Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

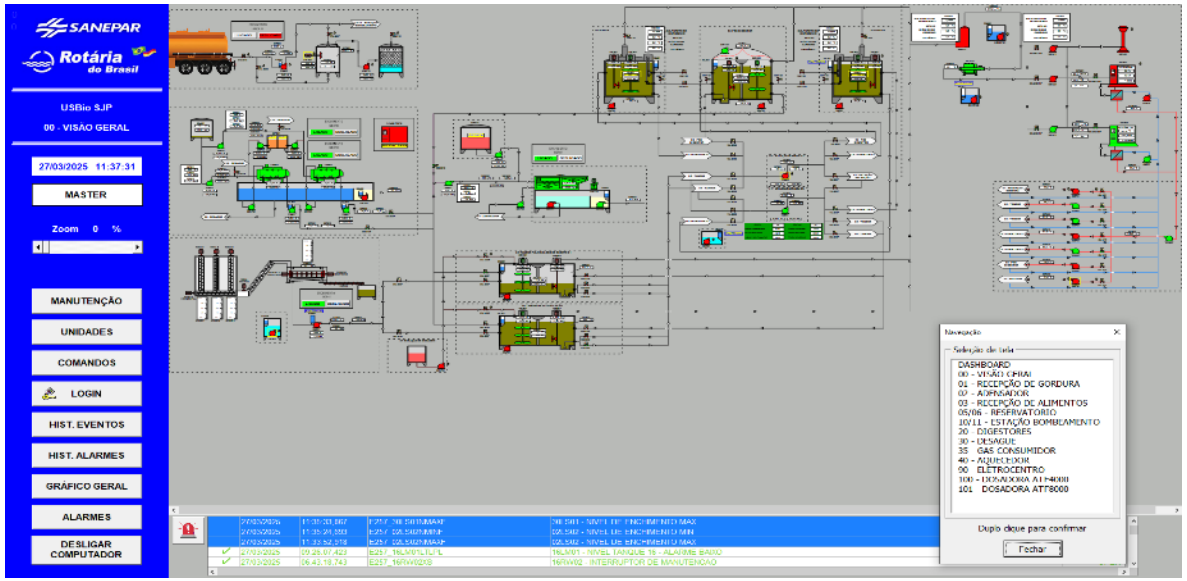
AESABESP 40 Anos
Associação dos Engenheiros da Sabesp

37ETC-07412 - Bioenergia inteligente: O papel da Automação na evolução do tratamento de lodo em Estações de Tratamento de Esgoto

Rodrigo Votre
Gilnei de Andrade
Lúcio Fabiano Ramos
Max Wilson Ortega
SANEPAR

Usina de Biogás da ETE Belém



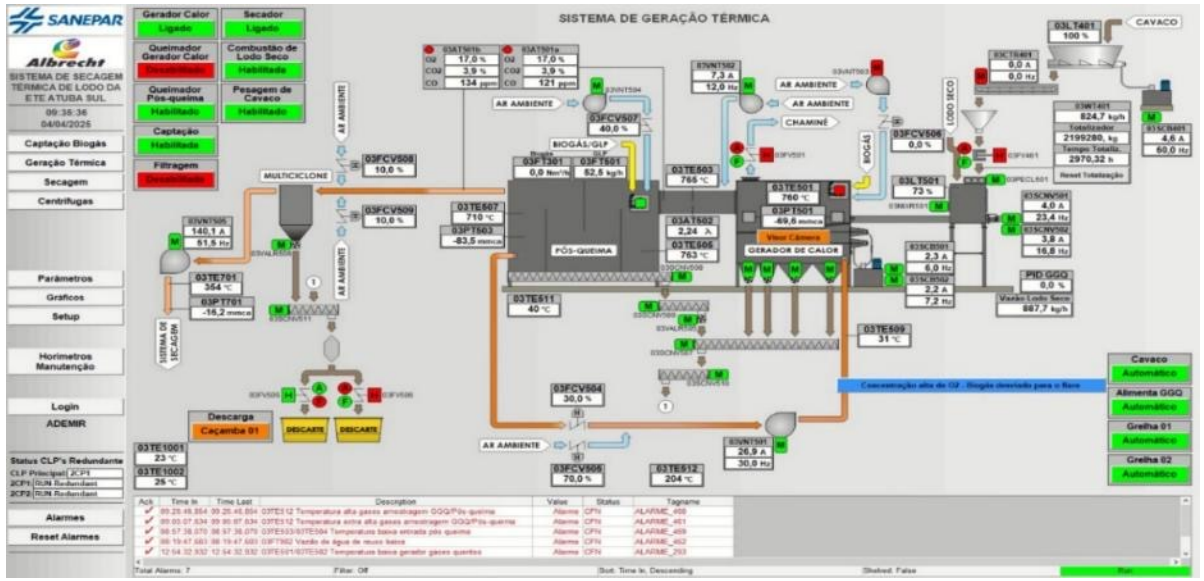


SST ETE Atuba Sul



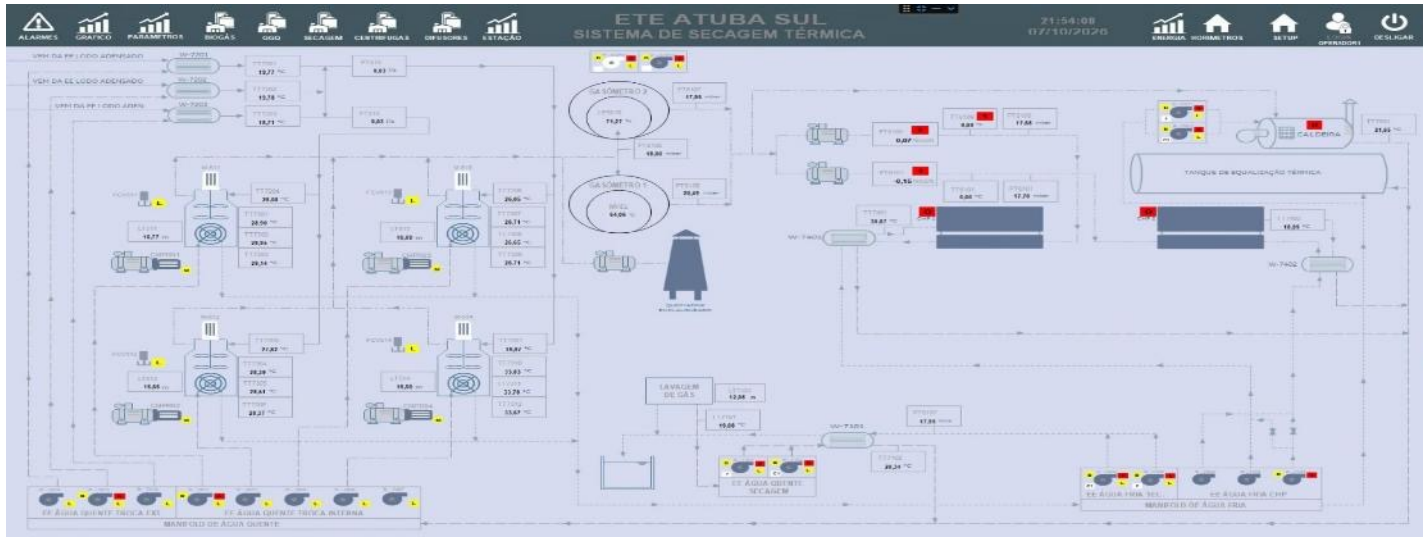


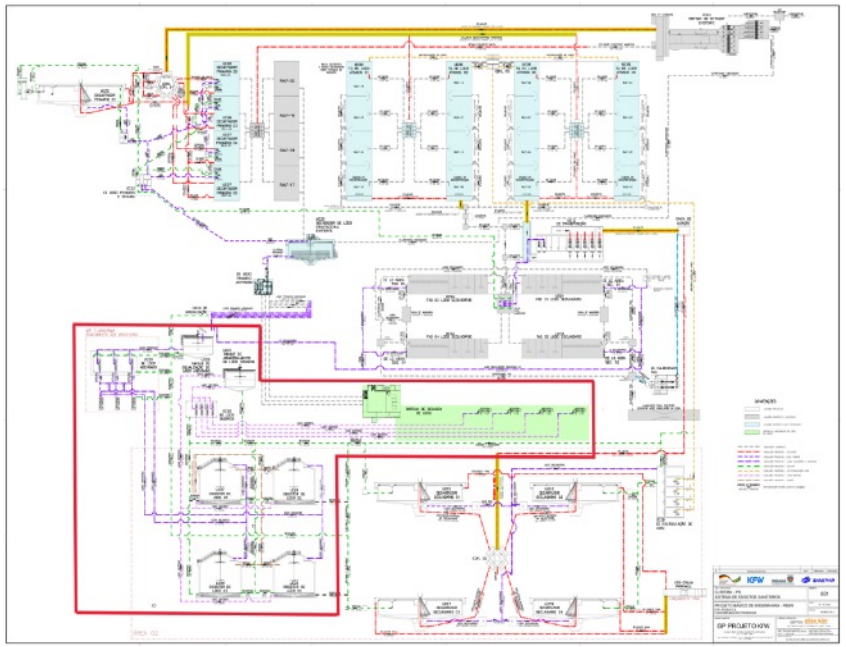


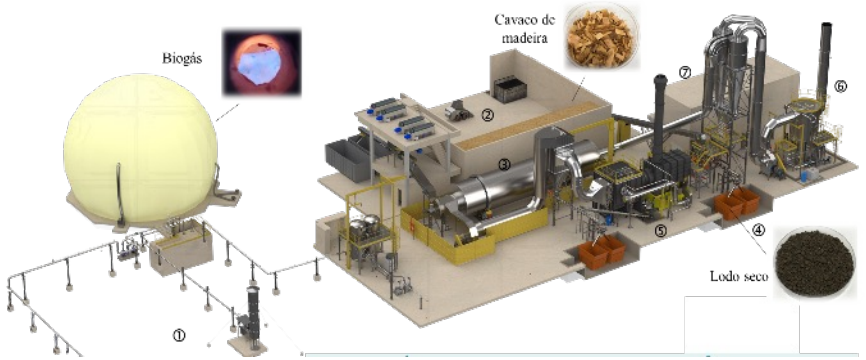


Sistema de Bioenergia da ETE Atuba Sul









Processos Usina de Biogás da ETE Belém

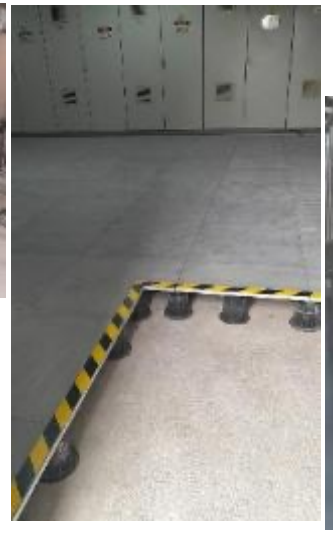


1. RECEPÇÃO E DESAGUAMENTO DO LODO
2. RECEPÇÃO E PRÉ-TRATAMENTO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS
3. ARMAZENADORES DE LODO E RESÍDUOS ORGÂNICOS
4. CODIGESTÃO LODO + RESÍDUOS ORGÂNICOS
5. PÓS-DIGESTÃO E ARMAZENAMENTO DO BIOGÁS
6. DISPOSIÇÃO FINAL DO DIGESTATO
7. MEDIÇÃO E TRATAMENTO DO BIOGÁS
8. GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA
9. GERAÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA
10. INJEÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NA REDE E UTILIZAÇÃO NA PRÓPRIA PLANTA

Diagnóstico Sistêmico









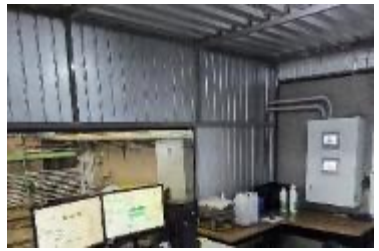
Termo Referência

Conhecimento da Planta Industrial.

Na reestruturação **Aspectos de Segurança, confiabilidade e Disponibilidade**

1. Diagnóstico Abrangente

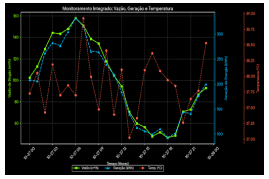




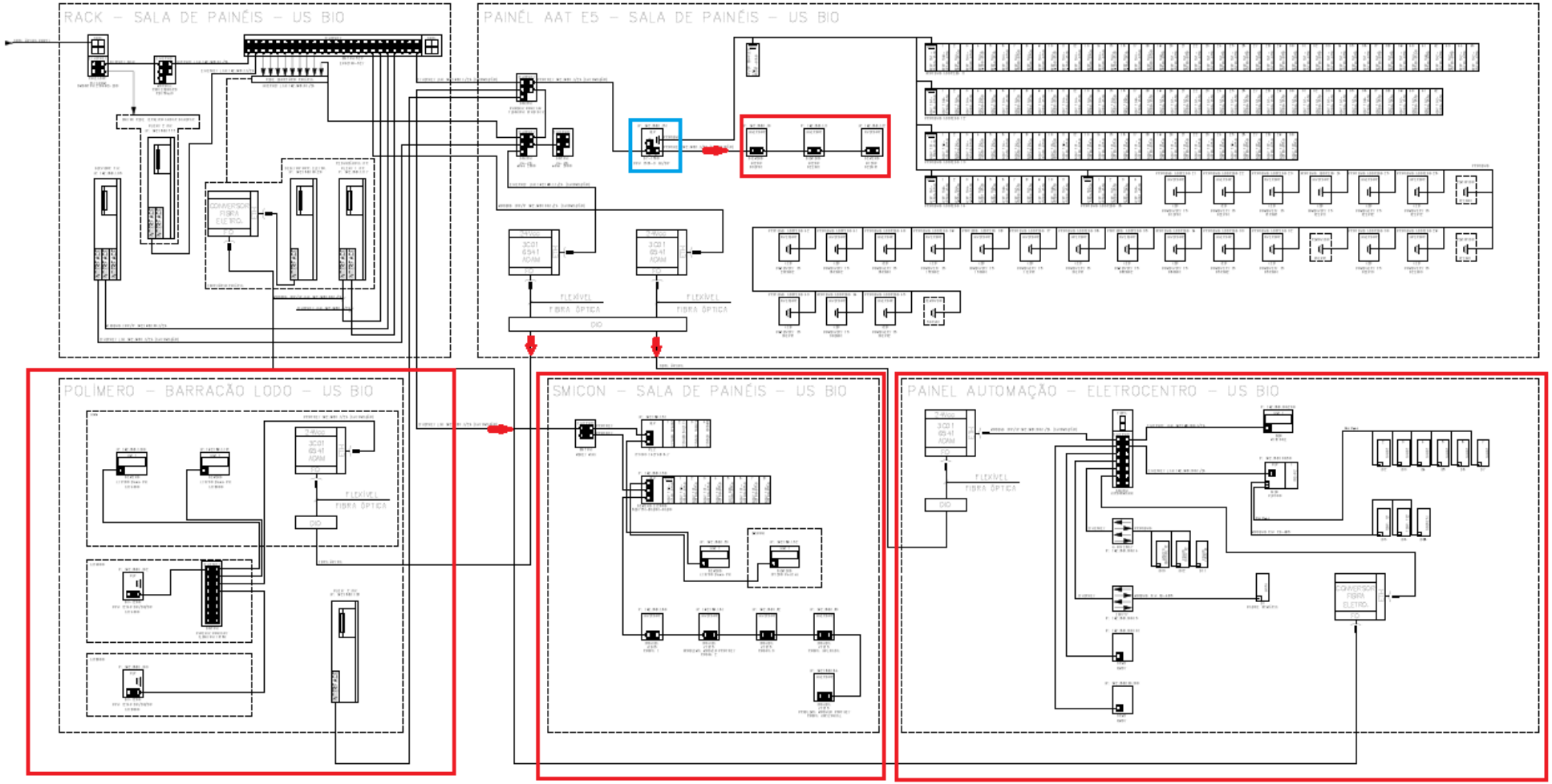
Foi Identificado a necessidade de mudanças e qual a extensão das mudanças;

Realizada uma análise detalhada da situação da Planta, envolvendo processos e equipamentos

Definição do Escopo e Objetivo: Estabelecemos claramente o que se pretendia alcançar com a reestruturação (ex. Disponibilidade dos Equipamentos, Redução de Custos (OPEX), Controle e Produtividade).



Diagnóstico Disponibilidade Confiabilidade Segurança Sustentabilidade









HMI/SCADA - iFIX

Contrato de O&M com Indicadores Operacionais

Plano de Manutenção da Planta (PMM) completo


SANEPAR
Rotária do Brasil

Plano Mestre de Manutenção (PMM)

Operação e manutenção da Usina de Bioenergia da SANEPAR (USBIO)

Instruções de Trabalho de Manutenção (ITMs) para todas unidades


Rotária do Brasil

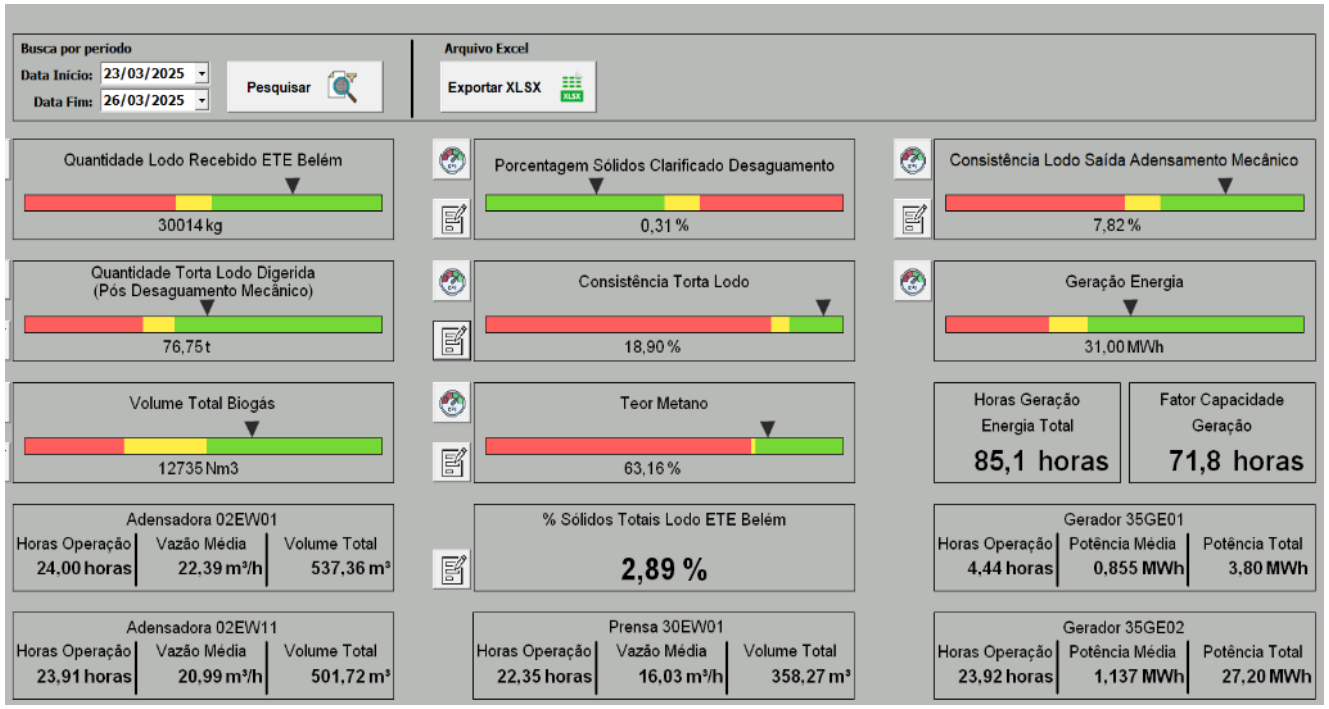
Instrução de Trabalho de Manutenção	ITM 001
Usina de Bioenergia da SANEPAR (USBIO)	CONTRATO | OS: 57869/2024 | 389869
ATIVIDADE	
Inspeção Acionamento	
DADOS GERAIS	
UNIDADE	SUBSISTEMA

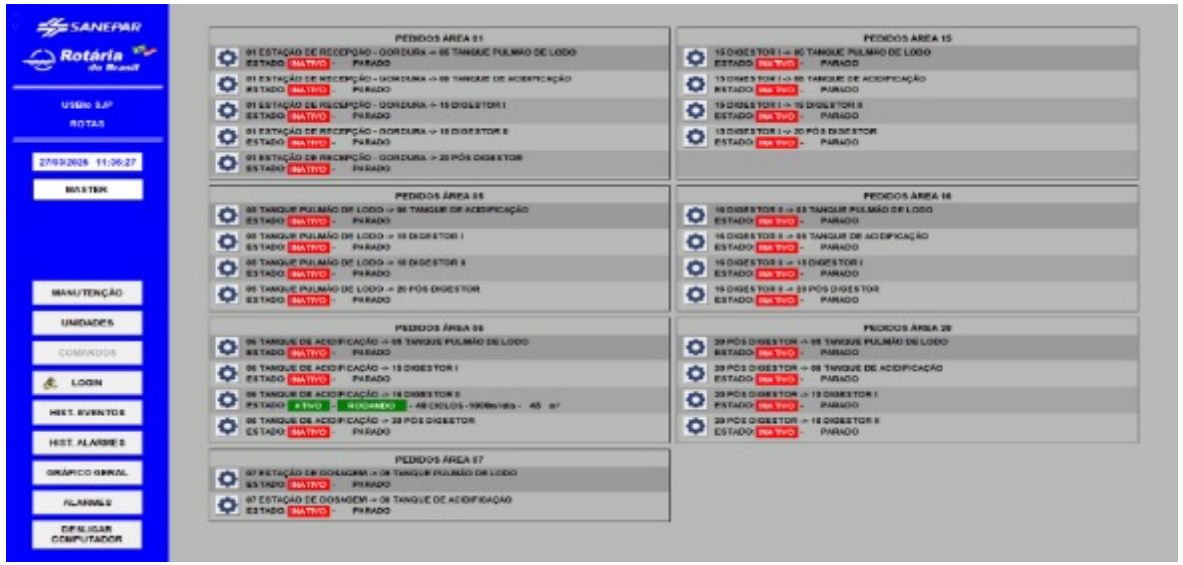
Instruções de Trabalho de Operação (ITOs) para todas unidades

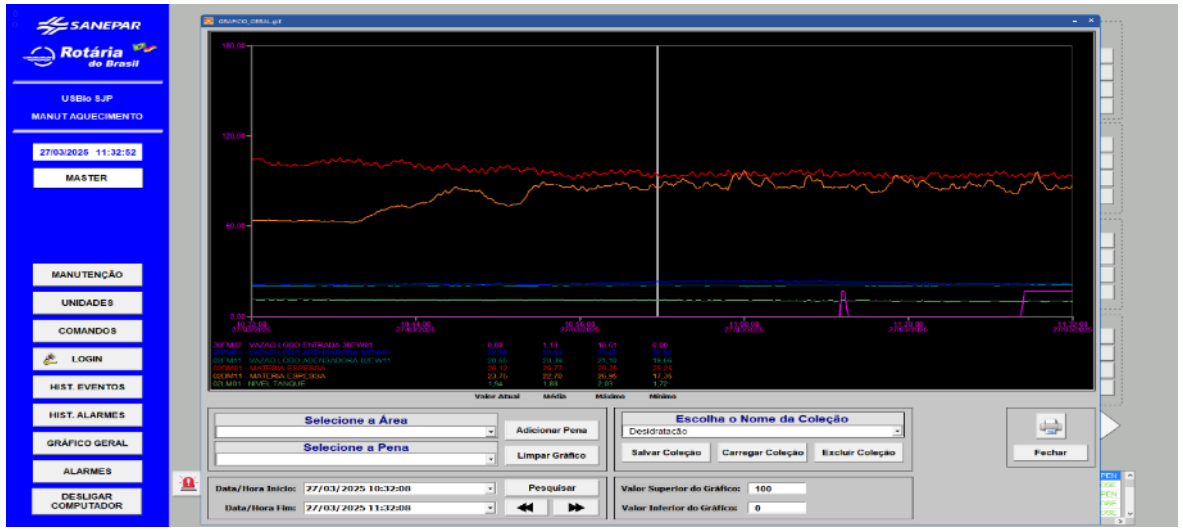

Rotária do Brasil

Instrução de Trabalho de Operação	ITO 001
Planta de Biodigestão da ETE Belém	CONTRATO | OS: 55831/2023 | 348189
ATIVIDADE	
Recebimento e processamento de resíduos orgânicos (CEASA).	
DESCRIÇÃO	
É responsabilidade do operador do orgânico a recepção de resíduos orgânicos e realizar a pesagem dos caminhões no momento da chegada para o descarregamento. Após a descarga dos resíduos, o operador deve liberar o motorista e acompanhá-lo até a portaria para realizar a pesagem final do descarregamento do caminhão.	
DADOS GERAIS	
UNIDADE	SUBSISTEMA

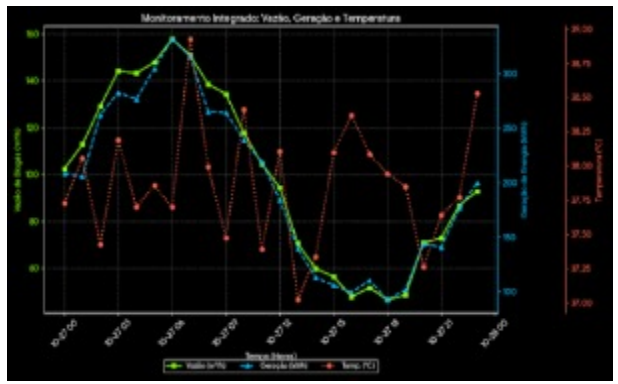
Desenvolvimento de Indicadores Operacionais











Criação de Indicadores de Manutenção

SANEPAR
Rotária do Brasil

USBio SJP
MANUT AQUECIMENTO

27/03/2025 11:31:30

MASTER

MANUTENÇÃO
UNIDADES
COMANDOS
LOGIN
HIST. EVENTOS
HIST. ALARMES
GRÁFICO GERAL
ALARMES
DESLIGAR COMPUTADOR

40ZP01	Atual	Alarme	Antecipação Aviso	
VERIFICAR E ACOMPANHAR EFICIÊNCIA	0 h	720 h	72 h	RESET
LUBRIFICAR/VERIFICAR ROLAMENTOS/POLIAS/CORREIAS	0 h	720 h	72 h	RESET
VERIFICAR CONEXÕES E APERTOS	0 h	720 h	72 h	RESET
VERIFICAR INTEGRIDADE E CORRENTE EM FUNCIONAMENTO	0 h	720 h	72 h	RESET

40ZP05				
VERIFICAR E ACOMPANHAR EFICIÊNCIA	1252 h	720 h	72 h	RESET
LUBRIFICAR/VERIFICAR ROLAMENTOS/POLIAS/CORREIAS	1252 h	720 h	72 h	RESET
VERIFICAR CONEXÕES E APERTOS	1252 h	720 h	72 h	RESET
VERIFICAR INTEGRIDADE E CORRENTE EM FUNCIONAMENTO	1252 h	720 h	72 h	RESET

40ZP06				
VERIFICAR E ACOMPANHAR EFICIÊNCIA	815 h	720 h	72 h	RESET
LUBRIFICAR/VERIFICAR ROLAMENTOS/POLIAS/CORREIAS	815 h	720 h	72 h	RESET
VERIFICAR CONEXÕES E APERTOS	815 h	720 h	72 h	RESET
VERIFICAR INTEGRIDADE E CORRENTE EM FUNCIONAMENTO	815 h	720 h	72 h	RESET

40ZP15				
VERIFICAR E ACOMPANHAR EFICIÊNCIA	854 h	720 h	72 h	RESET
LUBRIFICAR/VERIFICAR ROLAMENTOS/POLIAS/CORREIAS	854 h	720 h	72 h	RESET
VERIFICAR CONEXÕES E APERTOS	854 h	720 h	72 h	RESET
VERIFICAR INTEGRIDADE E CORRENTE EM FUNCIONAMENTO	854 h	720 h	72 h	RESET

40ZP16	Atual	Alarme	Antecipação Aviso	
VERIFICAR E ACOMPANHAR EFICIÊNCIA	509 h	720 h	72 h	RESET
LUBRIFICAR/VERIFICAR ROLAMENTOS/POLIAS/CORREIAS	509 h	720 h	72 h	RESET
VERIFICAR CONEXÕES E APERTOS	509 h	720 h	72 h	RESET
VERIFICAR INTEGRIDADE E CORRENTE EM FUNCIONAMENTO	509 h	720 h	72 h	RESET

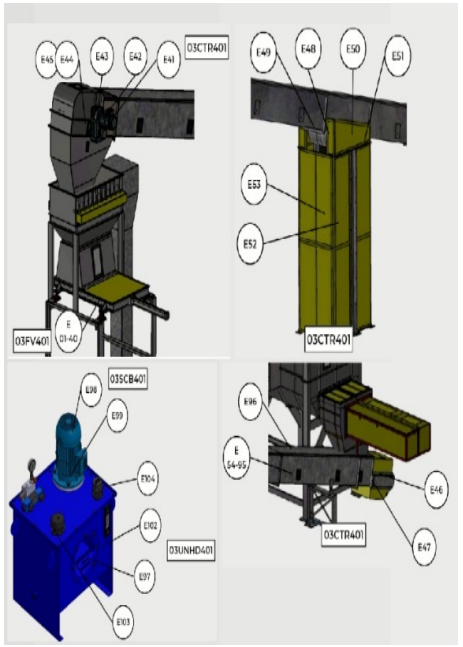
40ZP20				
VERIFICAR E ACOMPANHAR EFICIÊNCIA	0 h	720 h	72 h	RESET
LUBRIFICAR/VERIFICAR ROLAMENTOS/POLIAS/CORREIAS	0 h	720 h	72 h	RESET
VERIFICAR CONEXÕES E APERTOS	0 h	720 h	72 h	RESET
VERIFICAR INTEGRIDADE E CORRENTE EM FUNCIONAMENTO	0 h	720 h	72 h	RESET

40ZP32				
VERIFICAR E ACOMPANHAR EFICIÊNCIA	0 h	720 h	72 h	RESET
LUBRIFICAR/VERIFICAR ROLAMENTOS/POLIAS/CORREIAS	0 h	720 h	72 h	RESET
VERIFICAR CONEXÕES E APERTOS	0 h	720 h	72 h	RESET
VERIFICAR INTEGRIDADE E CORRENTE EM FUNCIONAMENTO	0 h	720 h	72 h	RESET

40ZP36				
VERIFICAR E ACOMPANHAR EFICIÊNCIA	31 h	720 h	72 h	RESET
LUBRIFICAR/VERIFICAR ROLAMENTOS/POLIAS/CORREIAS	31 h	720 h	72 h	RESET
VERIFICAR CONEXÕES E APERTOS	31 h	720 h	72 h	RESET
VERIFICAR INTEGRIDADE E CORRENTE EM FUNCIONAMENT	31 h	720 h	72 h	RESET

TELA 02

✓	27/03/2025	09:26:07.423	E257_16LM01LTLPL	16LM01 - NIVEL TANQUE 16 - ALARME BAIXO	CLOSE
✓	27/03/2025	06:43:18.743	E257_16RW02XS	16RW02 - INTERRUPTOR DE MANUTENCAO	OPEN
✓	26/03/2025	18:11:35.815	E257_35RV31KT05ALM02	35RV31 - VERIFICAR INTEGRIDADE E CORRENTE EM FUNCIONAMENTO - AVISO HORIMETRO PROXIMO	CLOSE
✓	26/03/2025	18:11:35.815	E257_35RV31KT04ALM02	35RV31 - VERIFICAR CONEXOES E APERTOS - AVISO HORIMETRO PROXIMO	CLOSE
✓	26/03/2025	18:11:26.644	E257_35RV31KT03ALM02	35RV31 - LUBRIFICAR/VERIFICAR ROLAMENTOS/POLIAS/CORREIAS - AVISO HORIMETRO PROXIMO	CLOSE







Plano de Manutenção Automatizado

SANEPAR
Rotária do Brasil

ETE Belém
MANUT AREA 02

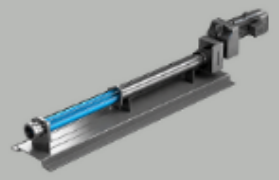
08/06/2026 16:22:23

MASTER

MANUTENÇÃO
UNIDADES
COMANDOS
LOGIN
HIST. EVENTOS
HIST. ALARMES
GRÁFICO GERAL
ALARMES
DESLIGAR COMPUTADOR

10EP01	Atual	Alarme	Antecipação Aviso	
SUBSTITUIR ROTOR	0 h	720 h	72 h	RESET
SUBSTITUIR ESTATOR	558 h	0 h	0 h	RESET
MANUTENÇÃO ÓLEO REDUTOR OU CONTAMINAÇÃO	0 h	720 h	72 h	RESET
LUBRIFICAR/VERIFICAR ROLAMENTOS/POLIAS/CORREIAS	0 h	720 h	72 h	RESET
VERIFICAR CONEXÕES E APERTOS	0 h	720 h	72 h	RESET
VERIFICAR INTEGRIDADE E CORRENTE EM FUNCIONAMENTO	708 h	720 h	72 h	RESET

11EP01				
SUBSTITUIR ROTOR	696 h	720 h	72 h	RESET
SUBSTITUIR ESTATOR	443 h	0 h	0 h	RESET
MANUTENÇÃO ÓLEO REDUTOR OU CONTAMINAÇÃO	696 h	720 h	72 h	RESET
LUBRIFICAR/VERIFICAR ROLAMENTOS/POLIAS/CORREIAS	696 h	720 h	72 h	RESET
VERIFICAR CONEXÕES E APERTOS	696 h	720 h	72 h	RESET
VERIFICAR INTEGRIDADE E CORRENTE EM FUNCIONAMENTO	696 h	720 h	72 h	RESET

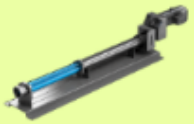


E257_POPUP_MANUTENCAO02.grf

INFORMAÇÕES DE MANUTENÇÃO

EQUIPAMENTO: 10EP01 - BOMBA NEMO NM105BY02S14J - NM105

ÓLEO LUBRIFICANTE: ISO VG: 220
VISCOSIDADE CINEMÁTICA A 40°C (APROXIMADAMENTE 220 CST)
APLICAÇÃO: ENGRENAGENS FECHADAS, REDUTORES E ROLAMENTOS SOB ALTA CARGA



QUANTIDADE DE INSUMOS:

1 UNIDADE - ROTOR
CÓDIGO: 1999



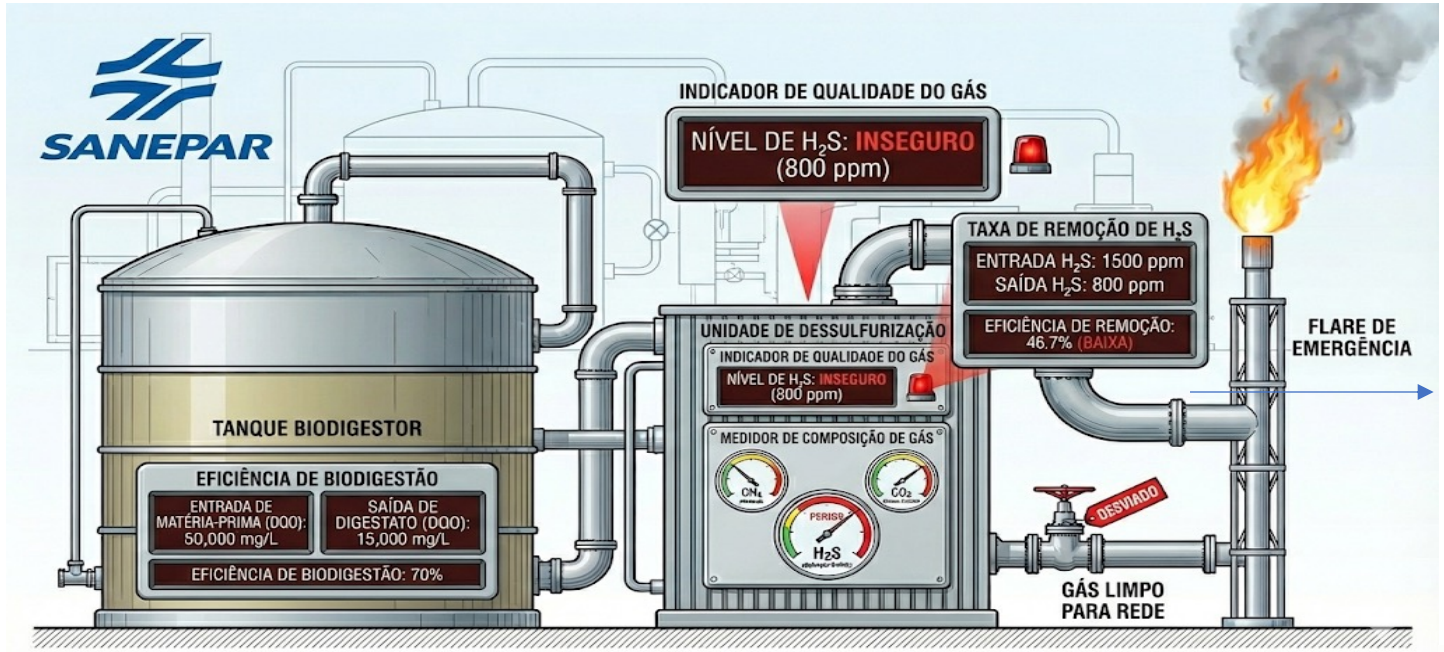
1 UNIDADE - ESTATOR
CÓDIGO: 3005



FECHAR

	08/06/2026	16:05:26.460	E257_03PS01FHHF	03PS01 - PRESSAO DEPOIS BOMBA 03EP01	OPEN
✓	08/06/2026	15:44:07.076	E257_02KP04KT02ALM01	02KP04 - VERIFICAR FILTRO - ALARME HORIMETRO	
✓	08/06/2026	15:44:07.076	E257_02KP04KT02ALM02	02KP04 - VERIFICAR FILTRO - AVISO HORIMETRO PROXIMO	
✓	08/06/2026	15:44:07.074	E257_02EP13KT06ALM02	02EP13 - SUBSTITUIR ESTATOR - AVISO HORIMETRO PROXIMO	CLOSE
✓	08/06/2026	15:44:07.072	E257_HORASMARTELOSLPLL	HORASMARTELOS - HORASMARTELOS - ALARME MUITO BAIXO	CLOSE

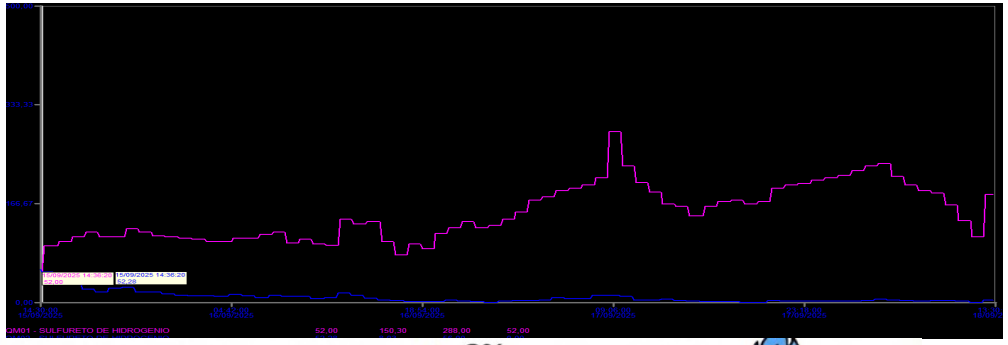
Desenvolvimento Indicadores Qualitativos



$$\eta(\%) = \left(\frac{H_2S_{entrada} - H_2S_{saida}}{H_2S_{entrada}}\right) \times 100$$

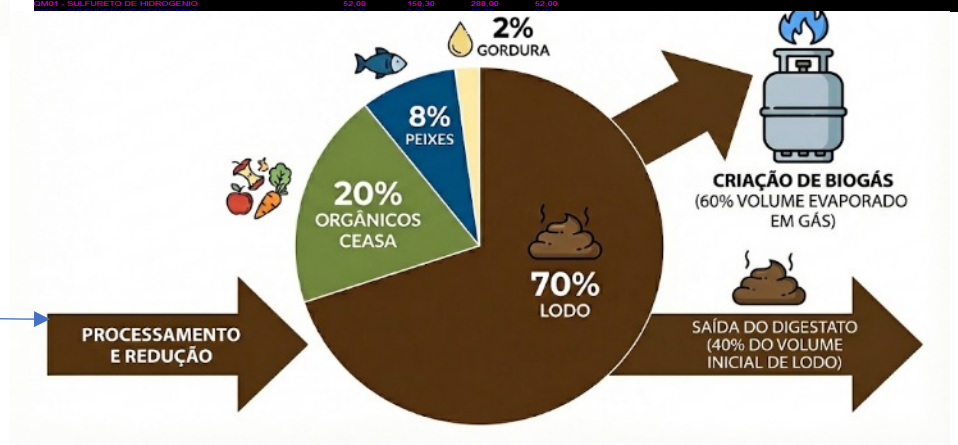
Onde:

- $H_2S_{entrada}$: Concentração de sulfeto de hidrogênio antes da torre (ppm).
- H_2S_{saida}: Concentração de sulfeto de hidrogênio após a torre (ppm).

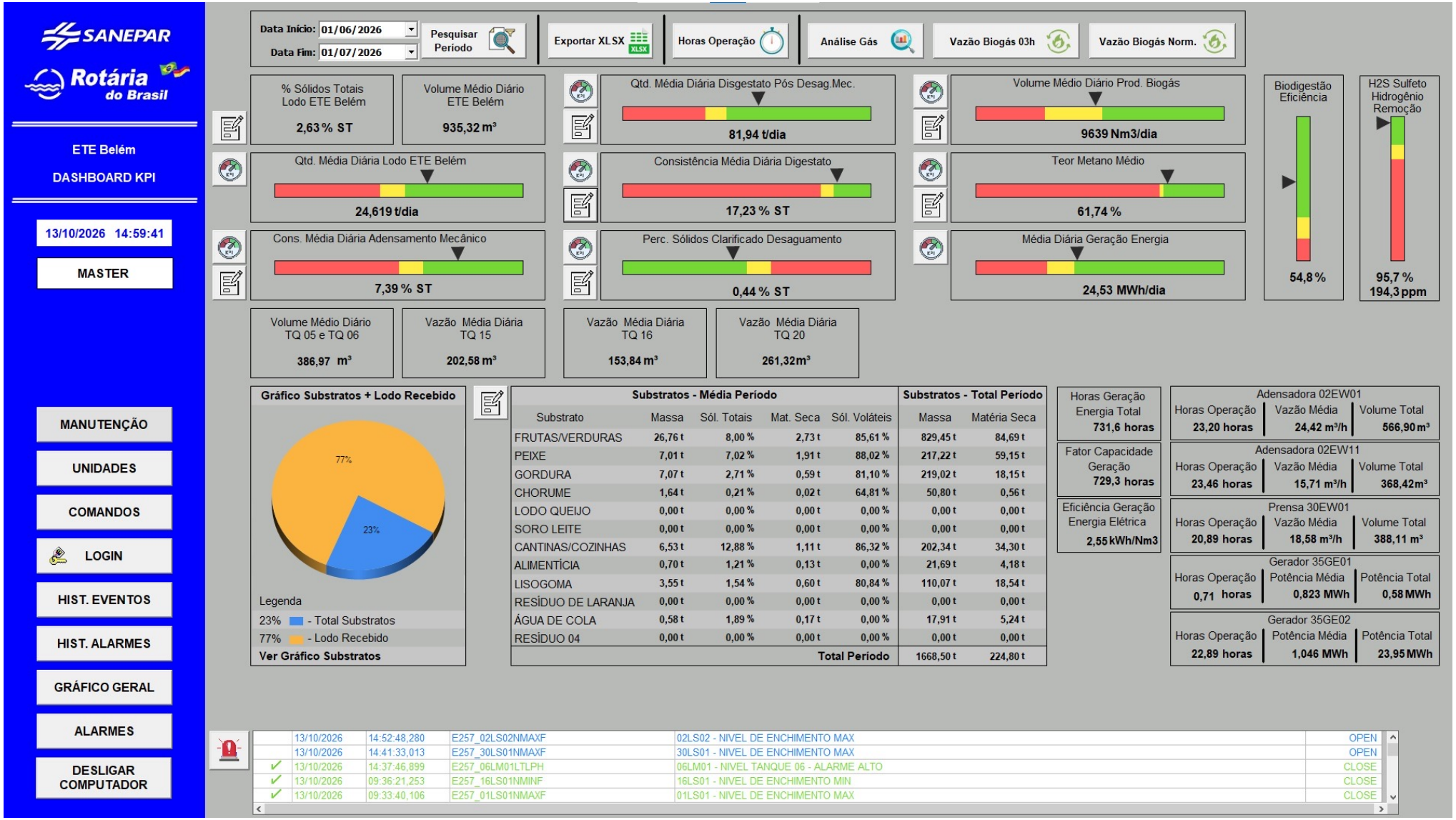


$$\text{RMD} = \left(1 - \frac{\text{SO}_{st}}{\text{AL}_{st} + \text{O}_{st}}\right) \times 100$$

Variável	Definição no Sistema Supervisório	Unidade
RMD	**Redução da Massa de Digestato** (A ser calculado)	%
SO_{st}	**Sólidos Totais de Saída** (Sólidos na torta da prensa de lodo)	ton ST/dia
AL_{st}	**Sólidos Totais do Lodo Aportado** (Média de lodo recebido)	ton ST/dia
O_{st}	**Sólidos Totais de Orgânicos** (Orgânicos recebidos)	ton ST/dia



Dashboard – KPI's Sistêmicos ETE Belém Biogás



Benefícios

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

Benefícios Operacionais

- Monitoramento parâmetros Processos
- *Controle de dosagem e agitação*
- *Controle do plano de manutenção*
- Execução ***padronizada*** *e segura*
- Aumento da ***confiabilidade*** dos equipamentos
- ***Aumento da disponibilidade operacional***
- ***Rápido acesso*** ao histórico
- ***Menos falhas*** associadas a execução
- ***Controle da qualidade do Biogás***
- ***Controle dos grupos geradores***

Benefícios para Gestão

- Gestão e fiscalização do contrato de O&M
- Controle total do ***ciclo de manutenção***
- ***Planejamento estruturado*** por unidade
- ***Gestão e Confiabilidade dos ativos***
- Otimização de recursos e processos
- ***Suporte*** para auditorias e conformidade
- ***Monitoramento dos indicadores O&M***
- ***Monitoramento*** dos indicadores ***Performance***
- ***Suporte*** para decisões estratégicas
- Maior ***previsibilidade*** das intervenções
- ***Transparência*** nas informações

Equipe de Bioenergia



MAX WILSON



ALCIONE



ANDRE



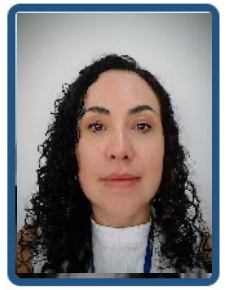
GILNEI



LUCIO RAMOS



RODRIGO



ARETHA FIORI



EDER



LINCOLN

ETE BELÉM - BIOGÁS

SST ETE ATUBA SUL

Resultados Usina de biogás ETE Belém: Desempenho (2025 vs. 2026)

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

Indicador / Parâmetro	Meta / Ref.	Ano 2025	Ano 2026	Variação (%)	Impacto / Relevância Operacional
Lodo Digerido Retirado	> 63,00 t/dia	75,00 t/dia	70,55 t/dia	**-5,93%**	Otimização do processo e redução de resíduo
Volume de Biogás	> 306.000 Nm³/mês	305.322,50 Nm³/mês	349.046,00 Nm³/mês	**+14,32%**	Crescimento expressivo na produção de biogás
Teor de Metano (CH4)	> 61,00%	62,60%	62,60%	**0,00%**	Manutenção da alta qualidade energética
Concentração de H2S	< 200,00 ppm	72,26 ppm	26,41 ppm	**-63,45%**	Mitigação da corrosão nos motogeradores
Geração de Energia	> 717,00 MWh/mês	750,49 MWh/mês	816,83 MWh/mês	**+8,84%**	Aumento no balanço de massa e bioenergia
Eficiência Energética	2,31 kWh/Nm³ (CIBiogás)	2,46 kWh/Nm³	2,34 kWh/Nm³	**-4,79%**	Desempenho elétrico superior à referência
Eficiência na Biodigestão	-	48,90%	53,70%	**+9,82%**	Incremento significativo na conversão biológica

Melhoria Contínua



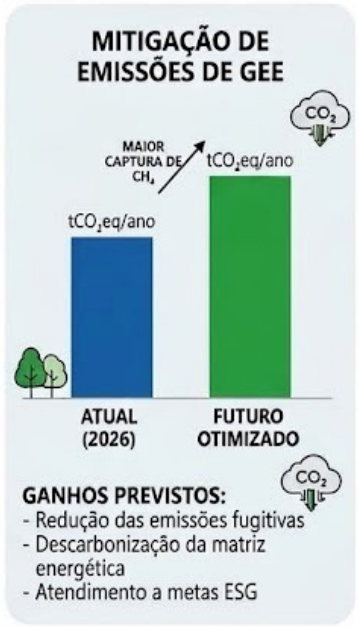
DiretrizesBioenergia

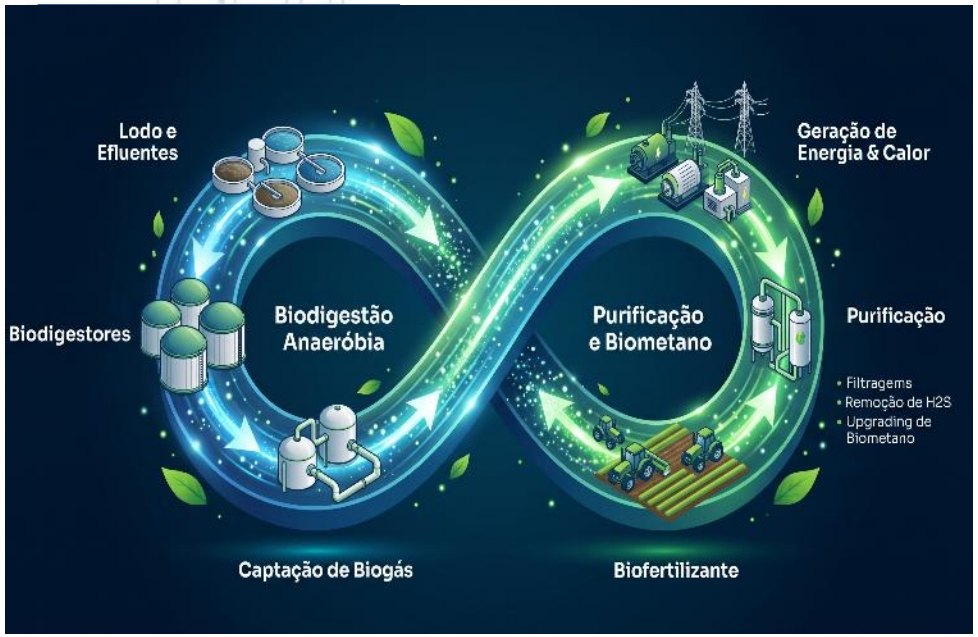
PROJEÇÃO DE NOVOS INDICADORES OPERACIONAIS E AMBIENTAIS: USINA DE BIOGÁS ETE BELÉM

Ganhos Previstos com a Otimização do Processo (2026 vs. Futuro Otimizado)









Conclusão

OBJETIVOS DAS IMPLEMENTAÇÕES

Implementações focadas em **estabilidade** e **gestão auditável** de O&M para garantir o **máximo retorno** financeiro, energético e ambiental em operações.



Obrigado!

Rodrigo Votre
rvotre@sanepar.com.br
41-991160174

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

AESABESP 40 Anos
Associação dos Engenheiros da Sabesp

Coautores

Gilnei de Andrade
gilnei.a@sanepar.com.br

Lucio Fabiano Ramos
luciofr@sanepar.com.br

Max Wilson Ortega
max.wilson@sanepar.com.br