



**Encontro Técnico
AESABESP**

Congresso Nacional
de Saneamento e
Meio Ambiente

AUTOMAÇÃO NO SANEAMENTO: ABORDANDO A INDÚSTRIA 4.0 E I.A.

Cicero Couto de Moraes
Marcos Yukio Yamaguchi
José Bosco Fernandes de Castro
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO



OBJETIVO  **S DE DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL**

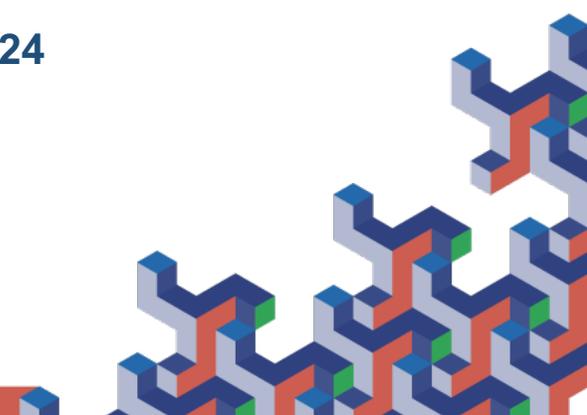

AESABESP
Associação dos Engenheiros de Saneamento



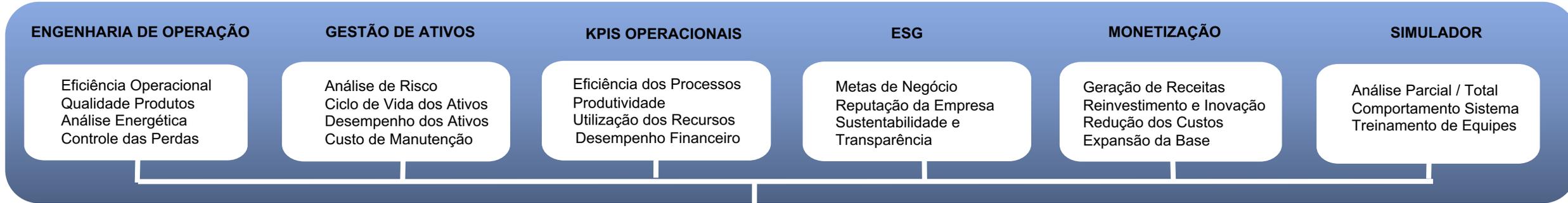
ENGENHARIA DE OPERAÇÃO

José Bosco Fernandes de Castro

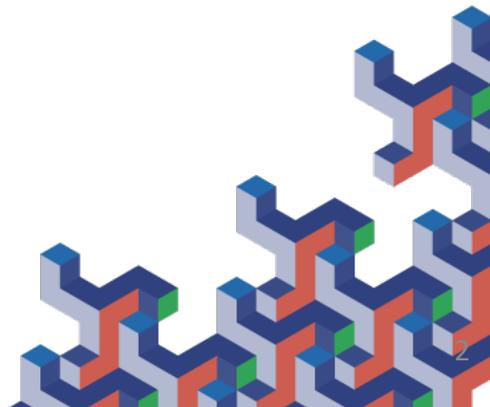
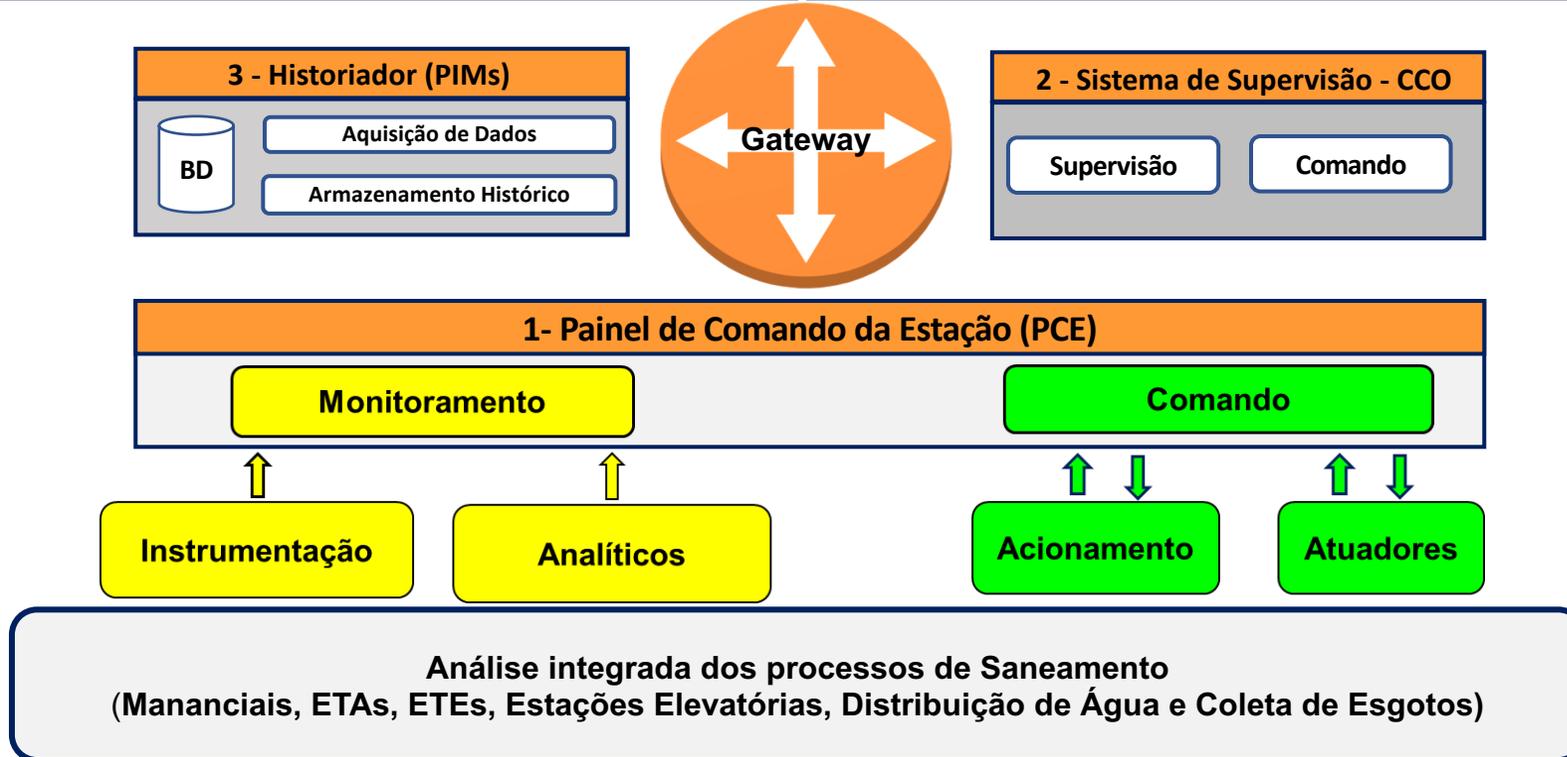
23/10/2024

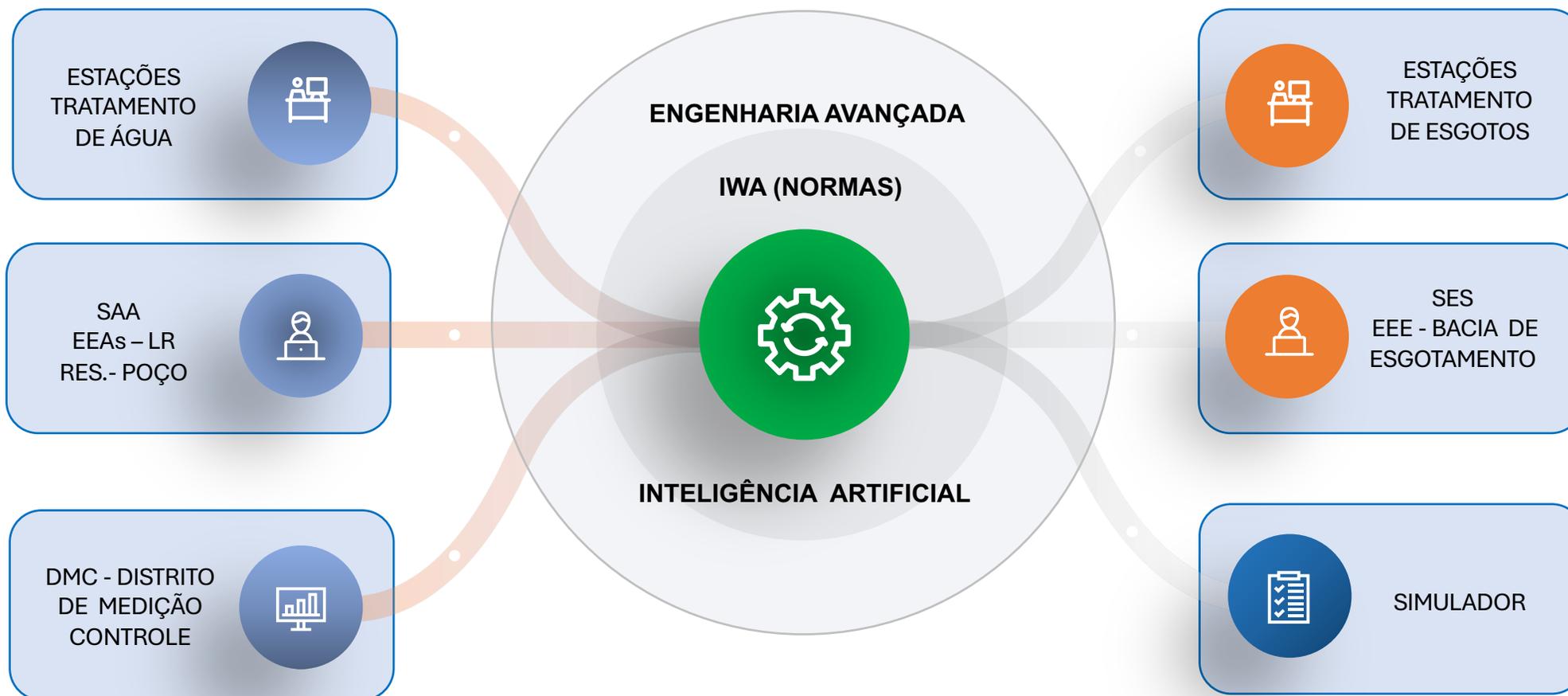






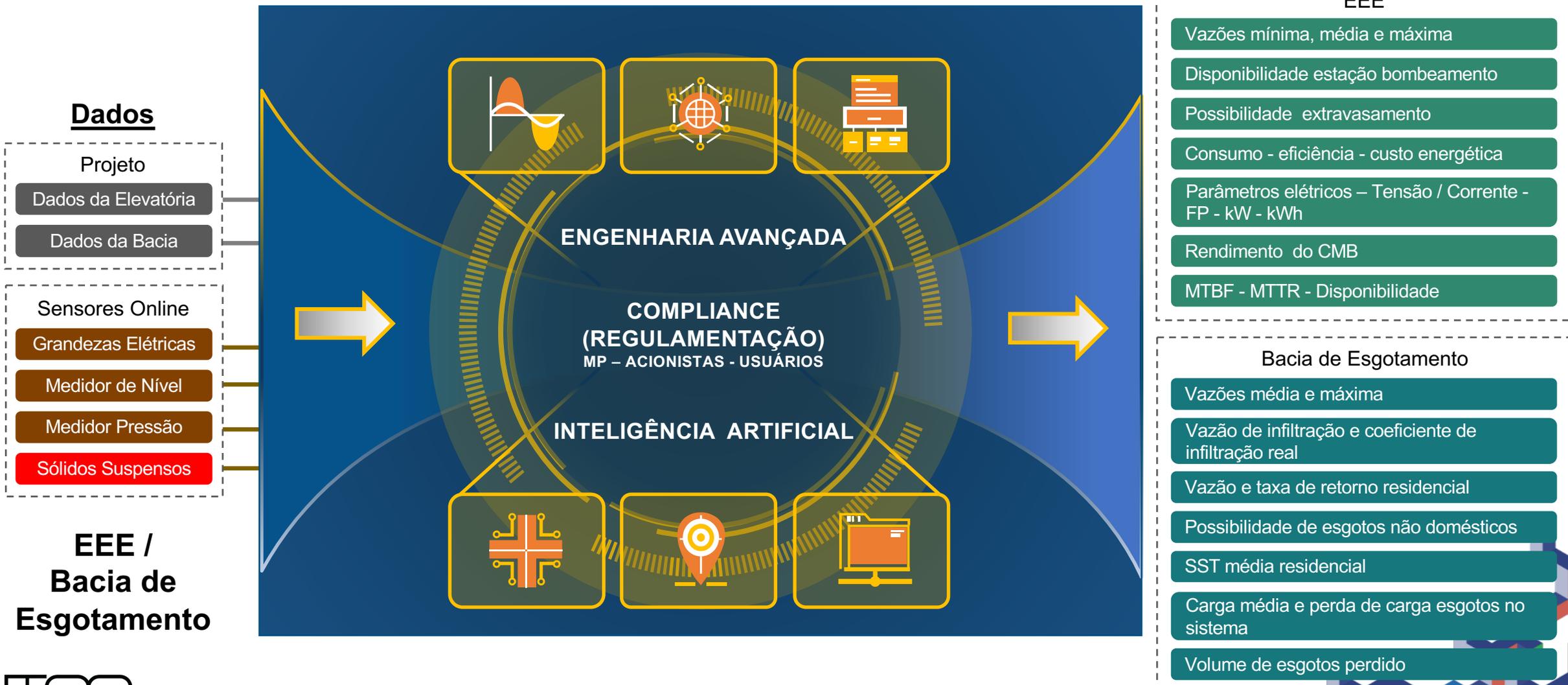
Estrutura de automação do cliente







Tomada de Decisão

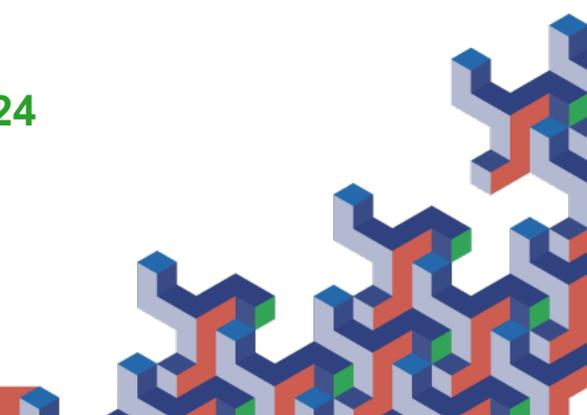




INDÚSTRIA 4.0 E I.A.

Marcos Yukio Yamaguchi

23/10/2024



Corporativo	Sistema de Gestão Corporativa (ERP)	Sistema de Gestão da Manutenção	Sistema Comercial	Sistema de Gestão da Qualidade
	Clássica (3.0)	+ Tradicional (3.5)	+ Avançada (4.0)	
Supervisão e Controle	<p><u>Sistemas supervisórios (em DOS)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Telas coloridas com fundo preto; • Alarmes; • Gráficos de tendência; • Dados históricos em arquivos de log; • Sistemas em computadores físicos locais. 	<p><u>Sistemas supervisórios (em Windows)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Telas coloridas; • Gestão de alarmes; • Gestão dos equipamentos; • Gráficos de tendência (análise do processo); • Relatórios operacionais; • Controle de acesso e telas de ajuda; • Dados históricos em BDs e historiadores; • Sistemas em servidores virtualizados locais. 	<p><u>Sistemas supervisórios avançados</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • IHM de alto desempenho (IHM inclusiva); • Gestão avançado de alarmes; • Gestão de ativos (automação / equipamentos); • Gráficos de tendência (análises avançadas); • Relatórios operacionais e gerenciais; • Planejamento / otimização da produção; • Dados históricos em BDs locais / nuvem; • Sistemas em servidores locais / na nuvem. 	
Controle Direto dos Processos	<p><u>Controladores com recursos limitados (CLP)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Uma rede de comunicação; • Memória: kwords; • Processamento lento; • Recursos de programação limitados. 	<p><u>Controladores com recursos avançados (CAP)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Diversas redes de comunicação; • Memória: MBytes; • Processamento médio; • Recursos de programação avançados. 	<p><u>Controladores de borda (edge controller)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Diversas redes de comunicação e IIoT; • Memória: GBytes; • Processamento rápido; • Recursos de programação expandidos. 	
Integração	Através de módulos de Entradas e Saídas (E/S)	Através de redes de comunicação (Mbits/s e kbits/s)	Através de redes de comunicação rápidas (100 Mbits/s) e IIoT	
Instrumentação / Acionamento	<p>Sensores / atuadores discretos e analógicos</p> <p>Partidas diretas e reversíveis de motores</p>	<p>Sensores / atuadores discretos e analógicos com redes de comunicação</p> <p>Partidas de motores via softstarter e inversor</p>	<p>Sensores discretos e analógicos inteligentes (físicos e virtuais)</p> <p>Partidas de motores via softstarter e inversor</p>	
Processos / Equipamentos	Mananciais Captação Recalque Água Bruta Tratamento Água	Recalque Água Tratada Distribuição de Água	Coleta de Esgoto Transporte Esgoto Tratamento Esgoto	

Corporativo	Sistema de Gestão Corporativa (ERP)	Sistema de Gestão da Manutenção	Sistema Comercial	Sistema de Gestão da Qualidade					
	Clássica (3.0)	+ Tradicional (3.5)	+	Avançada (4.0)					
Integração com Sistemas Corporativos		Sequenciamento da produção Gestão de ativos / manutenção Gestão de laboratórios Gestão de insumos (em tempo real)		Integração completa (em tempo real) <ul style="list-style-type: none"> • Produção / Operação; • Ativos / Manutenção; • Laboratórios / Qualidade; • Insumos / Materiais. 					
Gestão de Ativos	Manutenção baseada na confiabilidade Manutenção corretiva e preventiva	Manutenção baseada na condição Manutenção preditiva		Manutenção baseada na condição Manutenção prescritiva (com uso de IA)					
Análise e Otimização		Projeto e simulação em modelos Otimização via sistemas / modelos tradicionais		Projeto e simulação em “gêmeos digitais” Otimização via sistemas / modelos avançados (com IA)					
Dados Históricos de Processo	Em arquivos de log Bancos de dados proprietários	Bancos de dados relacionais Sistemas historiadores		Bancos de dados para dados não estruturados Sistemas de armazenamento de dados em nuvem Tratamento e análise de dados (quant. elevada)					
Coordenação entre Plantas ▼		Coordenação automática da operação entre plantas / estações Plantas autônomas Operação dos processos no modo automático		Coordenação “avançada” da operação entre plantas / estações Plantas autônomas com “capacidade de tomada de decisão” (com uso de IA)					
Plantas / Estações	Mananciais	Captações	EEABs	ETAs	EEATs	DMCs	Bacias de Esgotamento	EEEs	ETEs

PETROBRAS - Automação de plataformas de petróleo do tipo FPSO



FPSO's (Floating Production, Storage and Offloading)

- P74 (Automação do Casco e Toppide)
- P75 (Automação do Casco),
- P76 (Automação do Casco) e
- P77 (Automação do Casco) do pré-sal

+ Desenvolvimento e start-up em 3 anos

8 engenheiros envolvidos

Solução padronizada

Controle dos processos em automático

IHM de alto desempenho

Gestão de alarmes

Telas dos ativos de automação

Telas de ajuda

Geração de relatórios operacionais

VALE - Automação de terminal ferroviário



Terminal Ferroviário de Ponta da Madeira

- Automação das Oficinas de Locomotivas e Vagões;
- Automação do Sistema de Armazenamento e Bombeamento de Diesel.

+ Desenvolvimento e start-up em 1 ano

4 engenheiros envolvidos

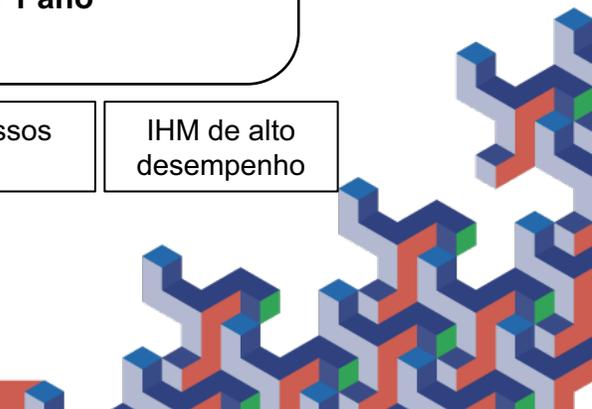
Solução padronizada

Controle dos processos em automático

IHM de alto desempenho

Gestão de alarmes

Telas dos ativos de automação





P&G - Automação de planta de produção de creme dental

Planta de Produção de Creme Dental
- Unidade Seropédica (RJ)
+ Desenvolvimento e start-up em 1 ano e meio
3 engenheiros envolvidos

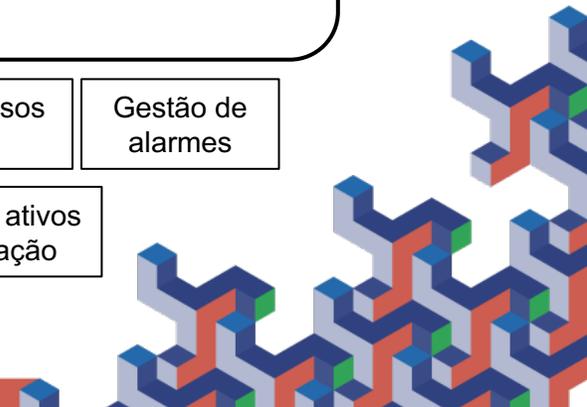
Solução padronizada	Controle dos processos em automático	Gestão de alarmes
Gestão da produção (receitas e batelada)	Gestão dos ativos de automação	Coordenação entre as unidade de processo



INGREDION - Automação de plantas de produção de amido de milho

Plantas de Produção de Amido Industrial (do Milho)
- Unidade Mogi Guaçu (SP);
- Unidade Balsa Nova (PR).
+ Desenvolvimento e start-up em 2 anos
4 engenheiros envolvidos

Solução padronizada	Controle dos processos em automático	Gestão de alarmes
Gestão da produção (receitas e batelada)	Gestão dos ativos de automação	



SUEZ / Axion - Automação de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Industrial



ETE Industrial

- ETE da Refinaria Campana (Argentina) da Axion

+ Desenvolvimento e testes em 10 meses

3 engenheiros envolvidos

Solução
padronizada

Controle dos processos
em automático

IHM de alto
desempenho

Gestão de
alarmes

Telas dos ativos
de automação

SUEZ / Modec - Automação de sistema de osmose reversa



Sistema de Osmose Reversa

- FPSO MV31

+ Desenvolvimento e testes em 8 meses

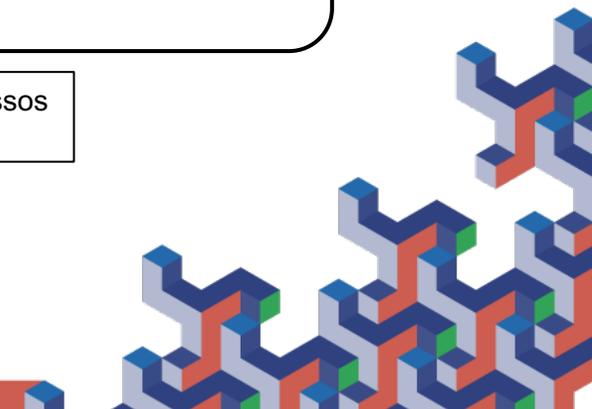
3 engenheiros envolvidos

Solução
padronizada

Controle dos processos
em automático

Gestão de
alarmes

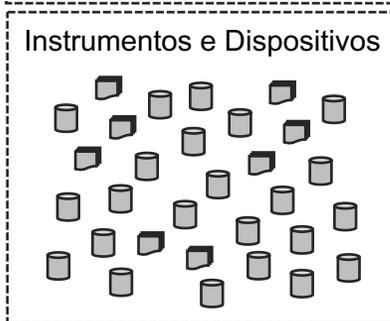
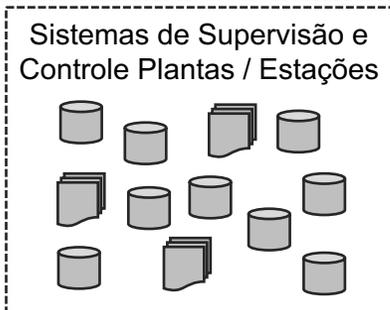
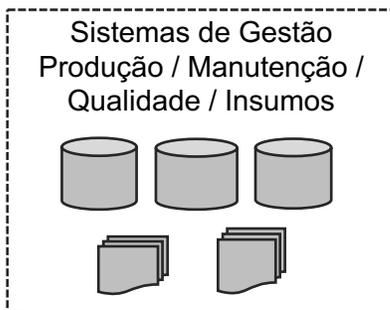
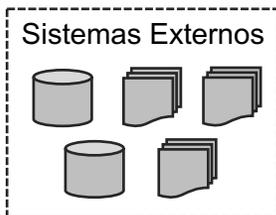
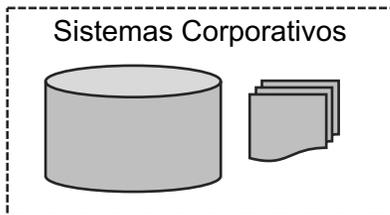
Telas dos ativos
de automação



Aplicação de I.A. - Desenvolvimento de Projeto com I.A.



Fontes de Dados



Demandas de Otimização e Melhorias



- Responsável pelo processo e negócio
- Especialista do processo / negócio
- Cientista de Dados
- Responsável de TI
- Especialista Automação

2

Coleta e Preparação (Tratamento) dos Dados

■ ■ ■ ■

- Definição das **variáveis envolvidas**;
- Verificação das **fontes dos dados**;
- **Coleta** dos dados;
- **Preparação** dos dados.

1

Identificação e Definição do Problema a ser Resolvido

■ ■

- Realização de **entrevistas** com gestores;
- Detalhamento do **problema** a ser resolvido;
- **Priorização** dos problemas.

3

Desenvolvimento (Treino) e Validação (Teste) do Modelo

■ ■ ■

- Separação dos dados de **treino e teste**;
- Seleção do(s) **algoritmo(s)** mais adequado(s);
- **Treinamento** do modelo;
- **Validação** do modelo.

4

Implementação (Deploy) do Modelo

■ ■ ■

- Implantação **limitada**;
- **Documentação** da solução;
- **Capacitação** dos usuários;
- Gestão de **mudanças**.

5

Monitoramento e Ajustes no Modelo

■ ■ ■ ■ ■

- Previsões e insights para **tomada de decisões**;
- **Aprendizagem** no uso e sugestão de melhorias pelos **usuários**.



VALE- Modelagem e análise de dados de ativos do porto para otimização operacional



Porto de Tubarão (Vitória - ES)

- Modelagem e análise de dados de ativos do porto para otimização operacional através de análises descritivas e avançadas

+ Desenvolvimento e validação em 9 meses
3 engenheiros envolvidos

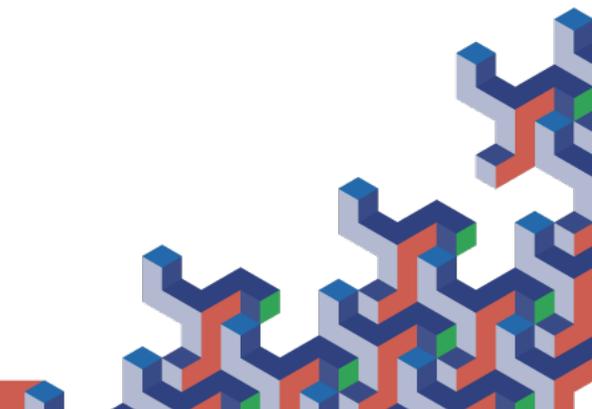
Definição do problema

Coleta dos dados

Preparação dos dados

Desenvolvimento do modelo

Testes de validação



Operação Autônoma
dos Processos e das
Plantas / Estações

Desenvolvimento de
Direcionadores e Padrões
“**Despersonificação**”

Busca do Saneamento 4.0
através de uma
Jornada / Evolução

Aplicação de **Novas Tecnologias**
com **Clareza de Metas** e
Problemas a serem **Resolvidos**

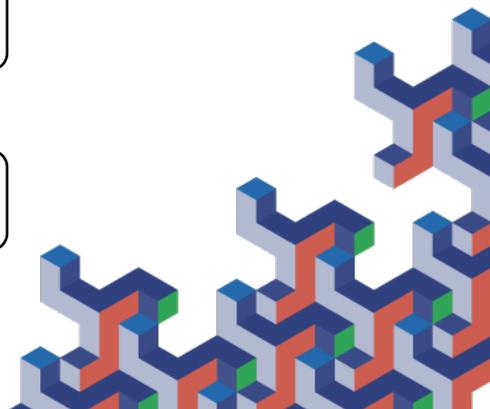
Eficiência Operacional e de **Manutenção**

Eficiência Energética e **Qualidade** de Energia

Definição de **Investimentos** em função da Análise de **Criticidade** / **Riscos** a serem **Mitigados**

Mitigação de **Riscos Operacionais** / **Passivos Ambientais**

Capacitação das **Pessoas** em Processos, Sistemas e Tecnologias



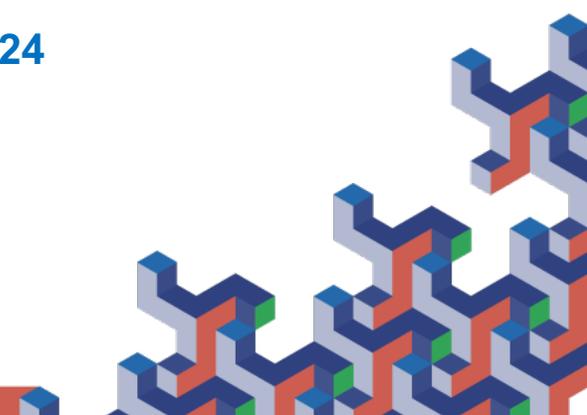
USP



PLANO DIRETOR DE AUTOMAÇÃO PARA SANEAMENTO

Cicero Couto de Moraes

23/10/2024



PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO GERAL DA COMPANHIA

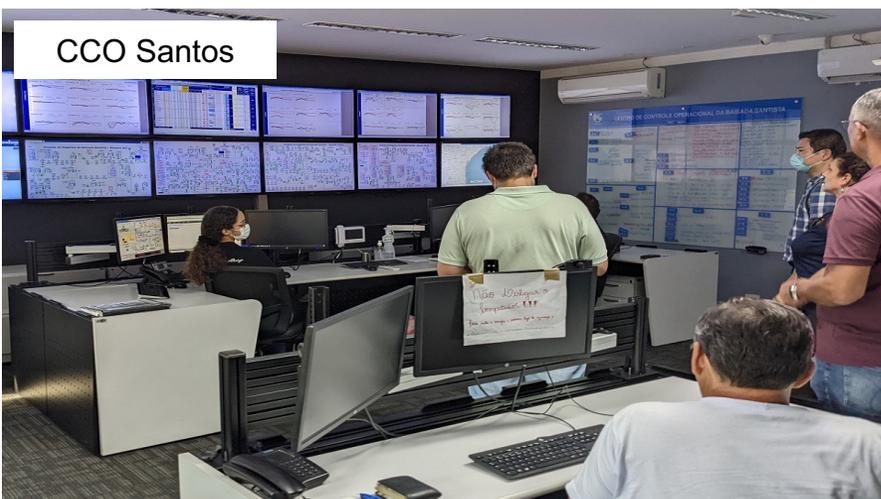
- Conselho Diretor: Metas da Empresa

PLANO DIRETOR DE AUTOMAÇÃO

Estabelecimento dos métodos e ações para atingir os alvos do planejamento estratégico:

- Eficiência Operacional
- Levantamento e Diagnóstico das Tecnologias em Uso
- Sustentabilidade Ambiental
- Qualidade e Confiabilidade
- Tendências Tecnológicas
- Formação de Recursos Humanos

CCO Santos



RESULTADOS

- **Padronização** de projetos, documentação e soluções
- **Despersonificação** e mitigação do conhecimento tácito
- Instrumentação, hardware e software em **sinergia** com o mercado atendendo normas nacionais e internacionais
- **Supervisão e integração** em rede entre diferentes plantas e integração dos diferentes níveis operacional, tático e estratégico, dos processos ao corporativo

Quem somos - Missão:

- Desenvolvimento e Pesquisa de Projetos em Automação de Processos Industriais, Saneamento e Óleo / Gás
- Formação e Capacitação de Recursos Humanos
- Desenvolvimento de Tecnologias: Indústria / Saneamento, Processos de Inteligência Artificial, Bancos de Dados para Dados não Estruturados

✓ **Desenvolvimentos Realizados em Saneamento, Mineração e Industrias:**

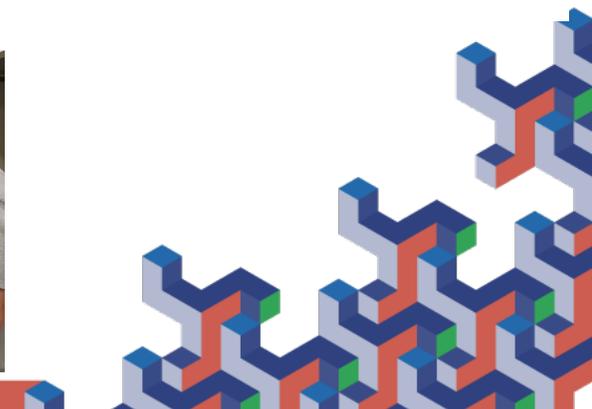
- **Saneamento** (Suez, Sabesp, Semaes)
- **Óleo e Gás** (Petrobras, Transpetro, BP, Modec)
- **Mineração** (Vale)
- **Portuário** (Termag)
- **Química** (DuPont)



Sistema de Bombeamento

✓ **Principais Projetos Mundiais Executados**

- **Plataforma de Extração FPSO** (com PETROBRAS)
- **Laminador de Tiras a Quente** (com TOSHIBA Japão)
- **Gasoduto GASCAV** (com SINOPEC Brasil e China)
- **Produção de Princípio Ativo** (com NOVARTIS Brasil e Suíça)



- Classificação e características do **porte da empresa – atendimento populacional**:
 - Empresas de 1 a 5 municípios
 - Empresas de 5 a 30 municípios
 - Empresas com mais de 30 municípios
- Estabelecimento das **metas** do Plano Diretor de Automação:
 - **Eficiência Operacional**: Monitoramento e controle de processos para otimização de uso de recursos e redução de desperdícios
 - **Qualidade e Confiabilidade**: Supervisão para uma qualidade consistente da água tratada e distribuída, reduzindo a dependência de intervenções humanas, diminuindo o risco de erros e aumentando a confiabilidade do sistema
 - **Redução de Custos**: Minimização do consumo de energia, otimização da mão de obra, uso eficiente de produtos químicos e redução de perdas de água
 - **Levantamento e Diagnóstico das Tecnologias em Uso**
 - **Contratações**: Termos de referência – editais. Aquisição de equipamentos, de sistemas parciais e completos. Fornecimento de serviços para compra de dados integrando setores de informação da empresa (TI / TO, fornecimento de dados (DaaS), fornecimento de serviços (SaaS))

Plano Diretor de Automação – Objetivos



- **Capacitação e Formação de RH: Normal e Avançada**

- Conteúdo:

- Tecnológico – 5 módulos /160 h

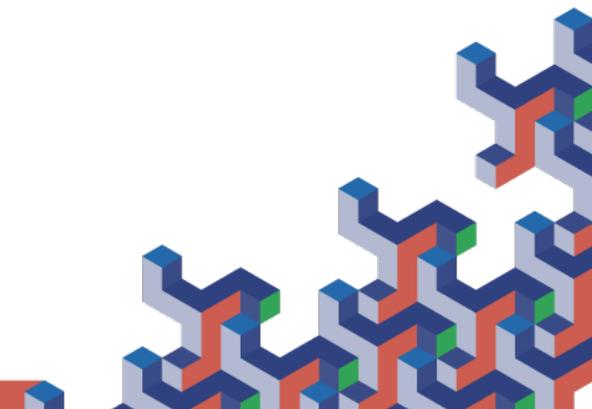
- Científico – 2 módulos / 64 h

- Gestão / Admin. – 4 módulos / 132 h

- Formação: desde 2004 – 860 tec/eng/adm

- Modalidades: Presencial e EAD

- Corpo Docente: 20 professores especialistas



- **Execução de um diagnóstico:** levantamento da maturidade da automação existente, avaliação do mercado de fornecedores de serviços de engenharia, equipamentos, hardware e software

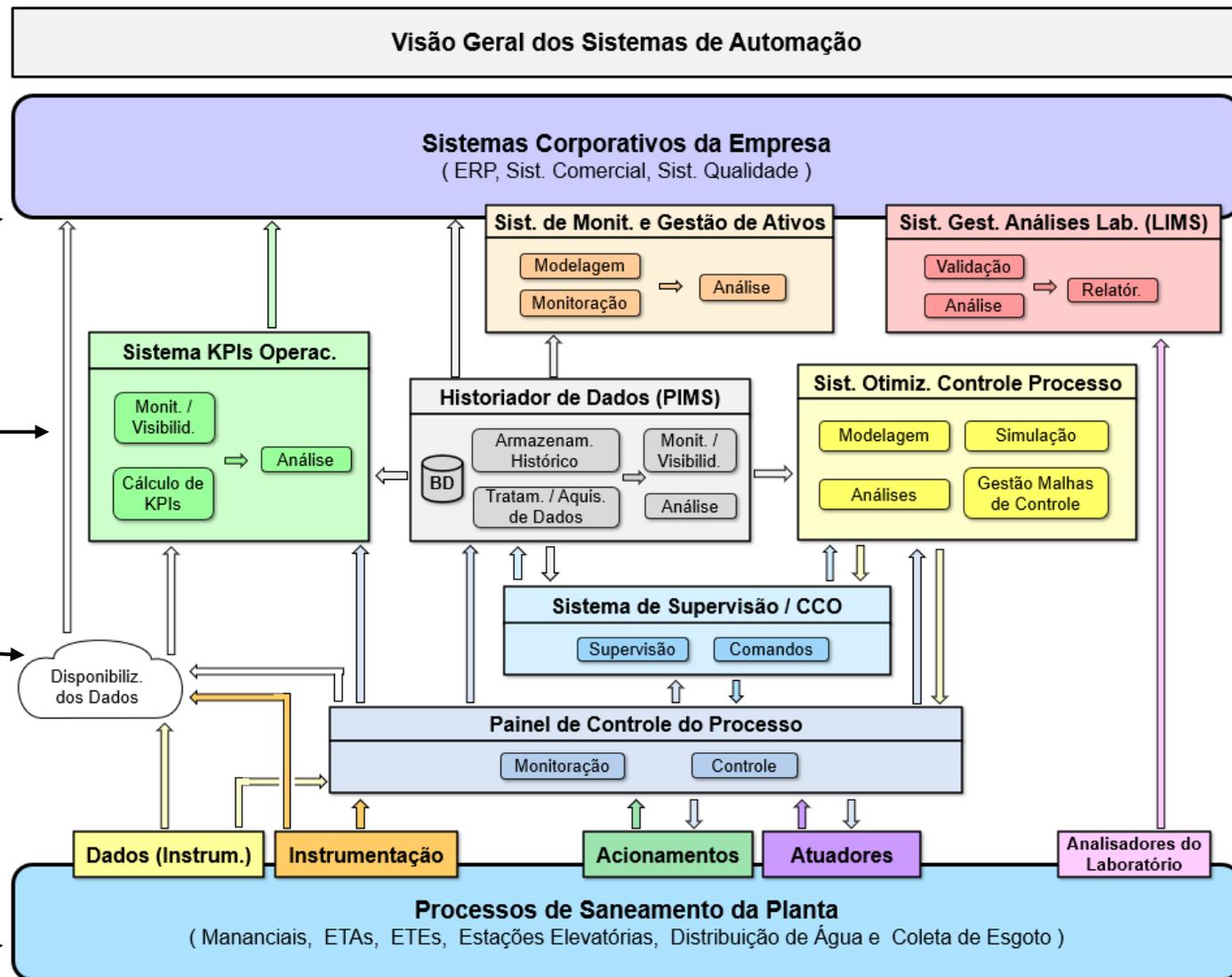


Mais de **40** visitas realizadas em plantas e estações



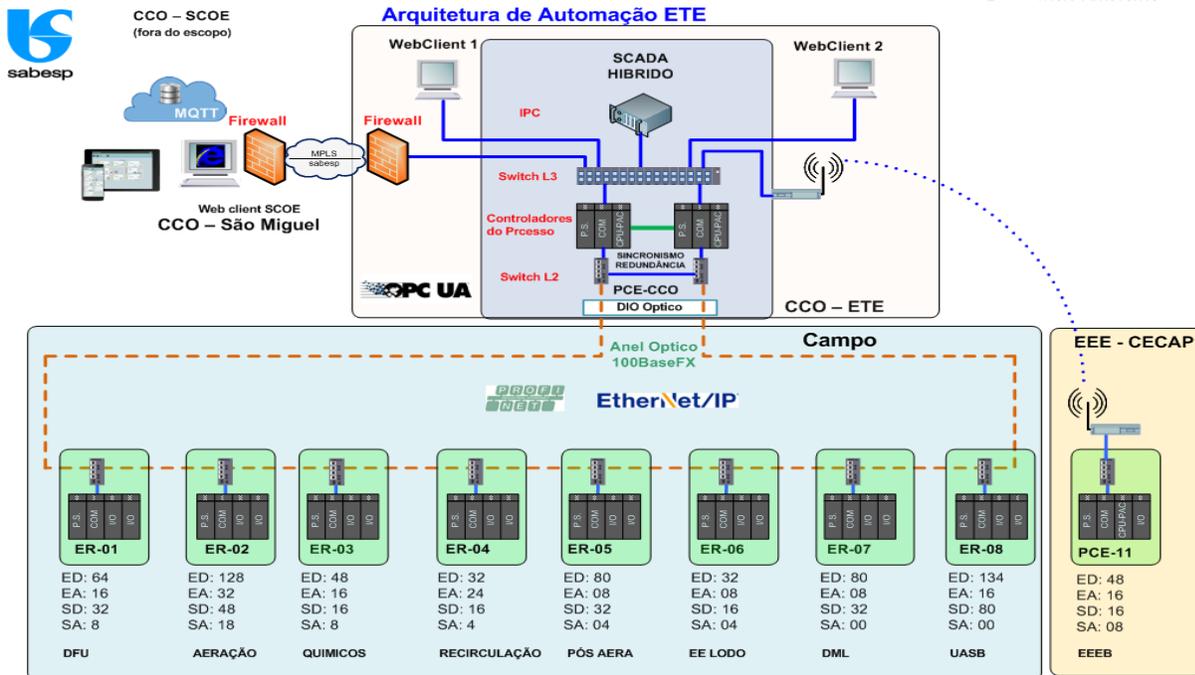
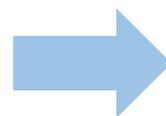
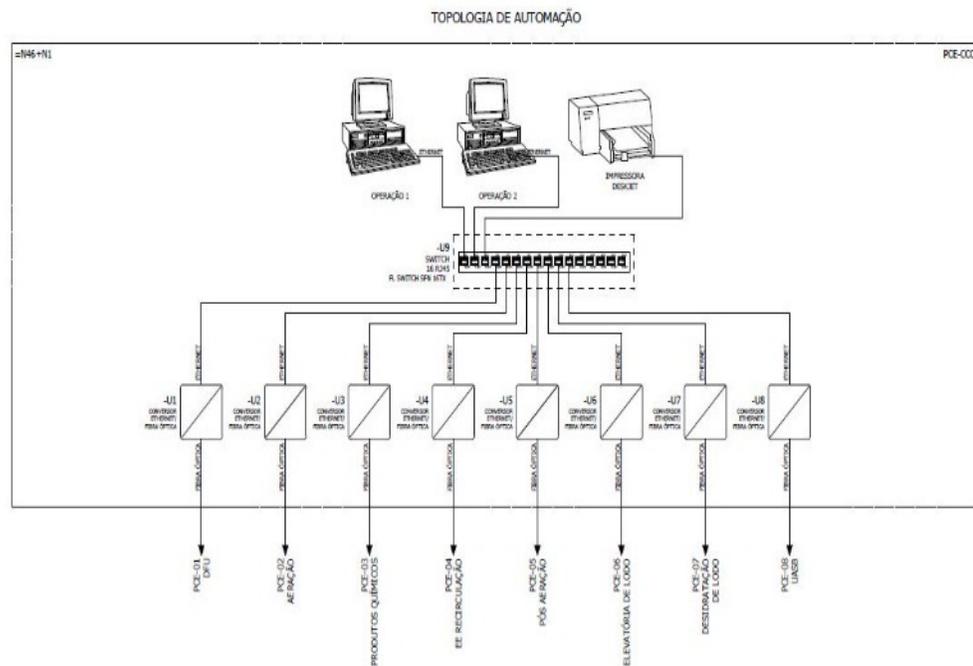
• Padronização dos processos de automação e documentação:

- **Nível Estratégico:** Gestão de Ativos, Integração com a Área Corporativa
- **Nível Tático:** Otimização de processos com I.A., Historiadores, Sistemas de Desempenho (KPIs)
- **Nível Operacional:** Projetos / Processos de Programação de Controladores e Sistemas de Supervisão



• **Benchmarking** com empresas de saneamento automatizada (nacionais e internacionais)

Plano Diretor de Automação – PISO: Um Resultado Obtido



Revisão do TR para ETEs:

- **PISO:** Padronização de equipamentos e sistemas com **redução do valor de 45% (4 milhões de reais)**
- **Mercado:** Maior número abrangente de fornecedores
- **Topologia:** Rede de maior confiabilidade com CLP redundante
- Programação **Única** dos controladores
- **Redução** de CAPEX e OPEX
- **Confiabilidade Operacional** com máquina redundante
- Aumento do ciclo de vida do sistema

Com visão, ação e persistência, transformamos
sonhos em realidade, para melhor
qualidade de vida e preservação do meio ambiente

Obrigado

Contatos

Cicero Couto de Moraes	(11) 99469-1545	cicero.moraes@usp.br
Marcos Yukio Yamaguchi	(11) 99198-9217	myyamaguchi@usp.br
José Bosco F. Castro	(12) 98134-3848	josebosco.fc@terra.com.br / jbcastro@is3.app

