



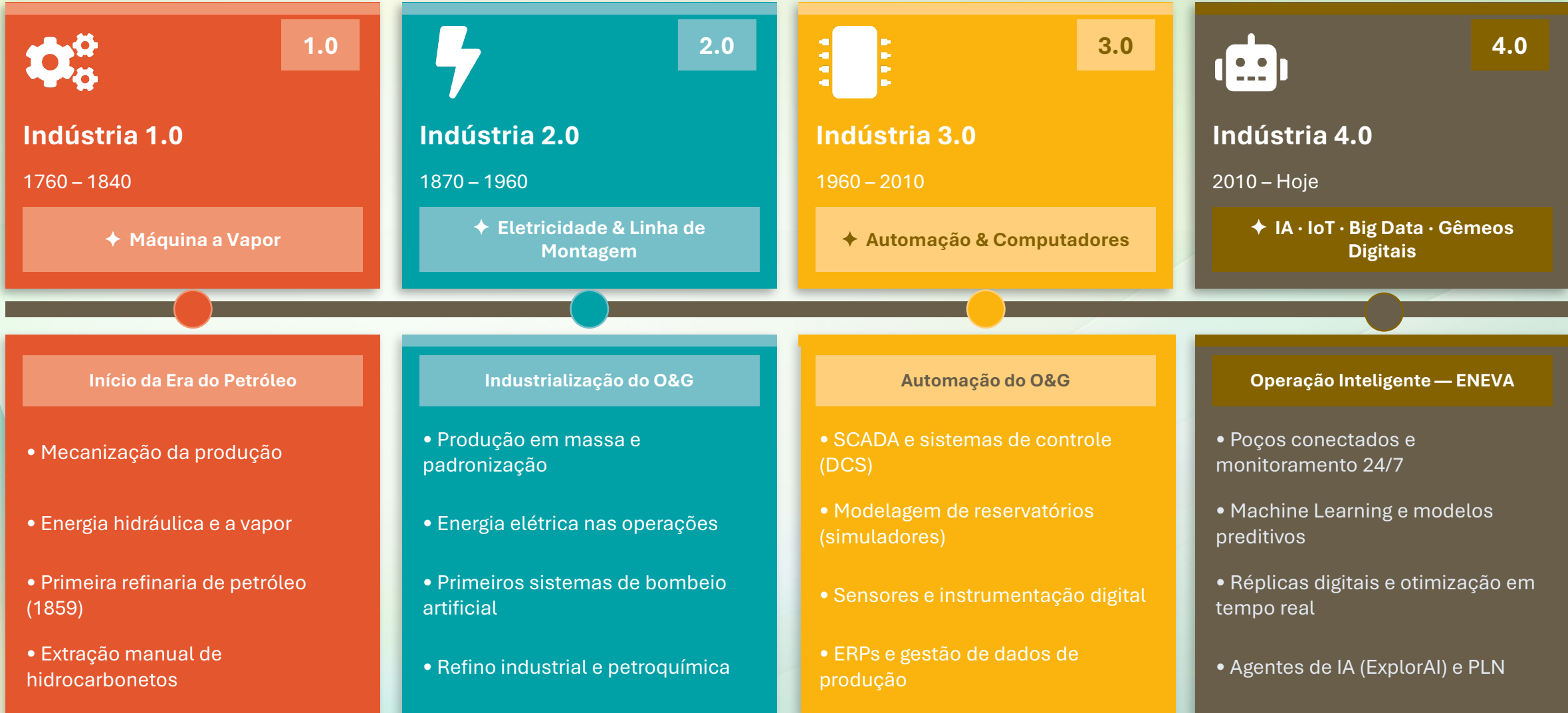
Digitalização e Indústria 4.0

Soluções para Otimização Operacional

Diego Campos Plazas

Líder de Otimização da Produção | Eneva

A Evolução da Indústria até chegar na 4.0



Cada revolução industrial redefiniu como produzimos energia, a 4.0 redefine como a operamos.

Eneva: Produção de Gás no Maranhão e Amazonas

ATIVOS EM PRODUÇÃO PARNAÍBA — AMAZONAS

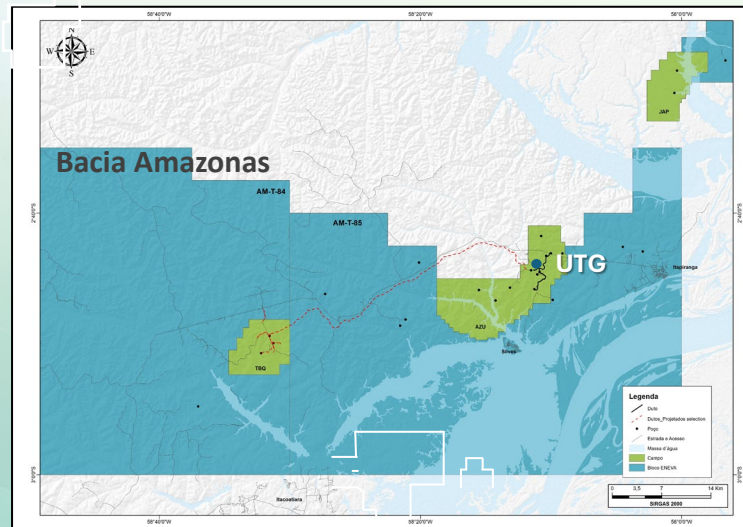
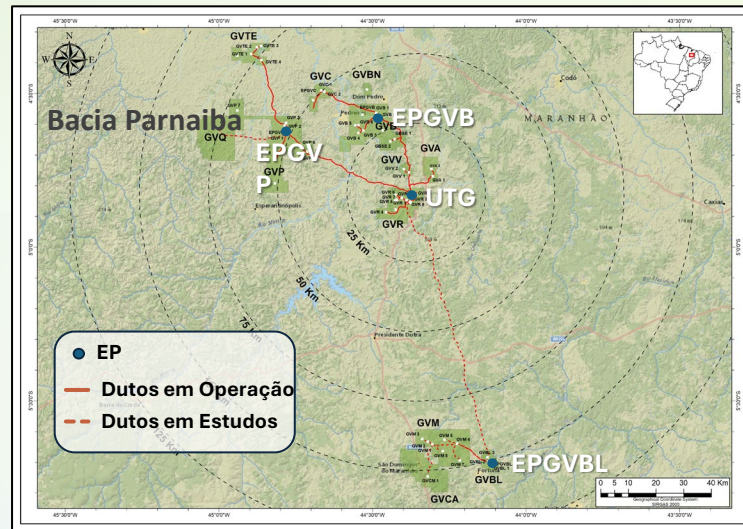
8 Campos em produção	115 Poços produtores
44 Clusters	11 MMm³/d GN potencial
20 Bm³ 1 Bm³ Produção Acumulada	3 GW Geração Térmica (Parnaíba + Azu 950 + Jaguatirica)

7 Campos em desenvolvimento

INFRAESTRUTURA

 2 UTG	 3 Estações de Produção - EP
 2 PLANTAS SSLNG	 + 400 km Dutos

Em construção AZU 950 + 150 Km Dutos



O Desafio: dados fragmentados, diagnóstico reativo

O Sistema de Produção conecta o reservatório ao ponto de entrega



Dados Pontuais

Trabalhávamos com "fotos" isoladas do Sistema, sem visão contínua de vazão, pressão e volumes.



Alta Complexidade

Equações de estado, fenomenológicas e empíricas demandam alto processamento computacional.



Diagnóstico Reativo

Identificação de problemas dependia de rotinas manuais, sem capacidade preditiva em tempo real.

RESERVATÓRIO

PR → Inflow

POÇO

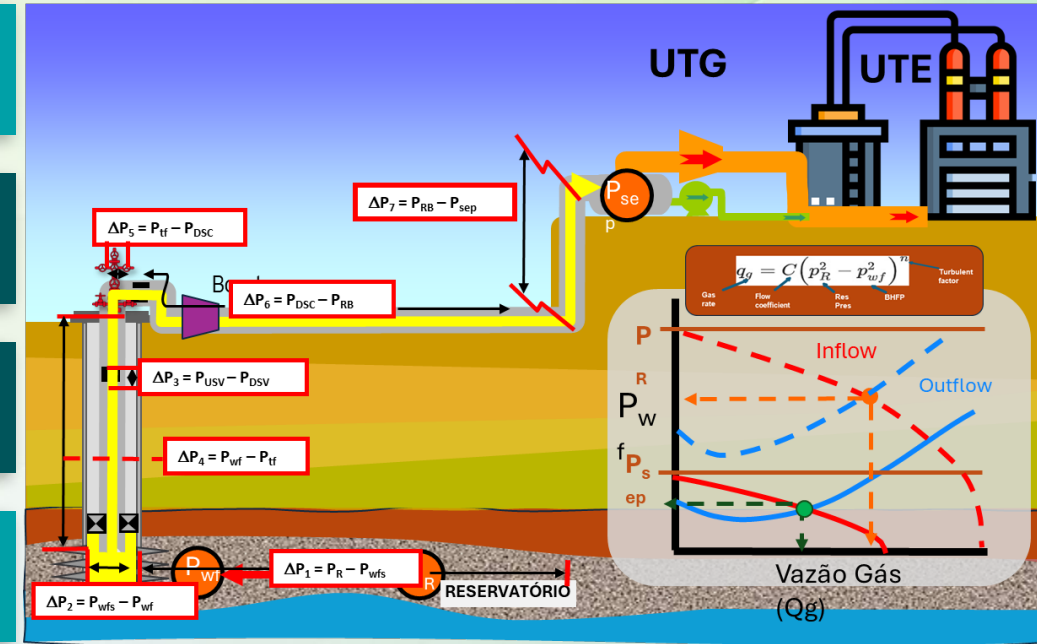
DP1–DP4: P_{wfs} → P_{wf} → P_{tf}

LINHA DE PRODUÇÃO

DP5–DP6: P_{DSC} → P_{RB}

UTG / SEPARAÇÃO

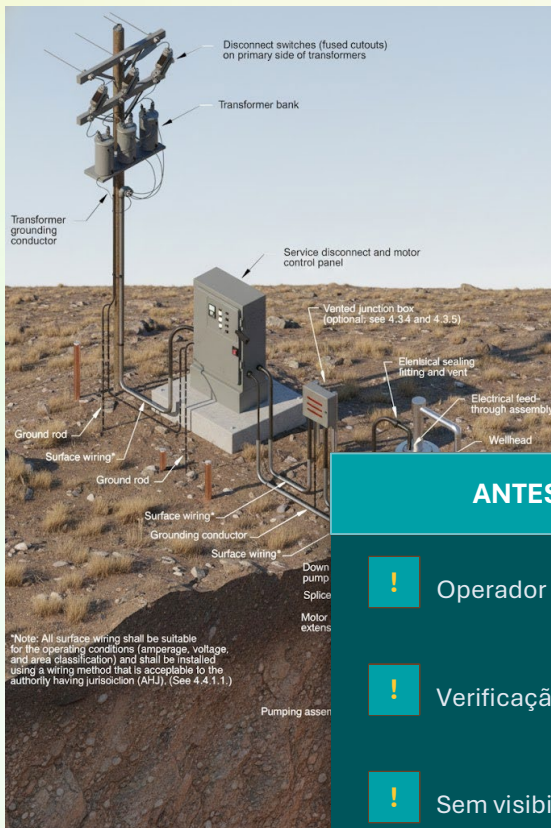
DP7: P_{RB} → P_{sep}



O conhecimento atual da engenharia de produção de petróleo e gás é tradicionalmente dominado por equações de:

- estado,
- fenomenológico,
- físicas e empíricas

Da operação cega à operação conectada



ANTES — Sem Conectividade

- ! Operador precisava ir fisicamente ao poço
- ! Verificação via rotinas operacionais periódicas
- ! Sem visibilidade se o poço estava funcionando
- ! Tempo de resposta a problemas: horas ou dias
- ! Decisões baseadas em dados desatualizados



AGORA — Poços Conectados

- ✓ Engenheiros e operadores analisam todos os poços diariamente
- ✓ Transmissão contínua de pressão, temperatura e vazão
- ✓ Redução do tempo de identificação de problemas
- ✓ Regras automáticas detectam desvios operacionais
- ✓ IA mantém análise de tendências em tempo real



Operação Tradicional vs. IA: a virada operacional

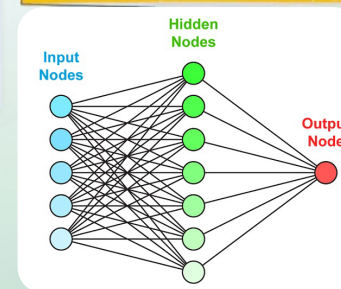
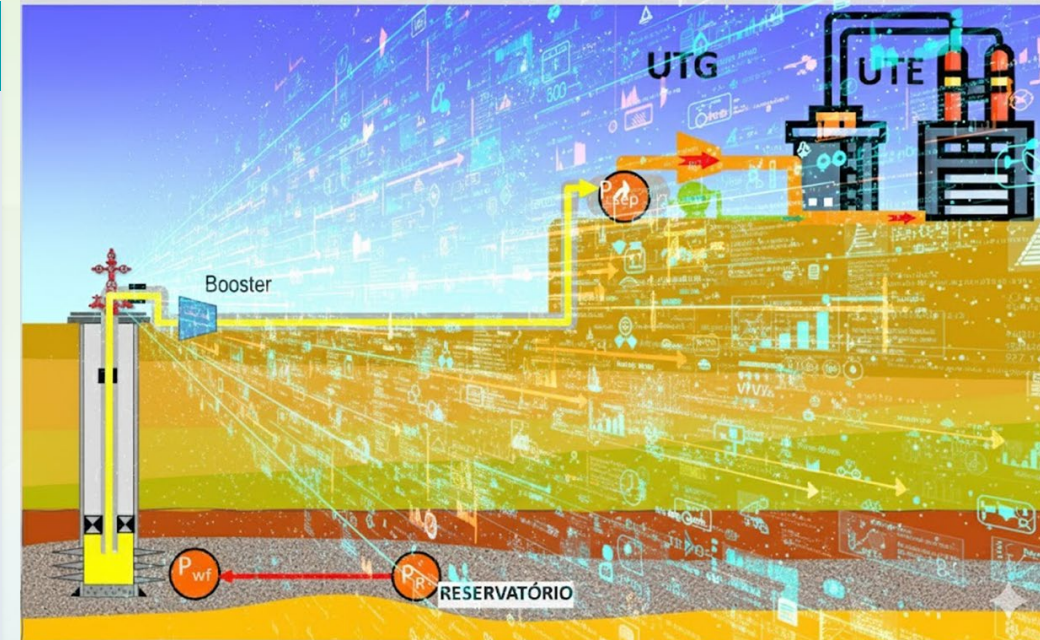
O problema não é a falta de dados, é saber onde procurar

⚠ Abordagem Tradicional

- ✗ Centenas de poços para monitorar manualmente
- ✗ Milhares de pontos de dados por dia sem integração
- ✗ Detecção reativa de problemas (após a falha)
- ✗ Análise e relatórios manuais demorados
- ✗ Reconhecimento limitado de padrões e tendências
- ✗ Tempos de resposta atrasados e perdas de produção

✦ Abordagem com IA

- ✓ Monitoramento automatizado 24/7 de todos os poços
- ✓ Detecção de anomalias em tempo real
- ✓ Alertas proativos antes da falha ocorrer
- ✓ Reconhecimento automático de padrões
- ✓ Capacidades preditivas com modelos de ML
- ✓ Réplicas digitais e gêmeos virtuais dos ativos



Nossa Visão: operação guiada por dados e IA

Aplicar Sistemas inteligentes com insights, identificando desvios e gerando ações!

Hoje já existem soluções que capturam rotinas operacionais e de manutenção

- Utilizando captura de imagens e dados
- Informando a operadores e técnicos informações relevantes e no contexto para suas tarefas
- Acelerando relatórios e alimentado bases de dados que depois poderão ser utilizadas para consultar histórico de dados



Cadeia de Valor da Análise Inteligente



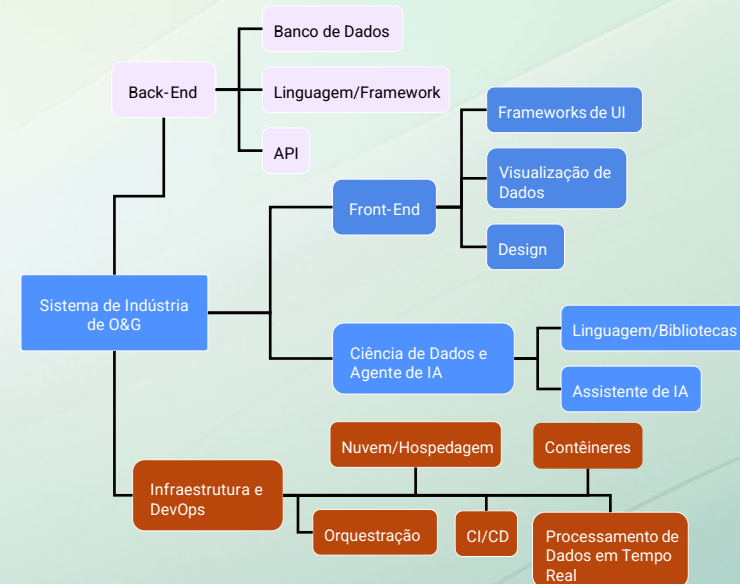
Uma operação de produção mais eficiente e previsível, com decisões rápidas baseadas em dados integrados e análises inteligentes, usando dados históricos e atuais para gerar insights operacionais em tempo real

Da Engenharia Tradicional à Inteligência Operacional



1. Sensores capturam pressão de fundo de poço a cada minuto
2. Sistema limpa dados e calcula tendências, calcula vazão virtual
3. Modelo compara com padrão histórico e detecta queda anormal de 15%
4. Agente IA prioriza alerta (risco alto) e sugere verificação de válvula
5. Operador recebe notificação e dashboard com diagnóstico detalhado
6. Novos dados atualizam o modelo

- Empresas de Energia já tinham grande domínio das aplicações de back-end e front-end
- Mas agora implementam nova expertise na ciência de Dados, Containers de Aplicações, e Orquestração
- Com isso podemos dar a luz a Assistentes que utilizam “processamento de linguagem natural (PLN)” e “IA regenerativa”
- Na Eneva vamos trabalhar na medição virtual e otimização da produção, e já temos uma gerencia dedicada.



A nova stack da engenharia de produção

Do domínio de sistemas tradicionais à nova expertise em dados e IA



Sistemas de O&G

SCADA · PI System · Modelos de Reservatório



Ciência de Dados &
IA

Python · ML · Agentes · PLN · IA Generativa



Backend / API

Python · Node.js · REST · FastAPI



Frontend /
Visualização

React · Dashboards · Power BI · Grafana



Infraestrutura &
DevOps

Cloud · Containers · Docker · Kubernetes · CI/CD

Na Eneva: à medição virtual, otimização da produção e assistentes de IA com PLN

Caso GNL: réplica digital e reconciliação de dados

Fechamento de balanços e eliminação de pontos cegos no processo de liquefação

DESAFIOS IDENTIFICADOS

Elevadas perdas de Gás Natural no Processo de Liquefação

Sensoriamento insuficiente — estimação das perdas por equipamento

Manutenção reativa (após a falha ocorrer)

Var. Medidas

- Vazão · Volume
- Pressão
- Temperatura
- Composição

Var. Estimadas

- Massa · Densidade
- Viscosidade
- Calor / Entalpia
- Taxa de reação

1

Alocação Ótima de Instrumentos

Posicionamento estratégico de sensores para cobertura máxima

2

Fechamento de Balanços de Massa

Equilíbrio global do sistema com reconciliação automática

3

Reconciliação de Dados

Validação de medidas e eliminação de erros sistemáticos

4

Estimação de Variáveis Não Medidas

Eliminação de pontos cegos e cálculo virtual de variáveis

IA em ação: três frentes de geração de valor

Poços Desviando do Plano

O que a IA detecta:

- Produção abaixo da previsão (Medição Virtual)
- Tendências de pressão fora do envelope
- Proporções inesperadas de água/gás
- Ref.: Testes, Perfilagens, Ficha do Poço

Valor Gerado:

- Oportunidades de intervenção precoce
- Redução de perdas de produção
- Desempenho otimizado do poço

Otimização de O&M

O que a IA detecta:

- Padrões de degradação de equipamentos
- Vibração e temperatura anômala
- Indicadores de desvio de desempenho
- Interpretação de imagens via IA

Valor Gerado:

- Prevenir desligamentos não planejados
- Otimizar cronogramas de manutenção
- Estender a vida útil dos equipamentos

Aprendizado entre Ativos

O que a IA detecta:

- Configurações de poços de melhor desempenho
- Parâmetros operacionais ótimos
- Indicadores de sucesso/fracasso históricos
- Padrões replicáveis entre bacias

Valor Gerado:

- Replicar sucesso em diferentes áreas
- Otimização contínua e autônoma
- Captura e compartilhamento de conhecimento



Fatores de Sucesso



Excelência Técnica

Dados integrados e de alta qualidade

Modelos robustos de IA/ML bem validados

Infraestrutura escalável e segura

Cibersegurança por design (OT/IT)

Prontidão Organizacional

Patrocínio e engajamento da Alta Direção

Colaboração multifuncional (Eng. + TI + Ops)

Gestão de mudanças e comunicação clara

Treinamento e desenvolvimento de capacidades

Comece pelo Valor

Foco em casos de uso de alto impacto operacional

Atúe Rápido

Aprenda e melhore de forma contínua e ágil

Engaje os Usuários

Operadores como parceiros — não como usuários finais

"A tecnologia habilita, mas são as pessoas e os processos que entregam valor"

Obrigado!

