilizados por meio de **marketplaces internos ou setoriais**, onde copilotos de inspeção, validadores de leitura, simuladores tarifários e assistentes regulatórios poderão ser ativados sob demanda, treinados conforme o contexto local e auditados em tempo real.

Essa nova camada de inteligência distribuída transformará as utilities em **plataformas vivas**, resilientes a eventos extremos, capazes de autoajuste regulatório e com altíssima capacidade de resposta às dinâmicas de consumo, demanda, preço, falha e risco.

Essa nova geração de agentes é sustentada por modelos fundacionais (LLMs), mas evolui para arquiteturas onde múltiplos agentes interagem entre si de forma autônoma — seguindo o paradigma emergente de **Agent-to-Agent (A2A)**, que define protocolos de comunicação, delegação e colaboração entre agentes digitais especializados, com ou sem supervisão humana direta



Essa transformação dá origem ao que chamamos de abordagem *Agent First*: um novo modelo de arquitetura organizacional e tecnológica, no qual agentes cognitivos especializados assumem o protagonismo operacional desde o desenho da solução. Diferentemente de modelos centrados em dados, processos ou aplicações, o paradigma *Agent First* posiciona os agentes como unidades funcionais autônomas, treinadas para atuar em domínios específicos — como faturamento, regulação, inspeção ou atendimento — com capacidade de aprendizagem contínua, rastreabilidade e integração em tempo real com o ecossistema digital da utility.

1.6 Da Leitura à Arrecadação: Como a Agentização redefinirá as Operações Comerciais

À medida que tecnologias cognitivas ganham espaço, o ciclo comercial das utilities — da leitura à arrecadação — tende a evoluir significativamente, com impactos relevantes na eficiência, na previsibilidade e na capacidade de resposta das operações.

A introdução de agentes inteligentes e modelos de IA multimodais vai inaugurar um novo paradigma, no qual decisões antes realizadas manualmente ou com base em regras estáticas passam a ser tomadas por sistemas cognitivos distribuídos, treinados com dados históricos, contextuais e regulatórios. Trata-se de uma transição estrutural da automação transacional para a autonomia cognitiva orientada por valor.



Orquestração Cognitiva de Fim-a-Fim

No futuro próximo, agentes especializados — operando em plataformas interoperáveis — serão responsáveis por supervisionar, auditar e intervir em todas as etapas do ciclo comercial:

- **Leitura Automatizada com Validação Inteligente:** Modelos de visão computacional aliados a agentes embarcados realizarão leitura de medidores com validação autônoma de anomalias, detecção de valores implausíveis e liberação automática ou escalonada de leituras com base em confiança estatística.
- **Cálculo e Faturamento com Copilotos de Validação:** Agentes atuarão como copilotos do faturamento, auditando cenários em tempo real, analisando exceções e ajustando regras parametrizáveis com base no perfil de cliente, contrato e contexto normativo — inclusive em ambientes com múltiplas jurisdições tarifárias.
- **Cobrança Inteligente e Contextual:** Plataformas cognitivas permitirão a definição de estratégias de cobrança a partir de prompts em linguagem natural, com agentes ajustando automaticamente os canais, o tom e o timing das interações com base na propensão de pagamento, perfil socioeconômico e histórico de relacionamento.
- **Campo como Extensão Inteligente:** A alocação de visitas técnicas, inspeções e cortes/relições será definida por agentes de orquestração operacional que consideram simultaneamente risco, ROI, densidade geográfica, prioridades regulatórias e disponibilidade de recursos.

- **Arrecadação e IAR com Inteligência de Mercado:** Agentes preditivos analisarão a elasticidade tarifária, impacto de campanhas de negociação, comportamento de clusters críticos (clientes reincidentes) e sugerirão estratégias customizadas para elevar os índices de arrecadação (IAR), reduzir perdas e antecipar riscos de inadimplência.
- **Análise de Perdas e Write-off com IA Multivariada:** Modelos não supervisionados atuarão no reconhecimento de padrões de evasão, recorrência de anomalias, comportamento fraudulento e clusters de write-off, priorizando auditorias e ações preventivas com alto grau de explicabilidade.

O Papel dos Agentes Inteligentes na Nova Arquitetura Comercial

O ciclo comercial do futuro será composto por uma malha dinâmica de agentes autônomos e colaborativos. Esses agentes vão:

- Operar com **dados em tempo real**, integrar sinais de campo, CRM, SCADA, ERP e plataformas regulatórias.
- Ser capazes de **tomar decisões simultâneas em larga escala**, como validar milhões de faturas ou leituras em segundos e fazer a liberação automática.
- **Aprender com o ambiente** e ajustar seu comportamento com base em feedback operacional e normativo.
- Garantir **rastreabilidade e explicabilidade**, auditar suas próprias ações com trilhas digitais e documentação técnica.

A capacidade de análise simultânea de múltiplos fluxos — técnicos, regulatórios, financeiros e comportamentais — posiciona esses agentes como o novo núcleo de inteligência comercial. Em vez de fluxos rígidos e segmentados, o ciclo comercial torna-se fluido, preditivo e continuamente ajustado à realidade operacional e regulatória.

Do Manual ao Ciclo Autoadaptativo

A maturidade digital permitirá a consolidação de um ciclo comercial autoadaptativo, no qual:

- Leituras e faturas se ajustam dinamicamente à confiabilidade do dado.
- A cobrança se transforma em jornada personalizada, com intervenções precisas.
- O campo opera como braço inteligente da régua comercial, com foco em valor.
- A arrecadação é retroalimentada por insights comportamentais e econômicos.
- As perdas são tratadas preventivamente com modelos preditivos de risco.

2. Definindo o Escopo da IA para Utilities

A aplicação da inteligência artificial no setor de utilities — envolve um ecossistema de tecnologias interdependentes, cada uma atuando em camadas distintas da cadeia de valor — da previsão da demanda e operação em tempo real até o engajamento com clientes e compliance regulatório.

A IA para utilities não se resume a uma única técnica, mas a uma convergência de abordagens que, quando integradas, proporcionam uma infraestrutura cognitiva capaz de aprender, interpretar e agir sobre dados em tempo real. Entre os pilares tecnológicos essenciais estão:

2.1 IAs Clássicas (Tradicionais)

• Machine Learning - Aprendizado de Máquina

Capacita sistemas computacionais a aprender com dados históricos, detectar padrões complexos, realizar previsões probabilísticas e automatizar decisões em escala. No contexto de utilities, o ML é amplamente empregado em manutenção preditiva, forecasting de carga elétrica, detecção de perdas não técnicas, modelagem de risco operacional e financeiro, além de análises preditivas de demanda e comportamento do consumidor. À medida que as redes se tornam mais distribuídas e os ativos mais interconectados, modelos de ML são essenciais para identificar anomalias em tempo real, antecipar falhas críticas e ajustar dinâmicas operacionais com base em múltiplas variáveis simultâneas.

• Computer Vision - Visão Computacional

Utiliza algoritmos de interpretação de imagem e vídeo em fontes visuais como drones, sensores embarcados e câmeras fixas ou móveis, integrados ao ecossistema digital da utility. Essa tecnologia viabiliza a automatização de inspeções em campo, permitindo avaliar a integridade de ativos em subestações, torres de transmissão, linhas aéreas e, no caso de redes subterrâneas, por meio de câmeras embarcadas em sondas ou robôs móveis que percorrem galerias técnicas e caixas subterrâneas. A visão computacional também tem papel estratégico na identificação de vegetação invasiva, detecção de fraudes em medidores e avaliação de danos estruturais após eventos climáticos extremos, promovendo intervenções rápidas e baseadas em evidência visual georreferenciada. A capacidade de operar em tempo real sobre fluxos de vídeo, combinada a IA embarcada em borda (edge computing), torna essa tecnologia um pilar da automação de campo.

• Deep Learning – Aprendizado Profundo

É uma **vertente avançada do aprendizado de máquina (ML)** que utiliza redes neurais profundas para extrair insights de alta complexidade a partir de grandes volumes de dados não estruturados — como imagens térmicas, sinais de sensores, textos regulatórios e fluxos operacionais temporais. Essa abordagem é fundamental para soluções como OCR (Reconhecimento Óptico de Caracteres), reconhecimento de padrões e análises preditivas multivariadas. Essas tecnologias, quando combinadas em arquiteturas interoperáveis e orquestradas por middlewares e plataformas edge-cloud, possibilitam um novo patamar de autonomia e inteligência operacional. Elas reduzem a dependência de decisão humana em tarefas repetitivas, elevam o grau de previsibilidade e viabilizam a transformação das utilities em sistemas cognitivos distribuídos, onde decisões são tomadas de forma ágil, explicável e alinhada ao valor de negócio.

2.3 GenAI – Inteligência Artificial Generativa

• GenAI – Inteligência Artificial Generativa

Baseada em Large Language Models (LLMs) e modelos multimodais, a GenAI permite a geração autônoma de conteúdo estruturado ou não estruturado — como relatórios técnicos, simulações operacionais, interações com clientes e respostas regulatórias —



com alto grau de compreensão de contexto e adaptação à linguagem natural. Mais do que uma tecnologia de suporte, a GenAI viabiliza a criação de agentes inteligentes especializados, capazes de operar diretamente em funções críticas das utilities — como atendimento ao cliente, suporte à regulação, inspeções de campo e gestão

de ativos. Esses agentes podem ser treinados com dados operacionais, históricos comerciais e normas técnicas, atuando como **copilotos digitais** que auxiliam operadores, técnicos e analistas na tomada de decisões em tempo real.

Em ambientes organizacionais mais maduros, é possível estabelecer **plataformas de orquestração multiagente**, onde diferentes agentes — regulatório, técnico, comercial, de atendimento, entre outros — colaboram entre si de forma coordenada, contextual e responsiva. Essa abordagem transforma a estrutura funcional das utilities, otimizando processos de ponta a ponta, automatizando fluxos decisórios complexos e ampliando significativamente a capacidade de resposta da organização frente a eventos operacionais, demandas dos consumidores e exigências regulatórias.

3. Análise de Casos de Uso

A adoção de Inteligência Artificial no setor de utilities não é mais uma iniciativa experimental — é uma resposta estratégica às crescentes pressões por eficiência, sustentabilidade, qualidade de serviço e conformidade regulatória. Entretanto, sua

aplicação deve ser criteriosa. Os casos de uso a seguir representam áreas com alto potencial de impacto, organizadas por domínio funcional.

3.1 Nem Toda Aplicação Precisa de IA

Embora a IA ofereça enorme potencial, é essencial reconhecer onde soluções determinísticas ou automações convencionais já são suficientes. A decisão pela adoção de IA deve ser baseada em complexidade, variabilidade e incerteza do problema.

Automação simples, como tarefas repetitivas e bem definidas — como geração de relatórios, envio de notificações e atualizações de cadastro — são mais bem resolvidas com RPA (Robotic Process Automation) ou scripts automatizados.

Dashboards e BI em ambientes com dados bem estruturados e métricas claras, ferramentas de Business Intelligence podem prover insights relevantes sem necessidade de algoritmos preditivos. Deve-se evitar o uso de IA onde não há histórico robusto, variabilidade significativa ou onde decisões podem ser automatizadas por regras fixas.

3.2 Monitoramento e Controle de Rede

Para que utilities avancem rumo a um modelo mais resiliente, eficiente e responsivo, é recomendável a adoção de soluções baseadas em inteligência artificial no monitoramento e controle de redes elétricas, hídricas e de gás. A IA viabiliza a transição de uma operação reativa para uma arquitetura de rede **autoadaptativa e autocorretiva**, especialmente em contextos com sensores distribuídos, digitalização avançada e alta variabilidade operacional.

O uso de **modelos preditivos e algoritmos de detecção de anomalias** pode identificar flutuações de desempenho, antecipar falhas e corrigir desvios operacionais de forma automática. A combinação de IA com sistemas SCADA, ADMS ou plataformas georreferenciadas permite **tomada de decisão em tempo real**, reconfiguração dinâmica da topologia de rede e **otimização do fluxo de energia, água ou gás com base em múltiplos critérios simultâneos** — como carga, pressão, temperatura, demanda prevista e custo marginal.

Em projetos mais avançados, recomenda-se a integração de **copilotos inteligentes embarcados** e agentes autônomos especializados, capazes de operar diretamente sobre

subestações, válvulas e controladores de campo, com inferência local (edge AI), garantindo **baixa latência e continuidade de serviço mesmo em situações críticas**, como eventos climáticos extremos ou interrupções de infraestrutura.

Supervisão da Qualidade de Energia: Algoritmos detectam variações de frequência, harmônicas, flutuações de tensão e desequilíbrios em tempo real, correlacionando eventos com causas e recomendando correções preventivas.

Sistemas de Controle: A IA integrada a sistemas ADMS (Advanced Distribution Management Systems) permite reconfiguração autônoma de topologia de rede para isolar falhas, balancear carga e otimizar continuidade de fornecimento.

3.3 Gestão de Ativos

Os ativos das utilities — transformadores, bombas, medidores, válvulas, estruturas de rede — são a espinha dorsal do serviço. Com IA, sua operação se torna mais preditiva, menos reativa.

Manutenção Preditiva: Modelos supervisionados e não supervisionados utilizam algoritmos de machine learning para detectar padrões sutis de degradação com base em variáveis como vibração, temperatura, corrente, pressão, tempo de operação e histórico de falhas. Esses modelos são treinados com dados sensoriais coletados em tempo real e históricos operacionais, permitindo antecipar falhas potenciais com alta precisão.

Ao aplicar técnicas como análise de séries temporais, clustering não supervisionado e redes neurais profundas, a manutenção preditiva evolui de uma prática reativa para uma estratégia de gestão preditiva de ativos críticos, reduzindo custos operacionais, evitando paradas inesperadas e prolongando a vida útil de equipamentos.

Em utilities avançadas, esses modelos são integrados a dashboards preditivos, plataformas SCADA, GIS e sistemas de ordens de serviço, gerando alertas automáticos, priorização inteligente de inspeções e despacho otimizado de equipes de campo. Com isso, a manutenção se torna não apenas preditiva, mas contextual e inteligente, contribuindo diretamente para a confiabilidade da rede, sustentabilidade dos ativos e eficiência regulatória.

Vegetação: Algoritmos de visão computacional aplicados a imagens capturadas por drones, satélites e sensores fixos detectam automaticamente risco de interferência de vegetação em linhas de transmissão e distribuição. Esses modelos analisam padrões de crescimento, proximidade crítica e variações sazonais para priorizar com precisão as áreas que demandam intervenção, reduzindo inspeções manuais e custos operacionais.

Além de acelerar diagnósticos, essa abordagem minimiza cortes desnecessários, promovendo uma gestão ambiental mais equilibrada e alinhada às diretrizes ESG. Ao



integrar os resultados com sistemas georreferenciados (GIS) e plataformas de despacho, as utilities conseguem roteirizar ações preventivas, evitar interrupções de fornecimento e garantir maior continuidade do serviço com menor impacto ambiental.

Em iniciativas mais avançadas, os modelos incorporam variáveis climáticas e topográficas para prever crescimento acelerado da vegetação e adaptar ciclos de manutenção dinamicamente, resultando em maior resiliência da rede, menor emissão de CO₂ associada a deslocamentos e maior conformidade com órgãos reguladores e ambientais.

3.4 Previsibilidade

A previsibilidade é a base de uma operação eficiente. A IA transforma previsões de curto, médio e longo prazo em instrumentos operacionais e comerciais integrados.

Consumo: Modelos baseados em clima, comportamento do consumidor, histórico e eventos extraordinários permitem ajustes mais refinados na alocação de recursos.

VEs (Veículos Elétricos): Previsões com IA consideram perfis de carregamento, clusters geográficos e tarifas dinâmicas para evitar picos e sobrecargas.

Demanda: Modelos adaptativos ajustam elasticidade da demanda em tempo real, integrando resposta do cliente, consumo inteligente e limites de rede.

3.5 Design de Programas e Geração Distribuída

Com IA, o design de programas de geração e tarifação pode ser dinâmico, segmentado e responsivo às necessidades reais da rede e dos usuários.

Geração: Modelagem de cenários com IA melhora a avaliação de viabilidade técnica e econômica de projetos, incluindo análise de sensibilidade e risco.

DER (Distributed Energy Resources): A coordenação de geração distribuída, microgeração, armazenamento local e carregadores dos Veículos Elétricos se tornam possíveis com agentes inteligentes operando de forma descentralizada.

3.6 Atendimento ao Cliente - Hiper personalização

A experiência do cliente nas utilities está passando por uma transformação estrutural de interações lineares e reativas para jornadas digitais **inteligentes, contextuais e proativas**. À medida que os consumidores se tornam mais exigentes e os canais de contato mais diversos, a **inteligência artificial** assume um papel central na entrega de atendimento **escalável, empático, responsivo e hiperpersonalizado**.

- **Voicebots e NLP (Processamento de Linguagem Natural)**

Agentes baseados em IA generativa (GenAI) compreendem linguagem natural com alto grau de acurácia, interpretam intenções, detectam emoções, esclarecem dúvidas sobre consumo e tarifas, ajustam faturas e ativam serviços, mantendo rastreabilidade, explicabilidade e empatia. Além de absorverem grande volume de interações simultâneas, esses agentes aprendem com cada diálogo e ajustam suas respostas ao contexto regulatório e comportamental de cada cliente.

- **Hiperpersonalização com IA e Inteligência de Mercado**

Algoritmos preditivos aliados a dados contextuais permitem que utilities avancem da personalização tradicional para modelos de hiperpersonalização, nos quais ofertas, canais de comunicação e jornadas digitais são ajustados de forma dinâmica e individualizada, com base em múltiplas fontes integradas de dados.

No caso de **clientes cativos**, a hiperpersonalização viabiliza o aumento da adesão a programas de eficiência energética, o aprimoramento dos índices de satisfação (como NPS), o apoio à renegociação de débitos e a adaptação da jornada de atendimento ao perfil e histórico de cada consumidor.

Para **clientes livres**, atendidos por comercializadoras em ambientes altamente competitivos, a aplicação de IA nesse contexto é estratégica para **retenção (churn prevention)**, ao possibilitar simulações tarifárias customizadas, ofertas sob medida e uma comunicação responsiva às preferências de consumo e condições de mercado.



Essa abordagem é potencializada pela integração com **inteligência de mercado**, incorporando dados como benchmarks setoriais, históricos climáticos, projeções tarifárias e variações regulatórias. Ao combinar fontes internas (como sistemas operacionais, CRM e histórico de faturamento) com fontes externas estruturadas e não estruturadas, as utilities

conseguem enriquecer seus modelos analíticos, calibrar campanhas com maior precisão e oferecer **experiências altamente contextuais, adaptadas à realidade econômica, regulatória e climática de cada segmento**.

- **Atendimento Preditivo ao cliente**

Modelos analíticos antecipam o surgimento de chamados com base em **eventos da rede (ex: interrupções ou manutenções), oscilações no consumo, ou campanhas institucionais**, ativando ações antes mesmo de o cliente perceber um problema. Essa abordagem reduz picos de chamadas, melhora a reputação da concessionária e **fortalece a confiança do consumidor** na empresa como um provedor inteligente e confiável.

3.7 Apoio a Operação

A inteligência artificial está redefinindo o núcleo operacional das utilities, proporcionando uma evolução da gestão baseada em procedimentos para uma abordagem **cognitiva**,

responsiva e coordenada em tempo real. Ao integrar dados geoespaciais, variáveis climáticas, históricos operacionais e regras de negócio, a IA permite que as operações deixem de ser reativas e passem a ser **orquestradas por agentes inteligentes**, com alta precisão e adaptabilidade.

- **Roteirização Inteligente**

Algoritmos de georreferenciamento com IA preditiva processam variáveis como localização de ativos, prioridade de ordens de serviço, clima, disponibilidade de técnicos, histórico de falhas e custo logístico para gerar rotas otimizadas em tempo real. O resultado é uma redução expressiva no tempo médio de atendimento, menor desgaste da frota, economia de combustível e redução nas emissões de carbono, reforçando o compromisso ESG da operação.

- **Otimização de Equipes**

Modelos de machine learning ajustam a escala de trabalho de forma dinâmica, prevendo picos de demanda, indisponibilidades técnicas, restrições climáticas e janelas regulatórias. Essa otimização aumenta a eficiência operacional, melhora o SLA (Service Level Agreement) e reduz custos associados a plantões, horas extras e reenvios de equipes.

- **Auditoria Automatizada e Compliance Operacional**

Com IA embarcada em sistemas de ordens de serviço, leitura, faturamento e cobrança, é possível auditar em tempo real a execução dos processos, detectar desvios ou inconsistências e gerar alertas automáticos com rastreabilidade e priorização por risco. Além de elevar a transparência e a confiabilidade, essa automação contribui para a aderência regulatória contínua e a prevenção de perdas comerciais e reputacionais.

Em ecossistemas mais avançados, essas funcionalidades são orquestradas por agentes autônomos integrados, que aprendem continuamente com os dados operacionais e atuam como copilotos táticos, tomando decisões descentralizadas, escalando ordens de campo, priorizando inspeções e acionando workflows com mínima intervenção humana.

3.8 Cibersegurança

À medida que as utilities evoluem para infraestruturas cada vez mais digitais, distribuídas e integradas, a **superfície de ataque cibernético se expande exponencialmente.**

Sistemas de automação (SCADA, ADMS, GIS), plataformas de billing e atendimento, sensores na ponta, medidores inteligentes e APIs abertas criam um ambiente de alta exposição que exige **defesas cognitivas, proativas e responsivas**. Nesse contexto, a inteligência artificial atua como uma **camada estratégica de proteção ativa, preditiva e autônoma**, transformando a cibersegurança de uma função técnica para uma alavanca crítica de continuidade e resiliência operacional.

- **Modelos Comportamentais Inteligentes**

A IA monitora continuamente os padrões de uso e comunicação em sistemas críticos — como SCADA, ERP, CRM, APIs e endpoints operacionais — e utiliza modelos de detecção baseados em anomalias para identificar desvios sutis de comportamento, comandos suspeitos, elevação de privilégios não autorizada, tentativas de intrusão e atividades laterais. Ao contrário das abordagens tradicionais baseadas em assinaturas, esses modelos são contextuais e adaptativos, permitindo a detecção de ataques ainda não catalogados ou sofisticadamente disfarçados.

- **Resposta Autônoma a Incidentes**

Em arquiteturas avançadas, agentes de IA embarcados em sistemas de operação e segurança são capazes de detectar, conter e mitigar ameaças automaticamente, isolando fluxos, interrompendo comandos maliciosos, revogando acessos indevidos ou escalando alertas de forma autônoma — antes mesmo da intervenção humana. Essa capacidade de resposta em milissegundos é fundamental para ambientes de missão crítica, como o setor de utilities, onde qualquer atraso pode comprometer a continuidade de fornecimento de energia, água ou gás, afetando diretamente hospitais, indústrias, centros urbanos e a segurança pública. A resposta autônoma permite preservar a integridade dos dados operacionais, garantir resiliência cibernética e manter os padrões regulatórios exigidos, mesmo sob ataques sofisticados ou falhas sistêmicas.

- **Conformidade, Rastreabilidade e Governança Algorítmica**

A Inteligência Artificial exerce um papel cada vez mais estratégico no fortalecimento da governança cibernética e regulatória das utilities. Por meio de modelos cognitivos e auditorias contínuas, a IA monitora e documenta em tempo real a aderência a marcos regulatórios críticos como NERC-CIP (América do Norte), GDPR (Europa), LGPD (Brasil) e normas locais de segurança da informação. Plataformas inteligentes geram relatórios auditáveis automaticamente, com trilhas de evidência completas sobre controle de acesso, segregação de funções, integridade de logs, rastreabilidade algorítmica e conformidade com princípios de explicabilidade (XAI). Isso garante que decisões automatizadas — muitas vezes tomadas em milissegundos — estejam alinhadas a padrões legais, éticos e operacionais, reduzindo riscos regulatórios e fortalecendo a legitimidade das utilities frente a agências, stakeholders e sociedade. Em um setor onde a confiabilidade institucional é tão crítica quanto a operacional, a IA se posiciona como pilar central de accountability, transparência e conformidade em escala.

4. Aplicações Intersectoriais e Adaptação de Tecnologias para Utilities

A inteligência artificial no setor de utilities não avança de forma isolada — ela se apoia fortemente em inovações consolidadas em setores que já atingiram elevada maturidade em analytics, automação industrial, cibersegurança e IA aplicada à missão crítica. Indústrias como manufatura, saúde, telecomunicações, varejo e transporte atuam como verdadeiros laboratórios vivos de validação tecnológica, cujas soluções podem ser adaptadas, recontextualizadas e otimizadas para atender aos requisitos regulatórios, operacionais e ambientais das utilities.

Esse intercâmbio intersectorial acelera exponencialmente a curva de adoção da IA em energia, gás e saneamento, reduz riscos típicos de inovação e encurta o ciclo entre pesquisa, desenvolvimento e geração de valor real. Mais do que eficiência, ele oferece às utilities a oportunidade de transcender sua função tradicional de operadoras de infraestrutura física, posicionando-se como plataformas inteligentes de suporte ao compliance regulatório, operação preditiva e sustentabilidade sistêmica.

Ao internalizar metodologias e tecnologias de outros setores, as utilities constroem as bases para inovações concretas, como:

- **Personalização de serviços** baseada em algoritmos comportamentais oriundos do varejo e telecom;
- **Auditorias automatizadas e rastreáveis**, adaptadas das práticas regulatórias da saúde e do setor financeiro;
- **Roteirização e logística de campo** otimizadas com lógica adaptada da indústria de transportes;
- **Copilotos digitais assistivos**, inspirados na IA clínica usada em ambientes médicos regulados.

Essa capacidade de absorver, reinterpretar e aplicar inteligência externa de forma estratégica posiciona as utilities como verdadeiros hubs cognitivos — conectando dados, clientes, tecnologia, ambientes regulatórios e sustentabilidade em tempo real. O resultado é um novo patamar de operação: mais ágil, mais econômica, mais preditiva e radicalmente mais confiável.

4.1 Exemplos de Setores que Inspiram Utilities

Indústria (Manufatura e Óleo & Gás): O setor de utilities utiliza há bastante tempo manutenção preditiva e corretiva, mas a manutenção preditiva baseada em sensores industriais e algoritmos multivariáveis pode ser otimizada. Visão computacional para controle de qualidade e segurança operacional e aplicações de IA embarcada para monitoramento remoto de plantas e ativos podem melhorar significativamente os indicadores de qualidade operacional da rede elétrica.

Saúde: Diagnóstico preditivo com IA multimodal, atendimento humanizado com copilotos treinados em linguagem natural e contexto regulatório (LGPD/HIPAA). Rastreabilidade algorítmica em decisões clínicas.

Varejo e Telecom: Segmentação dinâmica de clientes com IA comportamental e personalização de ofertas com base em modelos preditivos e LLMs. Gestão de jornada omnichannel com integração de voz, texto e imagem.

Transporte e Logística: Otimização de rotas com algoritmos adaptativos. Predição de falhas mecânicas em frotas e ativos móveis. IA para priorização de atendimentos com base em geografia, clima e urgência.

4.2 Potenciais de Adaptações para Utilities

As utilities podem capturar valor imediato ao aplicar esses modelos testados em setores adjacentes como:

Modelos de recomendação e segmentação do varejo: Utilizados para personalizar tarifas, estruturar jornadas de pagamento sob medida, recomendar adesão a programas tarifários especiais (como tarifa branca), incentivar o uso eficiente de energia e oferecer alternativas contratuais mais aderentes ao perfil de consumo do cliente — tanto no mercado cativo quanto no livre.

Pipelines de manutenção da indústria 4.0: Na manutenção preditiva em transformadores, válvulas, chaves seccionadoras, medidores e cabines.

Plataformas de copilotos médicos: Copilotos técnicos para campo, atendimento e contexto regulatório.

Centros de comando logístico de transportes: Orquestração operacional do sistema (futuro), de ordens de serviço, equipes e recursos técnicos.

Ao integrar essas práticas, as utilities não apenas aceleram sua curva de aprendizado, mas criam a base para se posicionarem como ecossistemas intersetoriais de inteligência, capazes de atender múltiplas verticais com eficiência e inovação.

4.3. Casos Reais e Inovadores com Uso de IA nas Utilities

A aplicação estratégica da inteligência artificial no setor de utilities tem avançado significativamente em todo o mundo. A seguir, são apresentados destaques por região e nas transformações concretas observadas no setor.

4.3.1 América do Norte: Agentes Autônomos, GenAI e Infraestruturas Inteligentes

A América do Norte é referência global em uso de GenAI e arquiteturas de agentes inteligentes para utilities. Empresas estão criando plataformas com sistemas multiagente baseados em LLMs, projetados para executar tarefas críticas com mínima intervenção humana e alta rastreabilidade.

Arquiteturas Inteligentes de Agentes nas Utilities

Agente Técnico de Campo: Pode atuar como copiloto inteligente para as equipes operacionais, interpretando dados geoespaciais, registros normativos e históricos de ativos, além de **gerar recomendações técnicas, instruções de inspeção e suporte à execução de ordens de serviço**. Pode operar integrado a sistemas GIS, SCADA ou plataformas móveis de campo, otimizando a atuação técnica com base em contexto local, prioridade de atendimento e condições operacionais da rede.

Agente de Atendimento Generativo: Interpreta linguagem natural, responde a dúvidas sobre consumo, tarifas e simulações de fatura, com integração omnichannel.

Agente de Orquestração de Operações: Gere fluxos interdepartamentais, como corte/religação, inspeções e atualização cadastral com base em regras comerciais e condições operacionais em tempo real.

Agente Regulatório: Analisa documentos, extrai requisitos normativos e elabora relatórios de compliance automaticamente.

Benefícios Observados

Casos reportados por empresas de energia nos Estados Unidos também mostram avanços relevantes:

- Uma distribuidora implantou um copiloto de inspeção com GenAI integrado a sensores, GIS e ERP, que automatiza a geração de laudos técnicos e priorização de ordens de campo.
- Um agente explicativo de billing foi desenvolvido para dar suporte a mais de **3 milhões de interações mensais**, otimizando a clareza das faturas e reduzindo reaberturas.
- Simuladores de impacto regulatório com entrada em linguagem natural têm sido utilizados para acelerar a análise de mudanças tarifárias em ambientes multi-jurisdição.

Essas soluções têm sido construídas sobre arquiteturas **serverless baseadas em microserviços**, com APIs abertas, o que permite **rápida escalabilidade, versionamento seguro e aderência aos padrões NERC-CIP** e exigências dos ISOs regionais.

4.4 América Latina: Funil Comercial, Cobrança e Campo com Resultados Concretos

Na América Latina, o foco da adoção de IA está na eficiência do ciclo comercial, detecção de perdas não técnicas, automação de processos de campo, e rastreabilidade de decisões regulatórias.

4.4.1 Cobrança Inteligente (*Intelligent Collection*)

Modelos preditivos baseados em machine learning permitem a clusterização de clientes, o desenho de réguas de cobrança personalizadas e a alocação automática de ações em múltiplos canais digitais. A solução traz redução expressiva da inadimplência e aumento significativo da eficiência operacional para os clientes. Além da automação, um diferencial estratégico dessa solução é que ela habilita autonomia total para a área de negócio, eliminando a dependência de times de TI para o ajuste das estratégias. Com apenas alguns cliques, os gestores podem configurar ou modificar a régua de cobrança conforme o perfil de risco, estágio de inadimplência ou objetivo da estratégia — seja ela orientada por **fluxo de caixa**, **eficiência operacional** ou uma abordagem combinada.

Os estudos de comportamento com IA permitem identificar **a propensão de pagamento dos clientes** e direcionar ações mais precisas, otimizando o ROI e o OPEX. Além disso, a solução disponibiliza **painéis de performance**, relatórios analíticos e **insights em tempo real** para gestão ativa de resultados.

Para empresas com **restrições de atuação em campo**, a plataforma também oferece **algoritmos inteligentes de priorização geográfica**, com agrupamentos (centroídes) que indicam os melhores alvos com maior potencial de retorno, respeitando a capacidade limitada de equipes. Com isso, a composição de “cestas de ações de campo” torna-se orientada por dados, maximizando o impacto de cada visita e reduzindo desperdícios logísticos.

Próximo Passo: Agentes Inteligentes e GenAI para Estratégias de Cobrança

A evolução natural da cobrança inteligente passa pela incorporação de **agentes autônomos especializados**, capazes de atuar em tempo real sobre os fluxos de inadimplência, sugerir ajustes táticos nas réguas e até mesmo interagir com outras soluções da distribuidora, como CRM e plataformas de atendimento.



Além disso, a plataforma poderá operar com **GenAI embarcado**, permitindo que profissionais da área de negócio **conversem diretamente com o sistema via linguagem natural**, sem a necessidade de parametrizações técnicas. Através de uma **janela de contexto (prompt inteligente)**, o usuário pode

descrever sua estratégia — por exemplo:

"Quero focar a régua de cobrança nos clientes com duas faturas em aberto e risco médio de inadimplência, priorizando SMS e voicebot nas regiões com menos cobertura de campo."

O agente generativo interpreta a intenção, configura automaticamente as ações correspondentes e ainda sugere alternativas com base no histórico de resultados. Com isso, **a construção da estratégia de cobrança deixa de ser técnica e passa a ser conversacional**, tornando o processo mais ágil, responsivo e alinhado às metas de negócio.

4.4.2 Proteção de Receita com Funil Ciclo Comercial (Breakdown)

Visão fim-a-fim do ciclo comercial: desde a leitura, passando por faturamento, até arrecadação. Identificação de anomalias com dashboards alimentados por algoritmos e regras heurísticas. Essa solução figura como um dos mais avançados cockpits da área comercial, estruturando um funil completo desde a contratação e



instalação do serviço em campo até o fechamento do faturamento. O sistema identifica, de forma visual e analítica, em quais etapas do ciclo comercial ocorrem quebras no fluxo de receita — como leituras ausentes, leituras sem retorno, valores implausíveis, falhas de cálculo e bloqueios de faturamento — permitindo

ações corretivas ágeis e priorizadas. Com isso, torna-se possível reduzir perdas comerciais, antecipar riscos e garantir maior eficiência na geração de receita para as distribuidoras.

A solução também incorpora funcionalidades de gestão das etapas de notas de reclamação, permitindo o acompanhamento estruturado de registros críticos que impactam diretamente na percepção de qualidade e no índice de satisfação dos clientes. Esses registros são integrados ao cockpit principal e categorizados conforme origem, tipologia, tempo médio de resolução e impacto na arrecadação. O deck de KPIs e dashboards disponibilizado apresenta uma visão abrangente e atualizada em tempo real sobre todos os pontos do ciclo comercial — incluindo volumes processados, desempenho por regional, perfil dos clientes inadimplentes, taxas de sucesso na cobrança e níveis de arrecadação diária, semanal e mensal. **Grandes números de cobrança e arrecadação são organizados em painéis interativos**, permitindo a gestão ativa de performance por estratégia, canal, agente e regional, com alertas para desvios e insights acionáveis.

O cockpit também suporta processos de **On-Site Billing** (faturamento em campo) e **On-Site Printing** (impressão em campo), otimizando os atendimentos presenciais e possibilitando resoluções imediatas junto ao cliente no momento da visita técnica.

4.4.3 Visão Computacional no Campo – Leitura e Inspeção

Em uma grande distribuidora de energia do estado de São Paulo, foi implementada uma plataforma de visão computacional aplicada à automação de processos de inspeção em campo. Segundo dados divulgados e validados pelo próprio cliente, a solução realiza o **processamento diário de mais de 140 mil imagens** de campo, com **extração automática de metadados, leitura visual de medidores e classificação de instalações**. O modelo alcançou **88% de assertividade média** na leitura automatizada e resultou em um **ganho expressivo de produtividade nas rotinas de backoffice**, com impacto direto na agilidade de faturamento, inspeção e resposta a eventos operacionais.



- **Gestão de Fraude e Banco de Alvos Inteligente com uso de modelos IA**

Alertas preditivos de fraude em tempo real com workflows de investigação. Algoritmos de roteirização para equipes de inspeção priorizando casos de maior risco ou perda potencial. Resultados reportados com redução média de 25% nas perdas comerciais. Aumento de 35% na eficácia de inspeções de campo.

4.5 Europa: Regulação Ética e Orquestração Autônoma

A Europa tem conduzido sua transformação digital no setor de utilities com base em dois pilares principais: **descarbonização** e **governança algorítmica ética**, ambos fortemente alinhados às diretrizes do **AI Act da União Europeia**. Essa abordagem visa não apenas acelerar a transição energética com foco em fontes renováveis e eficiência no uso de recursos, mas também garantir que o uso de inteligência artificial ocorra sob um rigoroso marco de transparência, explicabilidade e responsabilização.

Nesse contexto, países europeus vêm adotando arquiteturas de orquestração autônoma em suas utilities — com plataformas baseadas em agentes inteligentes e modelos

multimodais que operam em conformidade com normas de proteção de dados, direitos digitais e segurança cibernética. A **rastreabilidade algorítmica** e a **explicabilidade de decisões automatizadas** (XAI) tornaram-se requisitos mandatórios, especialmente em contextos de impacto tarifário ou social.

Além disso, o continente lidera iniciativas em **auditorias contínuas de modelos preditivos**, uso de **digital twins para monitoramento ambiental**, e **copilotos regulatórios** baseados em GenAI que ajudam empresas a navegar pelo complexo ecossistema normativo europeu. O alinhamento ao **Green Deal Europeu** e ao **Digital Europe Programme** reforça esse posicionamento como um modelo global de **IA ética, sustentável e interoperável** aplicada ao setor energético e ambiental.

Destaques Europeus

IA para balanceamento em tempo real de geração renovável em redes com alta penetração de eólica e solar.

- **Sistemas preditivos para planejamento tarifário e integração com DERs.**
 - Plataformas explainable AI (XAI) integradas ao atendimento e compliance com a regulação e foco em transparência, auditabilidade e fairness.
- **Exigências Regulatórias**
 - Explicabilidade algorítmica (XAI)
 - Documentação de dados de treinamento e avaliação de impacto
 - Responsabilidade legal sobre decisões automatizadas
 - Implementação de Digital Twins com IA multimodal, copilotos para processos técnicos e marketplaces de agentes para serviços preditivos.

4.6 Limitações Tecnológicas

Apesar do avanço, muitas utilities enfrentam barreiras estruturais que inibem a adoção plena da IA:

- Sistemas legados com baixa interoperabilidade
- Dados operacionais não estruturados ou inconsistentes

- Falta de conectividade robusta em áreas de difícil acesso
- Fragmentação entre sistemas técnicos (SCADA, GIS) e comerciais (ERP, CRM)

A modernização da arquitetura tecnológica, com a criação de data lakes operacionais, integrações via API Gateway e adoção de edge computing, torna-se mandatória para liberar o potencial da IA.

4.7 Transferibilidade Operacional

Para que os modelos e arquiteturas de inteligência artificial gerem impacto concreto e sustentável no setor de utilities, é fundamental que sejam adaptados aos contextos específicos de cada operação. Isso inclui considerar as particularidades do ambiente regulatório local — como padrões tarifários, metas de qualidade de fornecimento e exigências de rastreabilidade —, bem como as condições climáticas e geográficas que influenciam diretamente a sensibilidade dos sensores e a performance dos modelos preditivos. A cultura organizacional e o grau de maturidade digital das equipes também são fatores críticos, determinando a capacidade de adoção, validação e escalabilidade das soluções. Além disso, variáveis socioterritoriais, como zonas de risco, densidade populacional e perfil dos clientes atendidos, devem orientar a personalização dos agentes e a configuração dos fluxos decisórios. A orquestração inteligente por clusters operacionais, ajustados às realidades locais, é indispensável para que a IA entregue valor de forma contextualizada, segura e escalável.

5. Desafios de Implementação

Apesar do elevado potencial da inteligência artificial para gerar eficiência e valor no setor de utilities, sua implementação prática enfrenta obstáculos substanciais. Esses desafios transcendem questões tecnológicas, abrangendo barreiras estruturais, organizacionais, culturais e regulatórias. Um dos principais fatores críticos é o *buy-in* da alta liderança, sem um compromisso claro e contínuo do C-Level, a transformação digital tende a se fragmentar ou estagnar. A mudança cultural necessária para adotar soluções baseadas em IA requer um direcionamento estratégico top-down, capaz de promover alinhamento entre áreas, redefinir processos decisórios e fomentar uma mentalidade orientada por dados. A capacidade de escalar soluções de IA de forma ética, segura e sustentável depende, em grande medida, da maturidade digital da organização — e essa maturidade começa no nível mais alto da governança.

5.1 Projeção de Consumo de Energia por Data Centers e IA

O gráfico apresenta a projeção de crescimento exponencial do consumo energético global associado a data centers e tecnologias de IA estimando-se que esse consumo atinja 1.050 TWh até 2026 — o dobro do consumo anual do Brasil. A visualização reforça a urgência de adotar práticas sustentáveis e arquiteturas eficientes no desenvolvimento de soluções cognitivas para o setor de utilities.

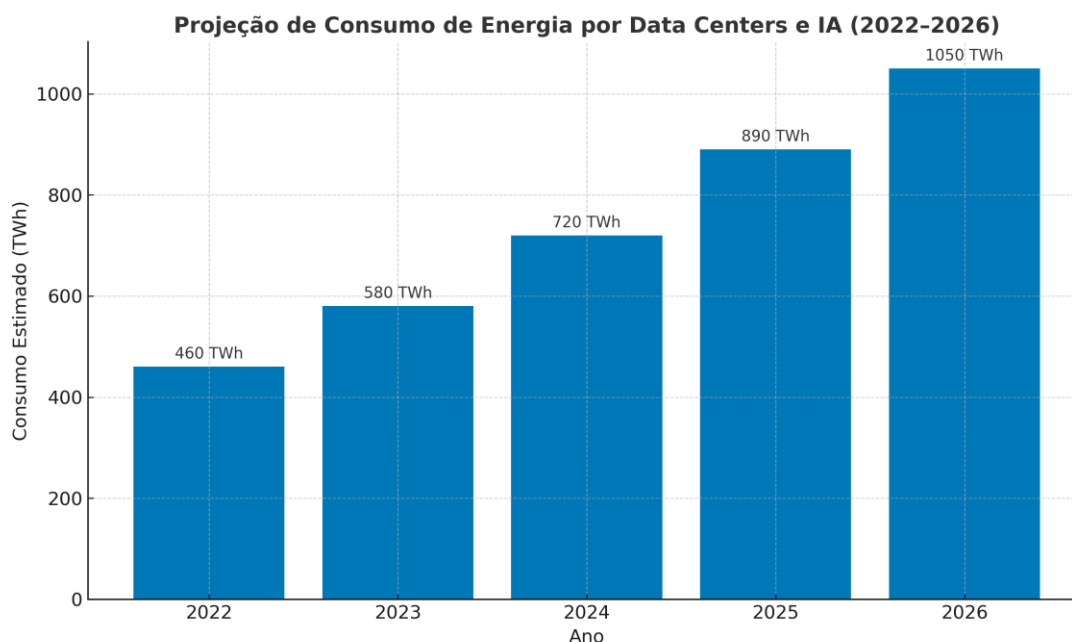


Figura: Projeção de Consumo de Energia por Data Centers e Aplicações de IA (2022-2026)

Fonte: Agência Internacional de Energia (IEA), 2024.

5.2 Dados: A Matéria-Prima da Inteligência

A IA é tão boa quanto os dados que a alimentam. Utilities frequentemente lidam com ambientes híbridos de dados — operacionais, comerciais, regulatórios — com níveis distintos de maturidade.

Volume: Com a digitalização de ativos, medidores inteligentes, IoT, imagens de campo e logs de sistema, o volume de dados cresce exponencialmente. Isso exige infraestrutura escalável, com capacidade de ingestão em tempo real e armazenamento com custos controlados.

Organização e Integração: Dados de leitura, inspeção, atendimento, ERP e SCADA muitas vezes existem em silos. A criação de data fabrics e data lakes operacionais, com governança unificada e APIs abertas, é crucial para gerar modelos acionáveis.

Qualidade e Limpeza: Dados imprecisos, duplicados, desatualizados ou incompletos comprometem diretamente a eficácia dos modelos de IA. A aplicação de pipelines de data cleansing, score de confiabilidade e enriquecimento contextual torna-se indispensável.

5.3 Implementação por Caso de Uso: Escalabilidade com Foco em Valor

A introdução de IA deve seguir um modelo de valor incremental e viabilidade técnica, evitando armadilhas de projetos-piloto isolados ou de baixa aplicabilidade.

Matriz Impacto x Viabilidade: É essencial priorizar casos de uso que combinem alto valor estratégico com viabilidade técnica e dados acessíveis. Casos de uso com dados abundantes, resultado mensurável e conexão com KPI regulatório tendem a escalar mais rapidamente.

Roadmap Modular: Utilizar uma abordagem iterativa, com provas de conceito controladas, seguido de rollout por cluster de operação, linha de negócio ou região geográfica. Adotar o princípio “Think Big, Start Small, Scale Fast” é mandatório.

5.4 Amplificando o Potencial Humano nas Utilities: Transformação Colaborativa

A adoção da IA exige não apenas nova tecnologia, mas nova mentalidade organizacional. Isso envolve um processo contínuo de upskilling, reskilling e integração homem+IA.

Upskilling Técnico (capacitação e requalificação técnica): Equipes de operação, engenharia, comercial e TI precisam ser capacitadas em temas como leitura de dashboards preditivos, uso de copilotos, validação de outputs e avaliação de risco algorítmico. Naturalmente, com o avanço das tecnologias baseadas em inteligência artificial, torna-se mandatório que as empresas de utilities incorporem em suas estruturas profissionais com perfil de **cientista de dados (data scientist)**, capazes de interpretar grandes volumes de dados, treinar modelos preditivos e traduzir insights técnicos em valor operacional e estratégico.

Nova Cultura Digital: A IA deve ser percebida como aliada e amplificadora do trabalho humano, e não como substituta. Isso exige mudança de mindset e envolvimento direto de lideranças.

5.5 IA Responsável e Governança

À medida que os algoritmos ganham autonomia, aumenta a necessidade de governança transparente, rastreável e auditável.

Frameworks de IA Responsável: Estabelecer políticas claras sobre como os dados são usados, como os modelos são treinados e quem responde por decisões automatizadas.

Accountability: Assegurar que decisões tomadas por agentes ou modelos de IA sejam explicáveis, auditáveis e associadas a responsáveis humanos e jurídicos.

Compliance com Regulação: Adaptar-se às exigências crescentes de órgãos reguladores e legisladores, como a **ANEEL**, o **AI Act da União Europeia** e as normas **NERC-CIP** da América do Norte, exige que as utilities adotem práticas robustas de **rastreabilidade algorítmica, documentação técnica e auditoria contínua de modelos**.



No Brasil, o avanço do **marco legal da inteligência artificial (PL 2338/2023)** e as discussões em fóruns setoriais indicam uma tendência clara de regulamentação mais rigorosa sobre o uso de IA em setores críticos como energia, saneamento e telecomunicações. Estar preparado para esse cenário

regulatório — tanto em escala local quanto internacional — será decisivo para garantir conformidade, transparência e legitimidade institucional.

5.6 Cibersegurança em Ambientes Inteligentes

O aumento da conectividade, sensorização e decisões autônomas amplia a superfície de ataque cibernético.

Segurança por Design: Os modelos de IA devem ser auditáveis, seguros por arquitetura, com logs, controles de acesso e criptografia.

Modelos robustos a ataques adversariais: É fundamental que modelos sejam resilientes a manipulações, dados corrompidos ou engenharia de input maliciosa.

Integração com frameworks existentes: A IA deve se integrar aos SOC's (Security Operation Centers), firewalls, e sistemas de detecção de intrusão, formando uma camada cognitiva de proteção preditiva.

6. Conclusão e Recomendações Estratégicas

O Papel Transformador da IA nas Utilities

A Inteligência Artificial deixou de ser apenas uma alavanca de eficiência — ela é agora um eixo de reinvenção operacional, regulatória e estratégica para as utilities. Ela transforma o que antes era reativo em proativo, o que era fragmentado em orquestrado, e o que era estático em inteligente e adaptável.

IA permite que empresas de energia, água e gás transitem de operadores tradicionais para plataformas de inteligência distribuída, com decisões em tempo real, alinhamento regulatório contínuo e engajamento centrado no cliente.

6.1 Conclusões para Lideranças Setoriais

IA não é plug-and-play: exige maturidade organizacional, arquiteturas digitais preparadas e dados confiáveis.

Pilote rápido, mas escale com responsabilidade: foco em valor de negócio e governança desde o início.

Adote ecossistemas abertos: interoperabilidade com parceiros, startups, universidades e reguladores.

6.2 Recomendações Estratégicas

Estabeleça um plano de IA orientado por negócio, com liderança executiva, apoio de TI e métricas de valor.

Escolha de 3 a 5 casos de uso de alto impacto, com foco em eficiência, receita, segurança e satisfação do cliente.

Invista na formação de talentos híbridos — técnicos, analíticos e regulatórios — preparados para atuar com IA operacional e generativa.

Implemente um framework de IA responsável, com trilhas de auditoria, explicabilidade, bias control e conformidade regulatória.

Perspectiva Futura: Da Automação Reativa à Autonomia Cognitiva em Utilities

O futuro das utilities será profundamente transformado por uma transição sistêmica — da automação pontual e reativa para um modelo de autonomia cognitiva distribuída, fundamentado em três grandes pilares: IA multimodal, agentes autônomos embarcados, e plataformas interoperáveis de inteligência operacional e regulatória.

Neste novo paradigma, as utilities evoluirão de prestadoras de serviços infraestruturais para verdadeiros sistemas vivos, com capacidades de aprendizado contínuo, adaptação dinâmica e tomada de decisão autônoma em tempo real.

6.3 Pilares Estratégicos da Autonomia Cognitiva

- **IA Multimodal e Contextualizada:** Modelos de IA que combinam linguagem natural, imagens, áudio, geodados e sinais sensoriais. Esses modelos são capazes de compreender contextos operacionais complexos — como uma fatura contestada, uma falha técnica intermitente ou um atendimento multicanal — e gerar respostas adaptadas, explicáveis e acionáveis. Exemplo: copilotos de atendimento que integram texto, comando de voz e leitura de imagem de medidor.
- **IA Embarcada e Edge Intelligence:** Modelos de inferência local embarcados em medidores inteligentes, controladores de subestação, válvulas inteligentes e sensores de rede, permitindo decisões autônomas mesmo em ambientes com conectividade limitada. Reduz-se a latência, aumenta-se a confiabilidade e a

resiliência operacional é garantida em situações críticas (como eventos climáticos ou falhas de backbone).

- **Agentes Autônomos e Plataformas Multiagente:** Ambientes compostos por agentes especializados, treinados para funções específicas: previsão de carga, orquestração de corte/religação, análise de conformidade regulatória, gestão de ativos, detecção de fraudes ou suporte ao técnico em campo. Esses agentes operam em rede, trocam informações, aprendem com o ambiente e tomam decisões sincronizadas com os objetivos estratégicos da empresa.
- **Marketplaces Corporativos de Agentes:** Ambientes internos ou de ecossistema onde agentes de IA são disponibilizados como serviços plug-and-play. Utilitários poderão ativar, customizar e escalar agentes de inspeção, copilotos de atendimento, validadores de leitura ou simuladores de impacto tarifário, de forma modular e com governança centralizada.
- **Utilities como Hubs Cognitivos:** Empresas de utilities transcenderão sua função original para se tornarem plataformas de inteligência regulatória, operacional e energética, ofertando serviços baseados em dados, modelos preditivos, relatórios ESG automatizados, suporte regulatório e insights preditivos ao consumidor, ao mercado e ao próprio setor público.

6.4 Implicações Estratégicas para Liderança

Essa perspectiva futura exige um novo mindset. Investimento em tecnologia será necessário, mas insuficiente sem:

- Governança algorítmica robusta com políticas de IA responsável e explainable AI (XAI);
- Ética digital aplicada, especialmente em processos decisórios automatizados com impacto social ou tarifário;
- Arquitetura regulatória adaptativa, com agências preparadas para avaliar algoritmos, não apenas documentos;
- Talentos híbridos, com domínio técnico, jurídico e operacional sobre IA embarcada e agentes generativos.

6.5 O Caminho das Utilities Referência

As empresas que liderarem essa transição sairão à frente como hubs resilientes, descentralizados e customer-centric, com capacidade de entregar valor operacional, ambiental, social e econômico — ao mesmo tempo.

7. Considerações Finais

A Inteligência Artificial está deixando de ser uma iniciativa tecnológica e passando a ser uma capacidade core das empresas de água, gás e energia.

As utilities que adotarem IA com visão estratégica, disciplina regulatória, ética algorítmica e foco no cliente, estarão mais bem posicionadas para liderar a próxima década — marcada por descarbonização, descentralização, digitalização e disrupção regulatória.

Este white paper oferece um framework técnico, tático e estratégico para essa transição. Ele não é um ponto de chegada, mas um ponto de partida para líderes que desejam transformar suas operações em plataformas cognitivas distribuídas, resilientes e interoperáveis.

7.1 Próximos Passos Recomendados

Elaborar relatórios sobre:

- IA colaborando com resiliência da rede
- Segurança Cibernética apoiada em IA para TO
- Gêmeos digitais aprimorados por IA para planejamento de ativos e sistemas
- Programas de Qualificação da Força de Trabalho para Operações baseadas em IA
- Benchmarking das tendências globais de adoção de IA em utilities

7.2 Sobre os Autores / Parceiros Estratégicos

Este documento foi elaborado com base em experiências reais de campo, soluções aplicadas em empresas líderes, e na atuação de grandes consultorias de tecnologias e seus parceiros em dezenas de projetos no Brasil e na América Latina.

Referências

1. **Accenture.** *Generative AI for Utilities: Unlocking New Value Across the Enterprise.* 2023. Disponível em: <https://www.accenture.com>
2. **World Economic Forum.** *Transforming Infrastructure with Artificial Intelligence.* 2023. Disponível em: <https://www.weforum.org>
3. **MIT Sloan Management Review.** *AI-Driven Utility Operations: Building Intelligence into the Grid.* 2024.
4. **IDC.** *AI-Based Asset Management in Energy and Utilities.* 2022.
5. **NERC – North American Electric Reliability Corporation.** *CIP Standards – Critical Infrastructure Protection.* Atualizado em 2023. Disponível em: <https://www.nerc.com>
6. **European Commission.** *Proposal for a Regulation on Artificial Intelligence (AI Act).* 2021. Disponível em: <https://digital-strategy.ec.europa.eu>