



# Desenvolvimento de Gêmeo Digital para Caldeira CFB de 350 MW

A Energia Seival\* enfrenta desafios na otimização da operação e manutenção de sua caldeira CFB de 350 MW. Este projeto visa criar um gêmeo digital para melhorar o controle operacional, aumentar a previsibilidade do desempenho e otimizar os parâmetros da caldeira. A solução permitirá a simulação de diferentes condições, a análise de comportamentos, a redução de custos de manutenção e a prevenção de paradas não planejadas, aumentando a confiabilidade e segurança da operação.

## Aviso de Confidencialidade

Este documento é parte de um projeto desenvolvido sob acordo de confidencialidade e exclusividade firmado entre as partes. O uso para apresentação acadêmica já está previsto no próprio contrato, respeitando todas as cláusulas de confidencialidade. Por razões de confidencialidade, o cliente será referenciado como **Energia Seival** ao longo deste documento, preservando a anonimidade conforme estabelecido no acordo firmado. Todas as informações apresentadas são confidenciais e qualquer uso não autorizado ou divulgação indevida está sujeito às penalidades previstas no contrato.



por **Wilson R. Melo**

FIA/P

RM357053





# Problema da Energia Seival

## Complexidade Operacional

Dificuldade em otimizar a operação e manutenção da caldeira CFB devido à complexidade dos processos e variáveis envolvidas.

## Controle Preciso

Necessidade de melhorar o controle de eficiência, confiabilidade e segurança da caldeira.

## Monitoramento Limitado

Lacuna no monitoramento em tempo real e na previsão dos comportamentos da caldeira.

## Decisões Restritas

Tomada de decisões baseada em dados históricos limitados e sem insights preditivos robustos.

# Contexto do Cliente e da Caldeira CFB

1

## Componente Crítico

A caldeira CFB de 350 MW é um elemento essencial na planta de geração de energia da Energia Seival.

2

## Vantagens da Tecnologia

Capacidade de queimar carvão local, de baixa qualidade, com alta eficiência e baixas emissões.

3

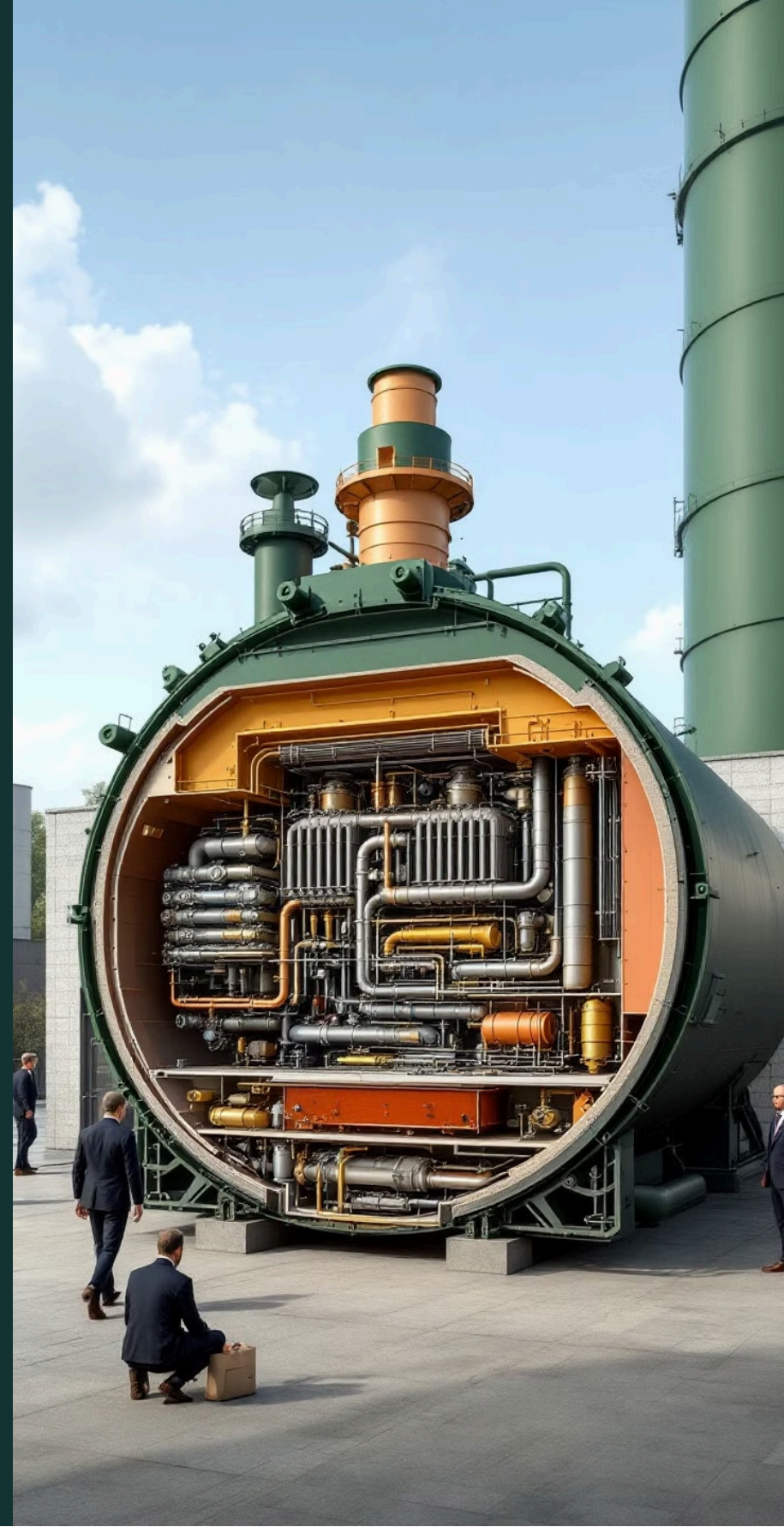
## Desafios Operacionais

Gestão de múltiplas variáveis simultâneas, como temperatura, fluxo de ar, pressão e qualidade do combustível.

4

## Necessidade de Ajustes Rápidos

Condições de operação mutáveis exigem ajustes precisos e rápidos, nem sempre fáceis de implementar.



# Solução Proposta: Gêmeo Digital

## Simulação Avançada

O gêmeo digital permitirá simular diferentes condições operacionais e cenários, oferecendo um ambiente seguro para testes e otimizações.

## Análise Preditiva

Capacidade de analisar e prever comportamentos em condições variadas, reduzindo custos de manutenção e evitando paradas não planejadas.

## Otimização em Tempo Real

Identificação de falhas e oportunidades de melhoria na operação em tempo real, aumentando a confiabilidade e segurança.



# Benefícios Esperados



## Melhoria na Eficiência Operacional

Otimização do consumo de combustível e maximização da eficiência através de simulações e previsões de cenários.



## Redução de Custos de Manutenção

Identificação antecipada de potenciais falhas, reduzindo custos de manutenções corretivas e aumentando a vida útil dos componentes.



## Aumento da Confiabilidade e Segurança

Previsão de problemas operacionais e testes de soluções em ambiente simulado, garantindo maior segurança e confiabilidade.



## Ambiente de Treinamento

Ferramenta para treinamento de novos operadores, permitindo aprendizado em diferentes situações sem riscos para a planta real.

# Comparativo com Sistema Pronto (IZANA)

Aspecto	Gêmeo Digital	Sistema IZANA
Funcionalidades	Customizadas e específicas	Padronizadas
Flexibilidade	Alta customização	Limitada
Transferência de Conhecimento	Aprendizagem interna profunda	Treinamento padronizado
Interface Homem-Máquina	Personalizada	Padronizada
Autonomia	Alta	Dependente do fornecedor
Adaptabilidade	Evolui com a planta	Atualizações gerais

# Metodologia de Desenvolvimento do Projeto

1

## Criação de Cenários Futuros

Utilização da ferramenta Board Innovation AI para criar cenários futuros e mapear contextos críticos de operação da caldeira CFB.

2

## Criação de Personas

Desenvolvimento de personas representativas dos principais stakeholders, capturando características dos envolvidos na operação da usina.

3

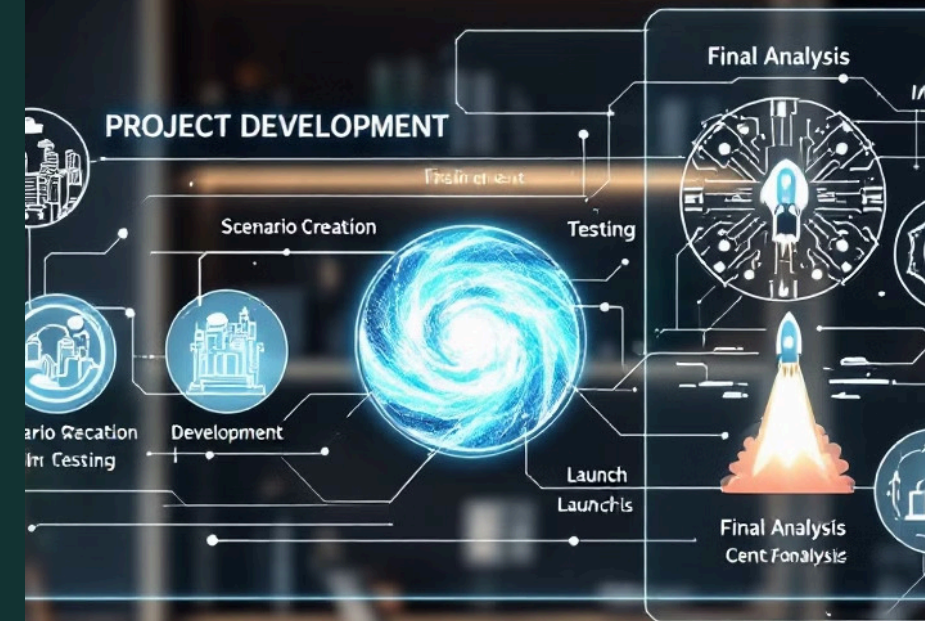
## Desenvolvimento e Aplicação de Questionário

Formulação de perguntas abordando preocupações dos stakeholders e aplicação aos stakeholders reais da Energia Seival.

4

## Análise de Resultados e Devolutiva

Análise dos dados coletados, identificação de pontos críticos e oportunidades, seguida de discussão dos resultados com os stakeholders.





# Cenários

## Cenário 1: Controle Sustentável (2030):

O gêmeo digital prioriza práticas sustentáveis, minimizando as emissões de carbono e o impacto ambiental, com um módulo de controle verde que fornece dados em tempo real sobre emissões e consumo de energia.

## Cenário 2: Operação Autônoma (2030):

O gêmeo digital evoluiu para operar de maneira autônoma, minimizando a necessidade de intervenção humana com o uso de IA e sensores avançados



# PERSONAS

## Maria, a Diretora Experiente:

Maria é uma diretora com mais de 20 anos de experiência na indústria termelétrica. Ela valoriza a eficiência, mas está preocupada com a dependência excessiva de automação e IA na operação da caldeira. Para Maria, o equilíbrio entre automação e supervisão humana é fundamental para garantir a eficiência operacional e a segurança. Ela tem um foco específico na mitigação dos riscos de falhas em algoritmos de IA e busca sempre garantir que haja intervenção humana pronta para lidar com questões críticas.

## Carlos, o Conselheiro Entusiasta de Tecnologia:

Carlos é um membro do conselho com uma forte formação em ciência de dados e tecnologia. Ele está entusiasmado com os avanços em IA e aprendizado de máquina, mas reconhece os riscos da dependência excessiva de automação. Carlos defende o investimento em treinamento contínuo da equipe para garantir que estejam preparados para intervir em falhas dos sistemas de IA, e acredita em uma abordagem proativa para lidar com potenciais riscos de segurança e interrupções operacionais.

## João, o Diretor Equilibrado:

João valoriza a inovação tecnológica, mas também é cauteloso com os riscos associados à automação. Ele reconhece os benefícios da automação, mas enfatiza a necessidade de supervisão humana para garantir a segurança e eficácia das operações. Além disso, ele está atento às vulnerabilidades introduzidas pela integração de sistemas digitais e busca mitigar riscos de ataques cibernéticos, defendendo um modelo operacional que combine tecnologia avançada com expertise humana.

## Ana, a Estrategista Financeira:

Ana é uma estrategista financeira com uma visão voltada para o equilíbrio entre inovação tecnológica e responsabilidade financeira. Ela entende que a adoção de tecnologia avançada é crucial, mas está atenta aos impactos financeiros e operacionais. Ana valoriza o retorno sobre investimento e procura maneiras de otimizar processos e reduzir custos sem comprometer a eficiência e a confiabilidade da usina.

# Questões Desenvolvidas por IA e Aplicadas a Stakeholders Reais

Cenários e personas foram alimentados em um modelo de IA da OpenAI para a formulação de 10 perguntas que abordassem as principais preocupações dos stakeholders de forma objetiva e não direcionada. As perguntas foram elaboradas para explorar temas como segurança cibernética, retorno sobre investimento, maturidade tecnológica e adaptação cultural. Aqui estão algumas das perguntas formuladas:

- Como você avalia o potencial de otimização operacional através da implementação de tecnologias avançadas na usina?  
(Escala de 1 a 5)
- Qual sua percepção sobre a capacidade atual da equipe em lidar com sistemas automatizados de alta complexidade?  
(Escala de 1 a 5)

# Respostas Recebidas dos Stakeholders Reais

## Dados Quantitativos

- 78% dos stakeholders consideraram que o gêmeo digital tem um alto potencial de otimizar as operações.
- 65% dos stakeholders avaliaram que a equipe ainda precisa de mais capacitação para lidar com a nova tecnologia.
- 52% dos stakeholders expressaram preocupação com a maturidade tecnológica e segurança cibernética.
- 82% dos stakeholders acreditam no potencial de retorno financeiro, enquanto 45% mencionaram desafios culturais.
- 69% dos stakeholders consideraram que a prevenção de falhas operacionais é um dos principais desafios.

## Notas Médias

- Potencial de Otimização: 4,3 de 5
- Capacidade da Equipe: 3,2 de 5
- Segurança e Maturidade: 3,8 de 5
- Retorno Financeiro e Adaptação: 4,1 de 5
- Prevenção de Falhas: 3,9 de 5



# Análise das Respostas

1

## Potencial de Otimização

A maioria dos stakeholders reconheceu o alto potencial de otimização operacional com a implementação de tecnologias avançadas, indicando abertura e entusiasmo para inovações que possam melhorar a eficiência e produtividade da usina.

3

## Segurança Cibernética e Maturidade da Tecnologia

A preocupação com a segurança cibernética e a maturidade das tecnologias de IA foi moderada, sugerindo a necessidade de fortalecer defesas digitais e demonstrar a eficácia das tecnologias em contextos industriais.

2

## Capacidade da Equipe

Houve um reconhecimento de que a equipe atual não está plenamente preparada para lidar com sistemas automatizados de alta complexidade, destacando a necessidade de programas de capacitação e treinamento.

4

## Prevenção de Falhas

Uma das maiores preocupações foi a capacidade atual dos sistemas em prever e prevenir falhas operacionais críticas, reforçando a importância do gêmeo digital como uma solução para mitigar esse problema.



# FOI ASSINADO UM CONTRATO PARA DESENVOLVIMENTO DO MVP DO GÊMEO DIGITAL

O contrato assinado representa um marco importante no projeto de desenvolvimento do gêmeo digital para a caldeira CFB de 350 MW.

Esta etapa formaliza a parceria entre a Consultoria e a Energia Seival abrindo caminho para a implementação do projeto.

