



**Encontro Técnico
AESABESP**
27º Congresso Nacional
de Saneamento e
Meio Ambiente

PROBIOGÁS

POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS EM REATORES UASB

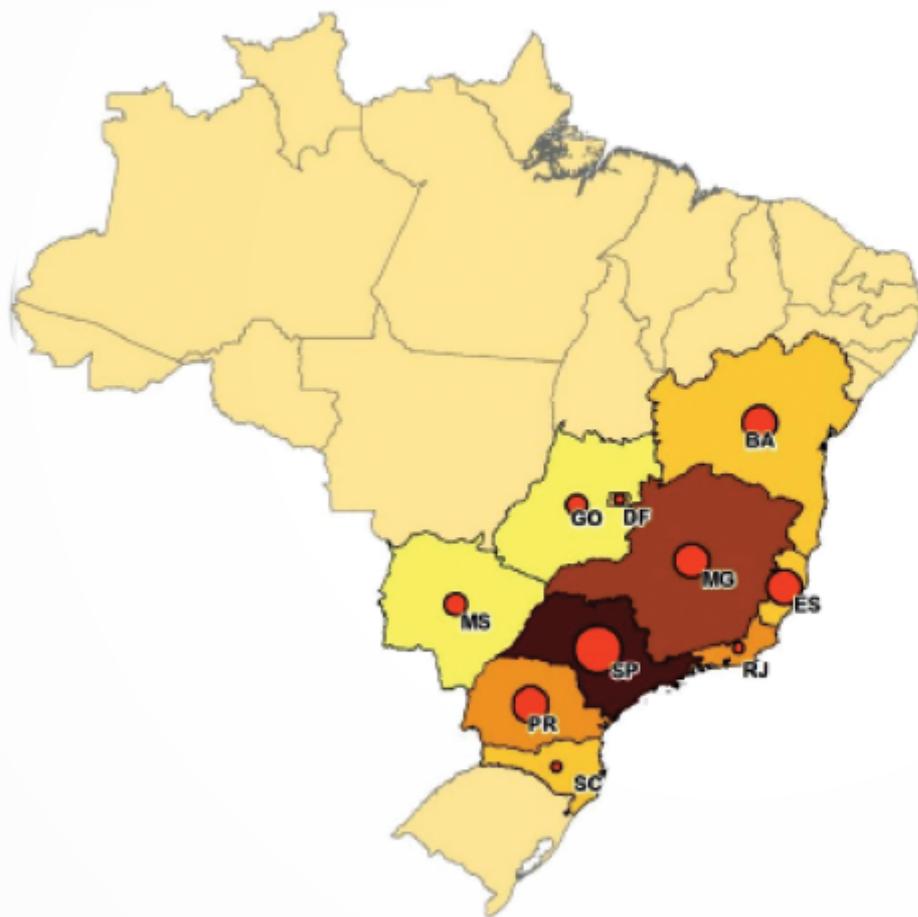
Resultados do Projeto de Medições de Biogás



Carolina Cabral
Christoph Platzer
Heike Hoffmann
**Sebastian
Rosenfeldt**



Tratamento de efluentes



■ Reatores UASB

Estado	Vazão de esgoto tratada ($m^3.s^{-1}$)	População
DF	3,3	1.847.850
MG	11,8	6.532.306
SP	6,8	3.284.438
SC	1,5	780.559
RJ	1,7	447.327
ES	0,6	307.327
PR	12,4	307.343
BA	2,9	6.894.283
GO	0,6	1.600.659
MS	1,4	306.972
TOTAL	42,8	22.973.017

- Aumento da cobertura de tratamento de esgoto na AL, Custo UASB + aeróbio: **Economia:** CAPEX de 20 a 50% e OPEX 50% , em comparação com uma planta de lodo ativado convencional

(CHERNICHARO, et al 2015)

Tratamento de esgoto pela via anaeróbia



Vantagens:

- Baixa produção de lodo;
- Índices mínimos de mecanização;
- Simplicidade operacional;
- Remoção de matéria orgânica - 70%;

Possibilidade de aproveitamento do biogás produzido.

Variação sazonal.

Perdas: Vazamentos e dissolvido no efluente

Projeto de medições em andamento do **PROBIOGÁS** (fruto de uma cooperação técnica entre a **SNSA** do **Ministério das Cidades** e a **Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH - GIZ**).

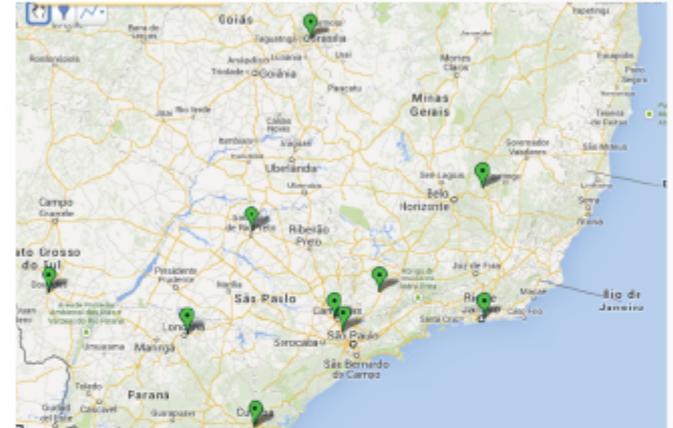
ETE visitadas



Seleção das 10 ETEs

Critérios Principais:

- üQuantidade de fugas significativas de gás;
- üDistribuição do esgoto uniforme;
- üExistência de rotina operacional para remoção de espuma;
- üPossibilidade de medição da vazão de esgoto afluyente ao UASB.
- üCondições de instalar os medidores



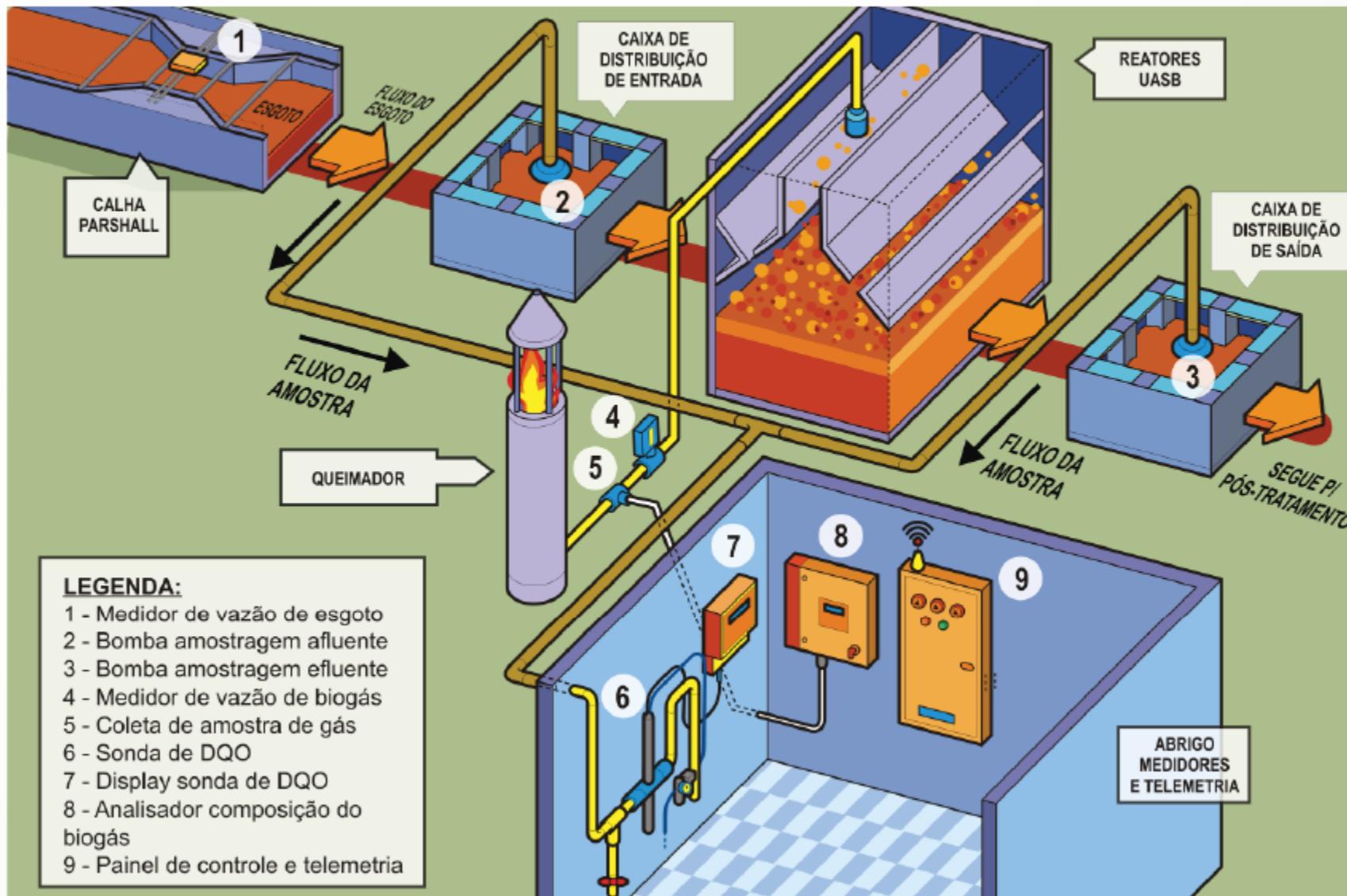
Estações selecionadas

Nome da ETE	PE (hab.)	Vazão atual (L/s)	Tecnologia
ETE A	198.000	310	UASB + Lagoa aerada
ETE B	207.000	316	UASB + FAP
ETE C	64.800	90	RALF + FAP
ETE D	100.000	90	UASB + LAT
ETE E	200.000	300	UASB + LA
ETE F	250.000	400	UASB + LA
ETE G	664.200	1080	UASB + LA
ETE H	90.000	85	UASB + FAP
ETE I	92.250	150	UASB
ETE J	48.600	90	UASB + LA

Estações selecionadas

ETE	Reator	DQO afluente (mg/L)	Vazão de esgoto (l/s)	População de projeto (hab.)	Temp. média anual (°C)	Pluviometria (mm/a)
A	UASB	517	371,85	198.000	16,80	1500
C	RALF	472	87,86	64.800	20,00	1400
D	UASB	1099	91,49	100.000	18,00	1540
E	UASB	752	300,00	200.000	20,00	1350
F	UASB	470	433,57	250.000	20,00	1350
J	UASB	398	76,44	48.600	23,00	1000

Medição



Instalação dos medidores | Sonda de DQO

a) Instalação dentro da casa de operação



b) Instalação ao ar livre com caixa de proteção



Instalação dos medidores | Medidor de vazão de biogás

Linha de gás



Flange com medidor de pressão e temperatura

Medidor de vazão de biogás tipo Vortex



Instalação dos medidores | Medidor de composição

Tomada de amostra



Quadro de medição da Union



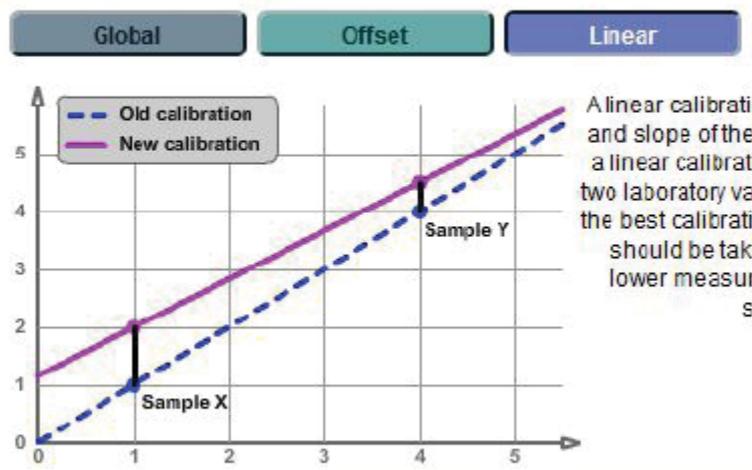
Transmissão dos dados | Scadaweb

- Transmissão por sistema de telemetria
- Dados armazenados em banco de dados online

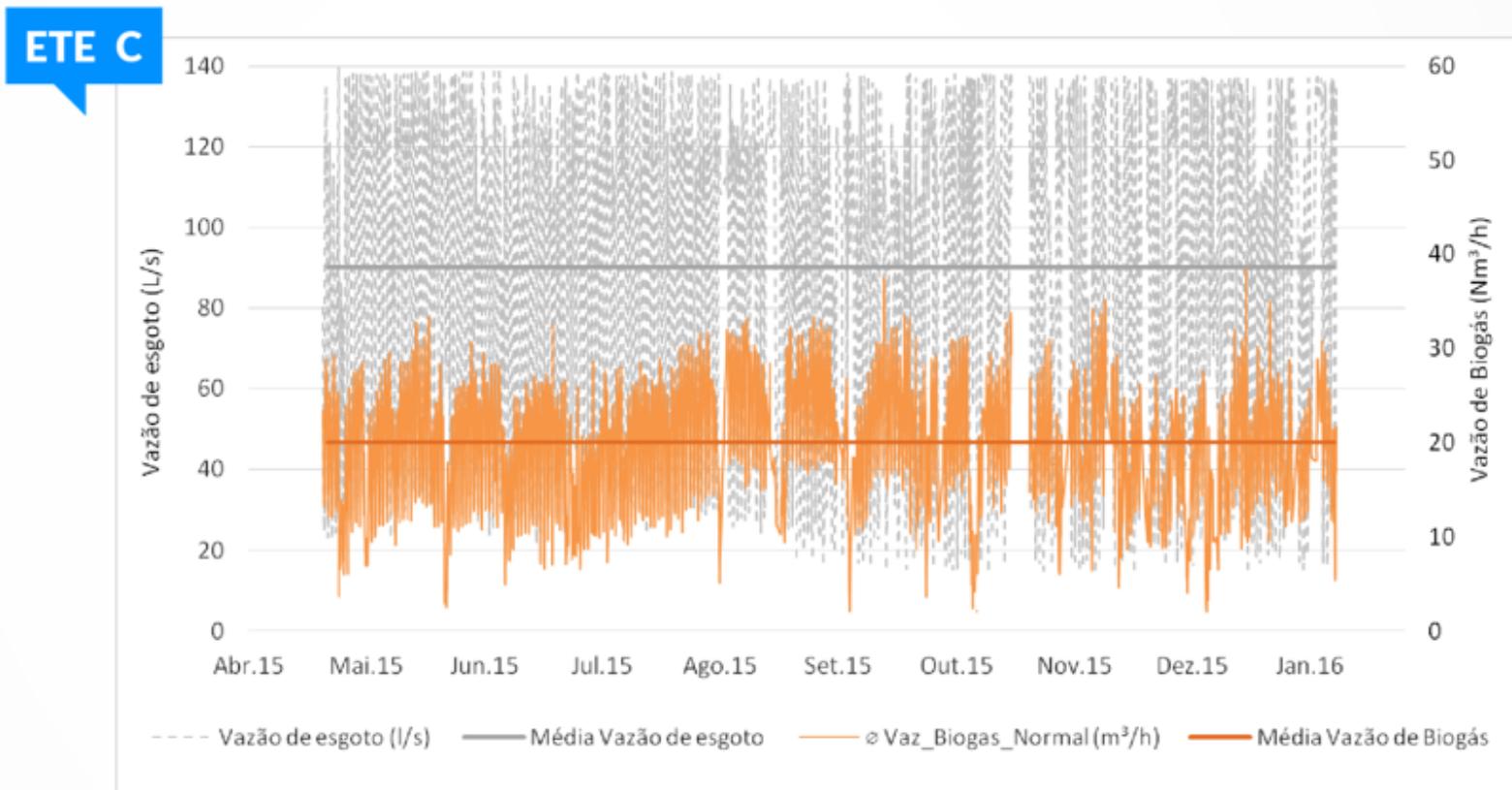
Probiogas A										
										Filtrar a partir:
										para: 03-10-2015 22:28:53
Fornecimento: 30199 registros. Listando página: 1 / 504										
Data	Vaz. Esgoto(L/s)	DO Aluente(mg/l)	DO Efluente(mg/l)	Vaz. Biogas(m ³ /h)	Vaz. Biogas Normot(m ³ /h)	Temperatura (C)	Pressão(mbar)	CH4 (%)	CO2 (%)	H
03-10-2015 22:28:53	410,98	792,12	283,88	26,64	21,79	19,23	920,88	79,73	6,23	
03-10-2015 22:23:44	407,51	851,65	283,88	23,87	20,28	19,23	920,88	79,24	6,47	
03-10-2015 22:18:47	404,45	851,65	283,88	22,80	19,32	19,41	920,88	79,24	6,47	
03-10-2015 22:13:40	413,61	810,44	283,88	27,4	23,29	19,23	920,88	79,24	6,47	
03-10-2015 22:08:43	399,88	837,91	283,88	26,23	24,04	19,23	920,88	79,49	6,35	
03-10-2015 22:03:36	521,98	805,66	283,88	32,71	27,82	19,23	921,81	79,49	6,35	
03-10-2015 21:58:36	523,5	847,87	283,88	28,29	24,04	19,23	920,88	79,49	6,35	
03-10-2015 21:53:32	525,93	860,81	283,88	26,17	24,81	19,23	921,51	79,61	6,34	
03-10-2015 21:48:38	523,5	843,22	283,88	30,71	27,82	19,23	921,81	79,61	6,34	
03-10-2015 21:43:38	523,5	892,86	283,88	27,4	23,32	18,86	920,88	79,61	6,34	
03-10-2015 21:38:41	526,98	911,17	283,88	22,90	19,58	18,86	920,88	79,37	6,34	
03-10-2015 21:33:42	526,61	837,91	283,88	22,90	19,58	18,86	920,88	79	6,35	
03-10-2015 21:28:42	531,14	784,65	283,88	22,80	19,58	18,86	920,88	79	6,35	
03-10-2015 21:23:38	529,61	732,6	283,88	22,90	19,58	18,86	920,88	79	6,35	
03-10-2015 21:18:38	544,87	897,44	283,88	24,75	21,08	18,86	920,88	78,51	6,39	
03-10-2015 21:13:32	541,82	884,96	283,88	26,17	24,82	18,86	920,88	78,51	6,39	
03-10-2015 21:08:52	538,77	883,7	283,88	21,22	18,05	18,86	920,15	78,51	6,39	
03-10-2015 21:03:52	538,77	883,7	283,88	21,22	18,05	18,86	920,15	78,51	6,39	
03-10-2015 21:00:49	541,82	880,81	283,88	21,22	18,05	18,86	920,15	78,51	6,39	
03-10-2015 20:55:34	544,87	1510,99	283,88	26,52	22,57	18,86	920,88	78,51	6,23	
03-10-2015 20:50:35	550,98	1423,95	283,88	26,17	24,79	19,05	920,15	78,51	6,23	
03-10-2015 20:45:49	550,98	1291,21	283,88	26,17	24,79	19,05	920,15	78,51	6,23	
03-10-2015 19:48:49	550,98	1625,48	283,88	35,36	30,01	19,6	920,88	77,88	5,98	
03-10-2015 19:43:49	550,98	1625,48	283,88	35,36	30,01	19,6	920,88	77,88	5,98	
03-10-2015 19:38:49	550,98	1625,48	283,88	35,36	30,01	19,6	920,88	77,88	5,98	
03-10-2015 19:33:48	560,13	1497,25	283,88	32,71	27,72	19,79	920,15	77,41	6,47	
03-10-2015 19:18:49	563,19	2293,38	283,88	33,59	28,48	19,96	920,88	76,88	6,35	
03-10-2015 18:58:49	561,68	1639,19	283,88	33,87	30,19	19,94	918,88	76,82	6,39	
03-10-2015 18:13:49	561,68	1345,42	283,88	24,75	20,89	20,51	918,88	76,58	6,36	
03-10-2015 18:03:48	564,71	1011,9	283,88	22,90	19,39	20,7	918,88	76,58	6,36	

Acompanhamento no local | Cias de Saneamento

- **Acompanhamento** no local pelos **operadores** das companhias
- **Calibração e limpeza** das sondas de DQO
- **Verificação** de mensagens de **erros** no display dos aparelhos
- Preenchimento de **planilhas** de comparação com os valores laboratoriais e **comunicação de atividades operacionais** relevantes para interpretação dos dados.



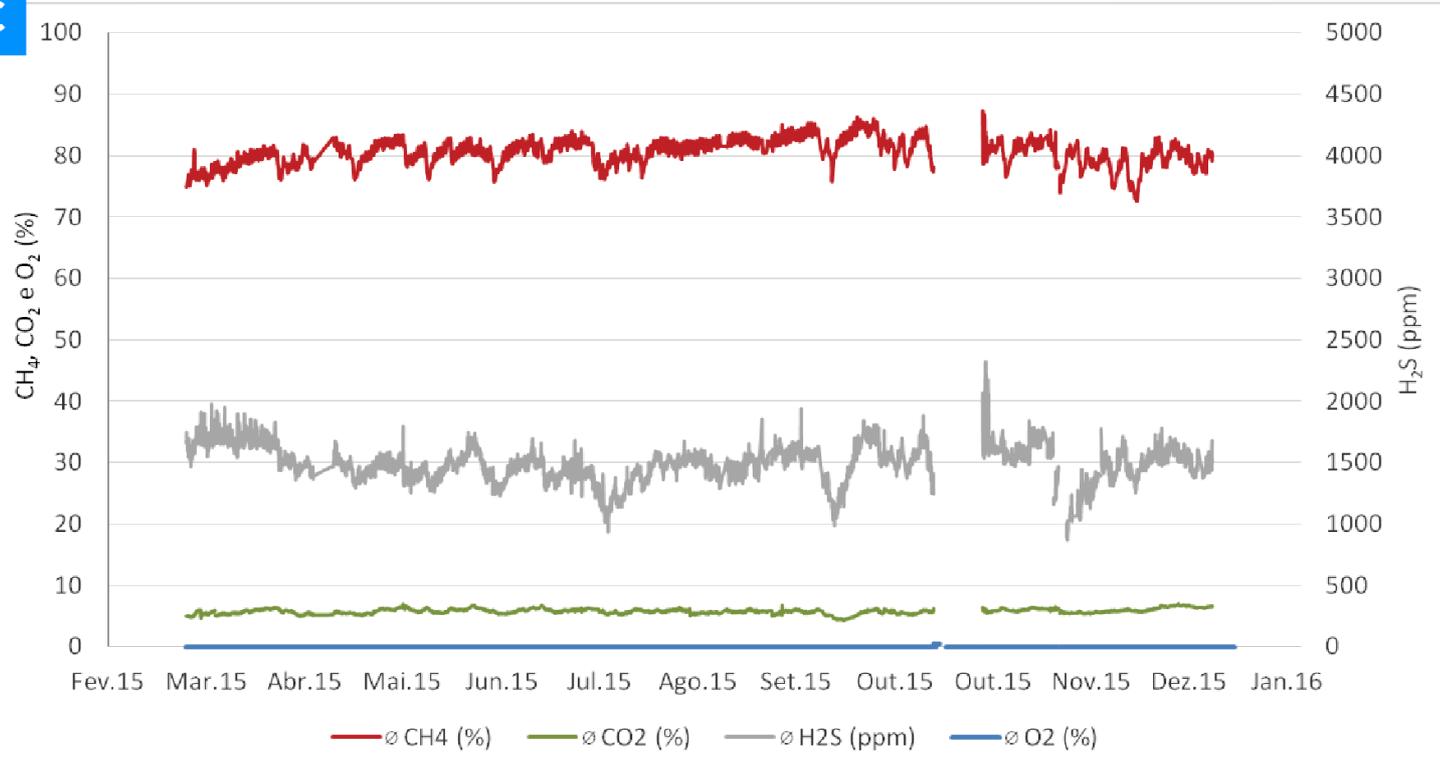
Séries históricas - Vazão de Esgoto e biogás



- Médias horárias
- Conjunto de **dados elevado**
- **Variações** ao longo do **tempo** e de **estação para estação**
- Trechos em **branco** = períodos que **foram excluídos** da análise
- **Picos horários** de produção de gás

Séries históricas – Composição do Biogás

ETE C



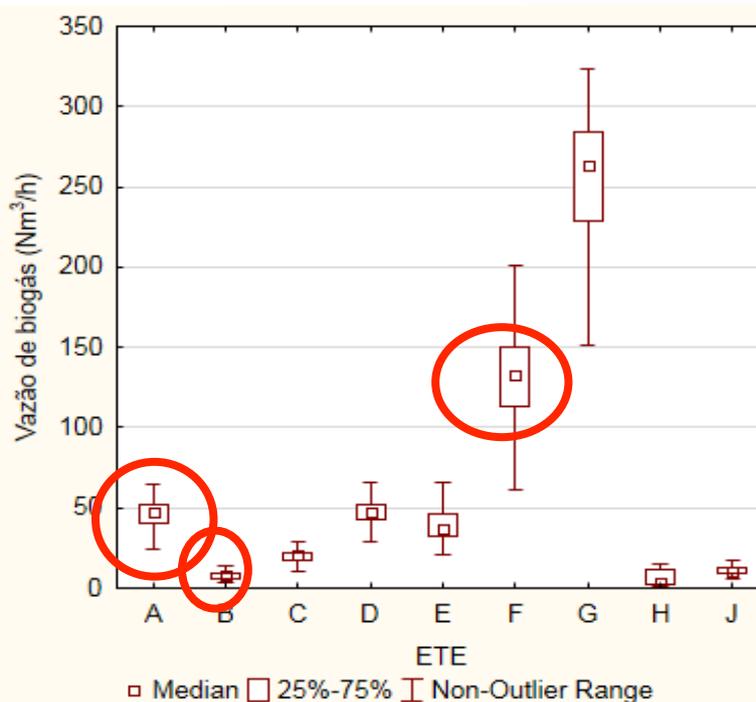
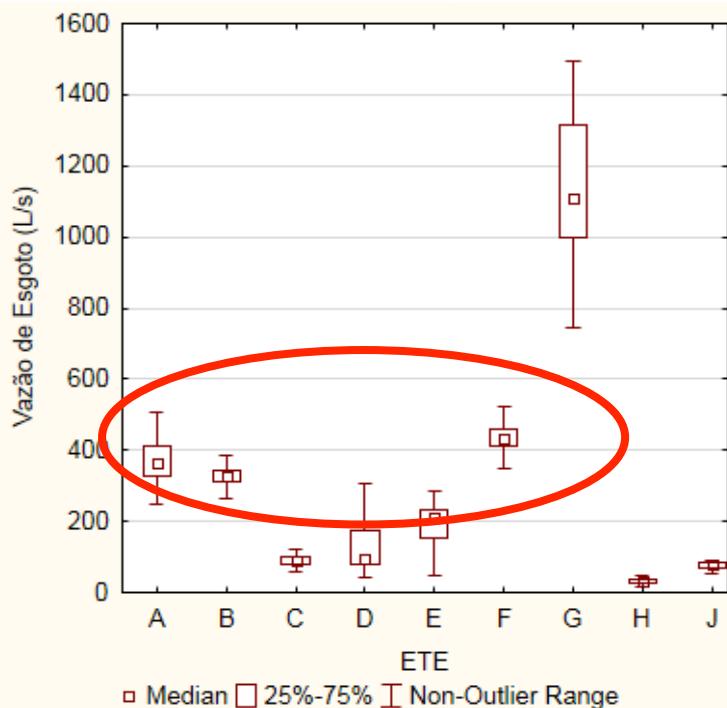
- Médias horárias

- O₂, CO₂ e CH₄ = pouca variação.

- H₂S = maior variação.

- Períodos em branco = entrada de ar

Box – plot - Vazão de Esgoto e biogás



- Não existe uma correspondência clara entre a vazão de esgoto que está sendo tratada e a vazão de biogás (A e F).
- Variação na produção de gás para estações de porte similares.

Fatores :

- Concentração do esgoto afluente;
- Cargas orgânicas volumétricas,
- Eficiências (temperatura, controle e rotina operacional, projeto)
- Estado atual das instalações (vazamentos, estado do separador trifásico)

Diferentes fatores - UASB



Acumulação de espuma

Corrosão

- Sistema de alimentação
- Separador trifásico

- Emissão de odor
- Variação da vazão

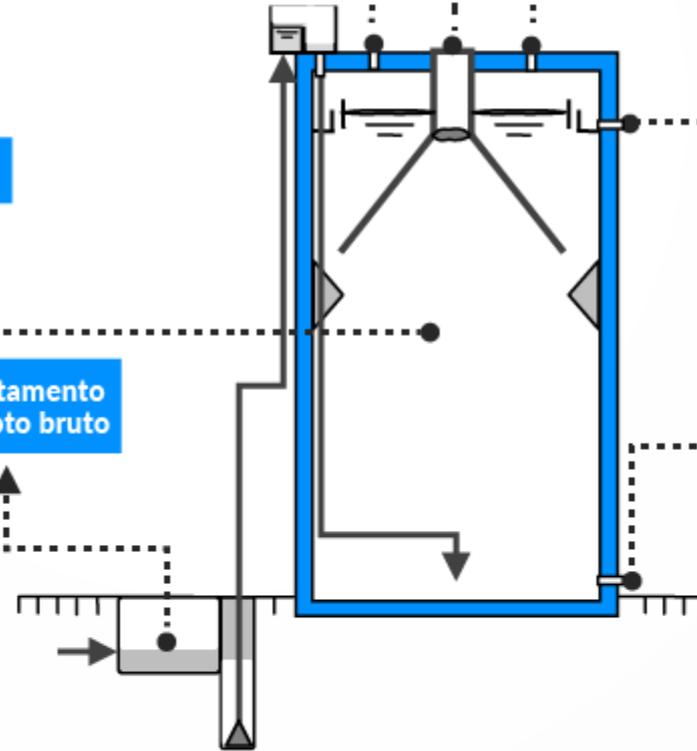
Passagem de sólidos

- Passagem de óleos e graxas



Reator

Pré-tratamento do esgoto bruto



Biogás e gás residual

Emissão de odor
Emissão de GEE

- Recuperação de energia
- Corrosão



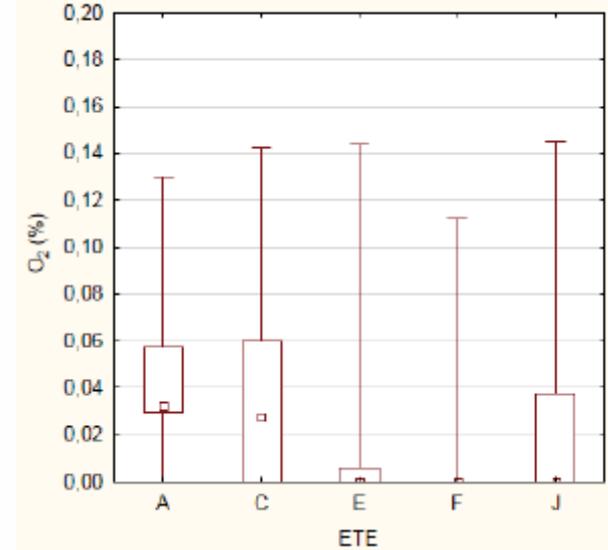
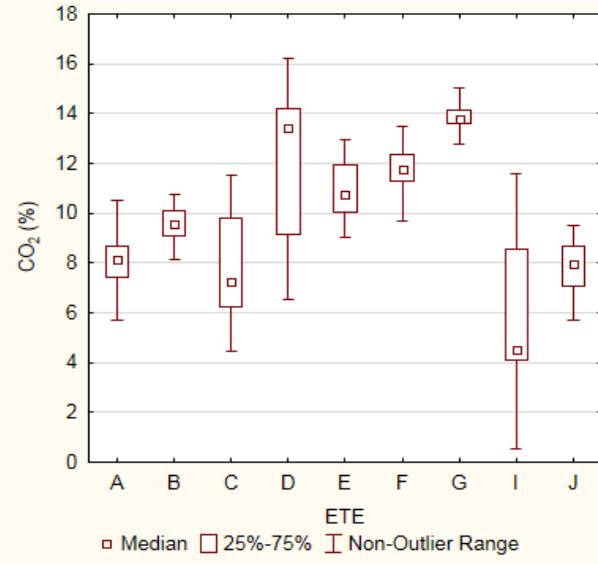
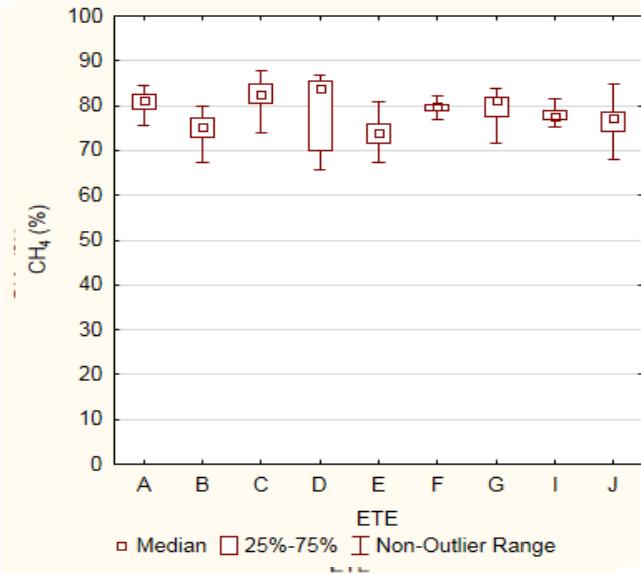
Biogás e gás residual

- Carbono residual
- Nutrientes
- Patógenos
- Surfactantes
- Emissão do odor
- Emissão de GEE

Lodo

- Recuperação de nutrientes
- Eliminação de patógenos
- Presença de areia e detritos
- Desidratação

Box – plot - Composição do biogás



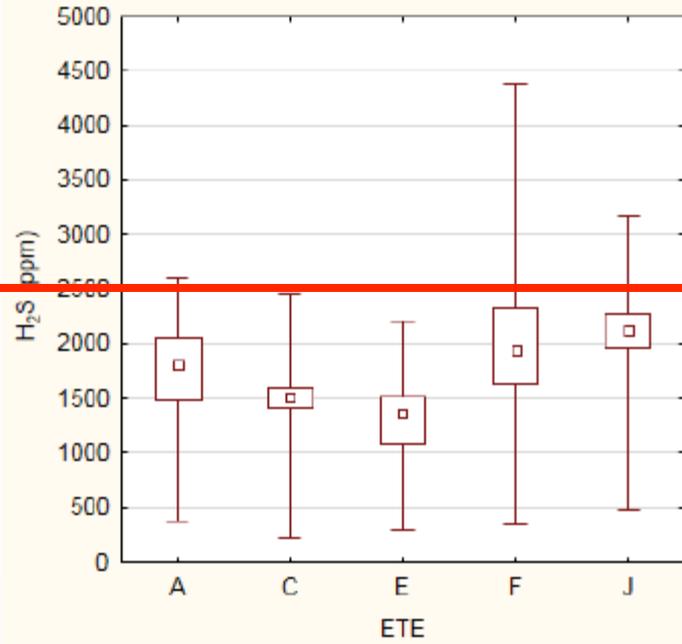
■ Médias:

CH₄: 72% a 81%, CO₂: 8%, O₂: 0 a 0,2%,

■ **CH₄ + CO₂ < 100% (em torno de 92%).**

Literatura: N₂ de 10 a 25%

Box – plot - Composição do biogás



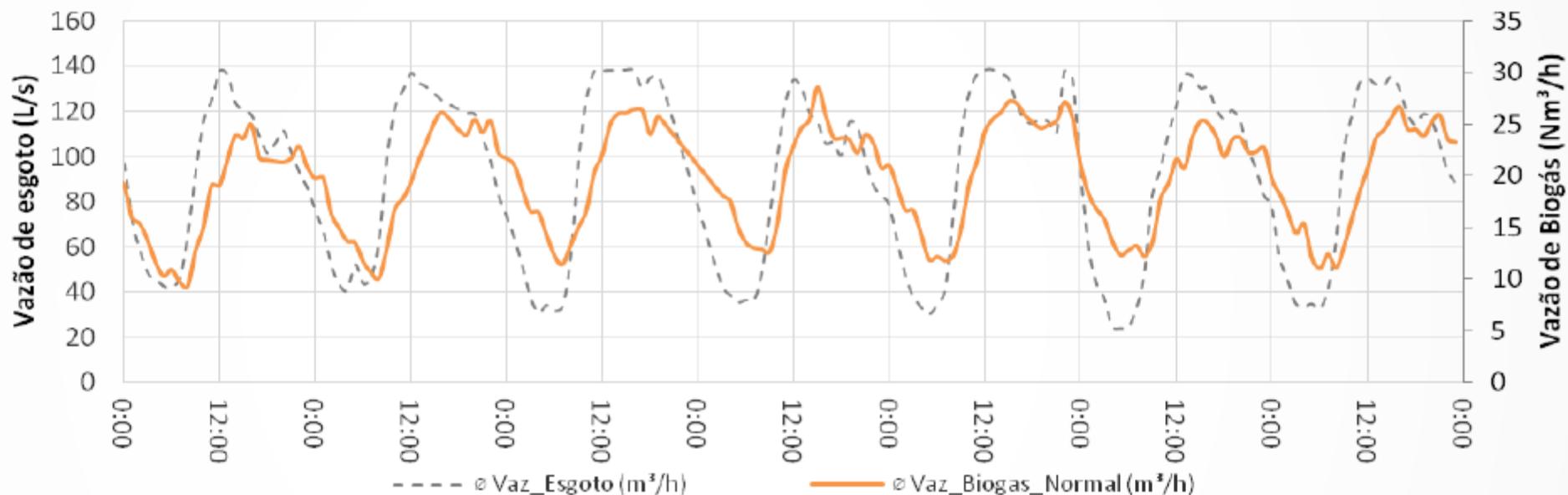
H₂S: maior variação de **225 a 4500 ppm**, com **médias entre 1500 a 2000 ppm**

 necessidade de **tratamento**

75% abaixo de 2400 ppm

2500 ppm  Tratamento principal

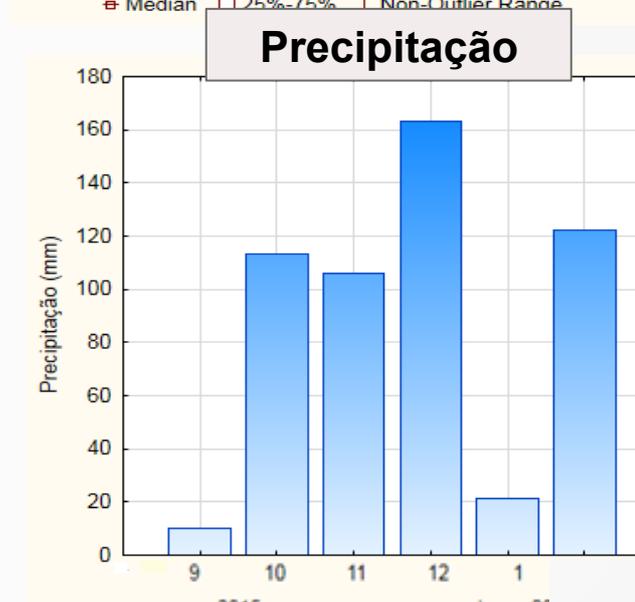
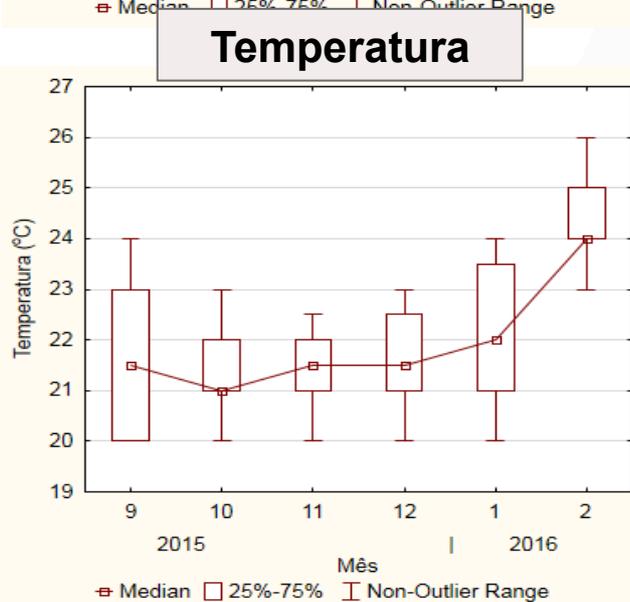
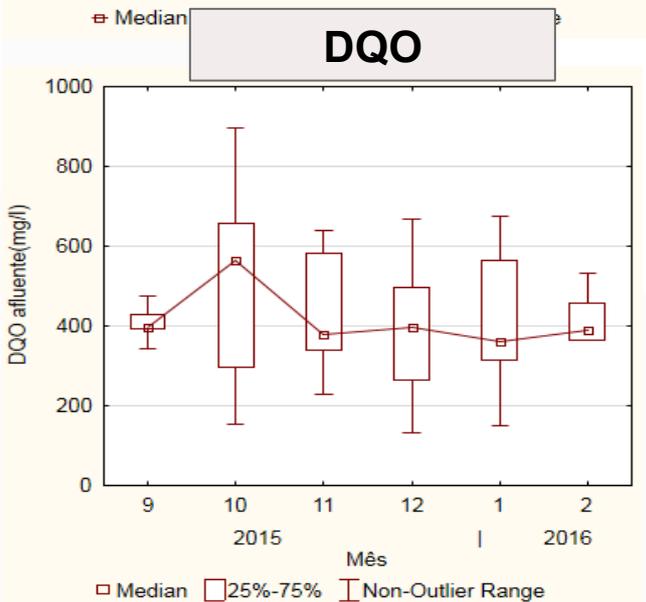
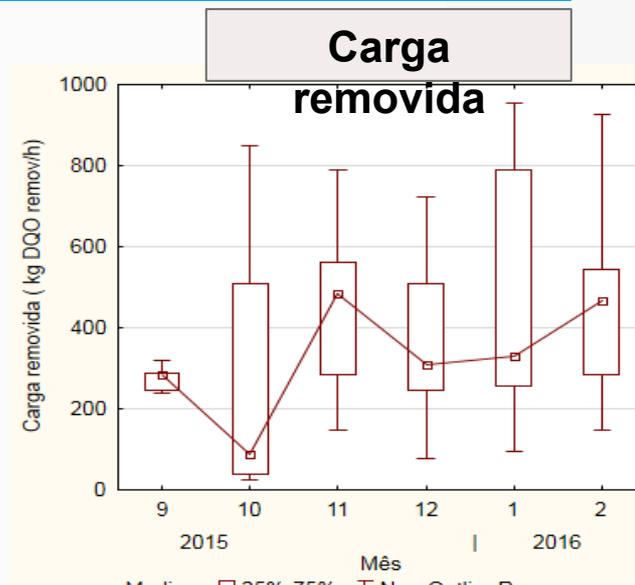
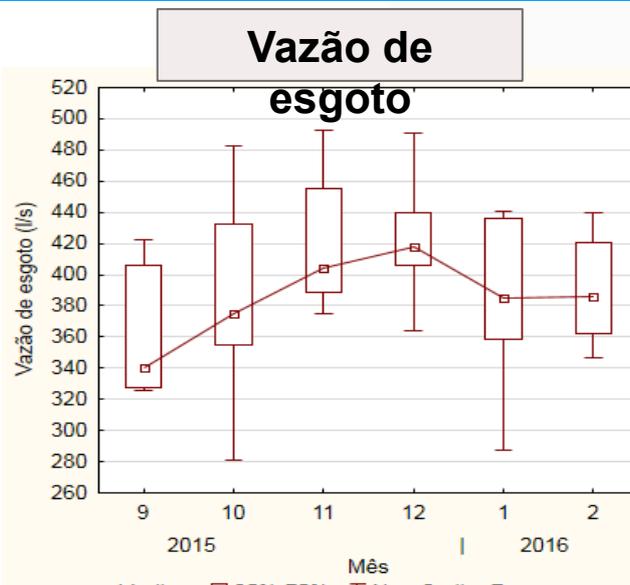
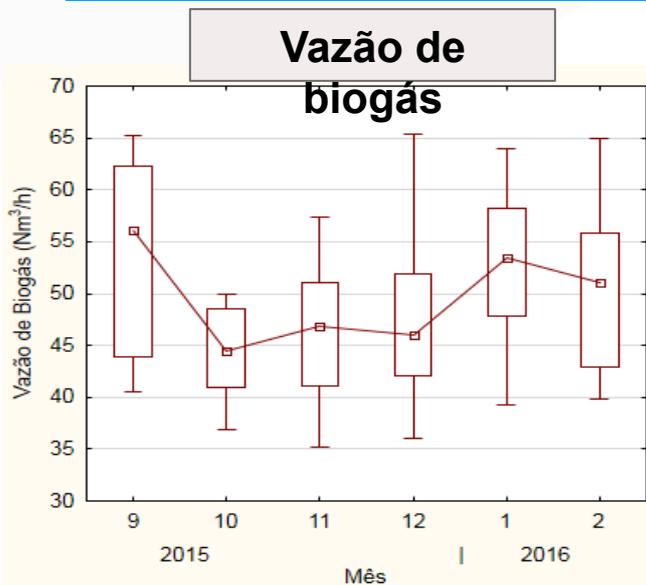
Produção horária de biogás



- $\Delta t = 1$ dia, assim como reportado por Possetti et al. (2013).

Vazão de biogás: Máximas entre 15 a 18 horas e mínimo de 07 a 10 horas 3 horas após os máximos e mínimos da vazão de esgoto
 Ao contrário do encontrado por Possetti et al. (2013), que reportou vazões máximas de biogás entre 0 e 2 horas e mínimas entre 12 e 14 horas (ao contrário do hidrograma da vazão de esgoto).

Análise de fatores de influência – ETE A



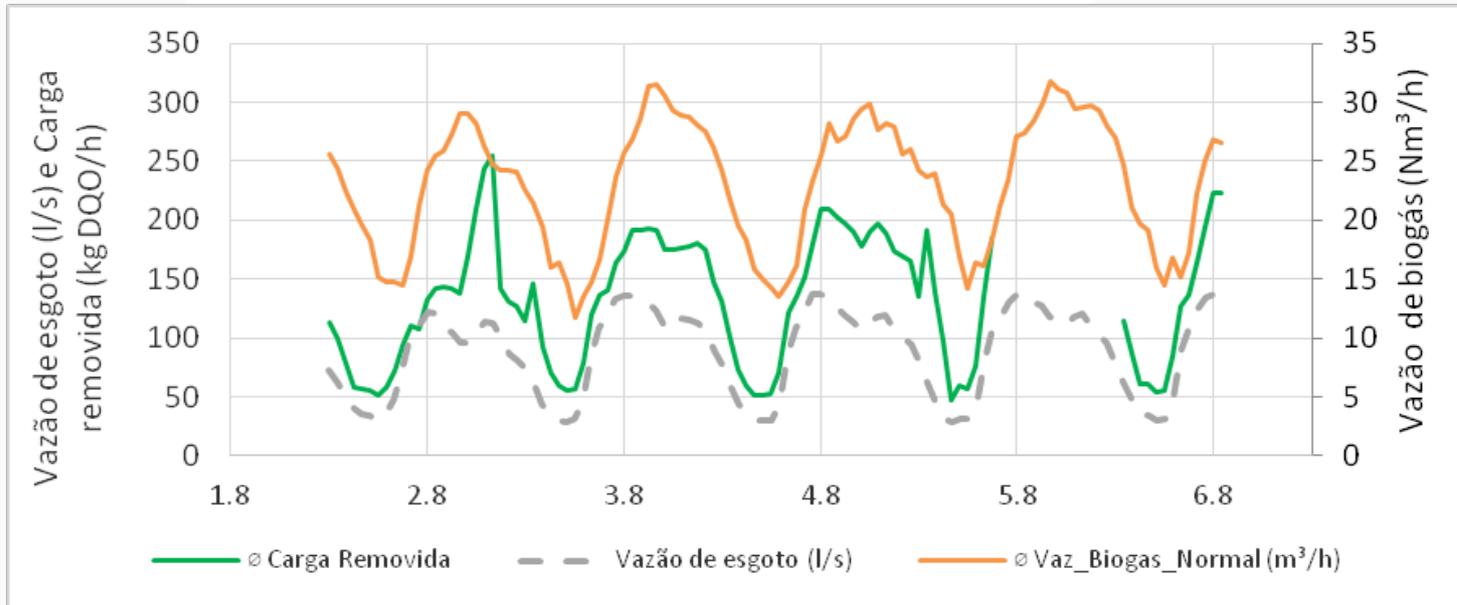
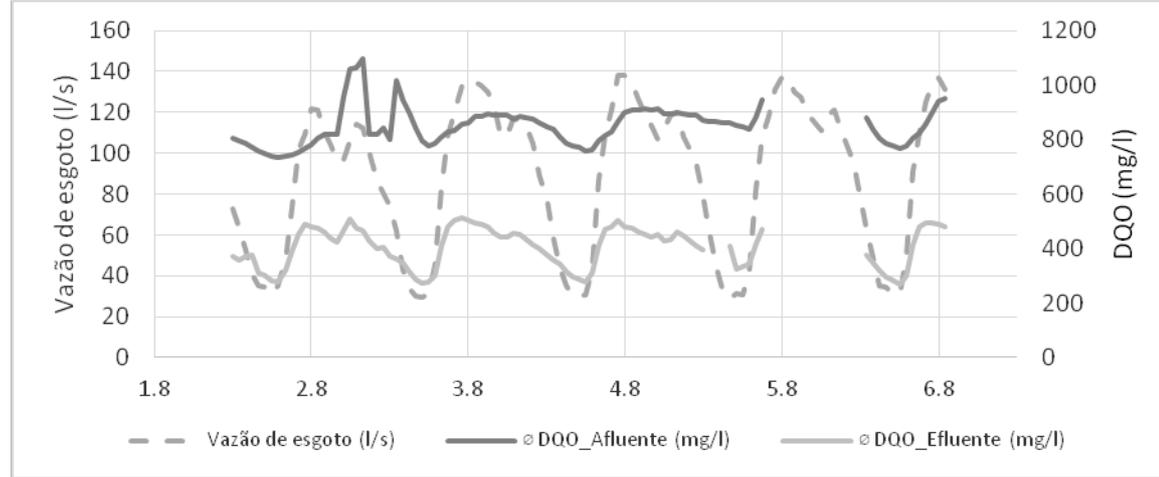
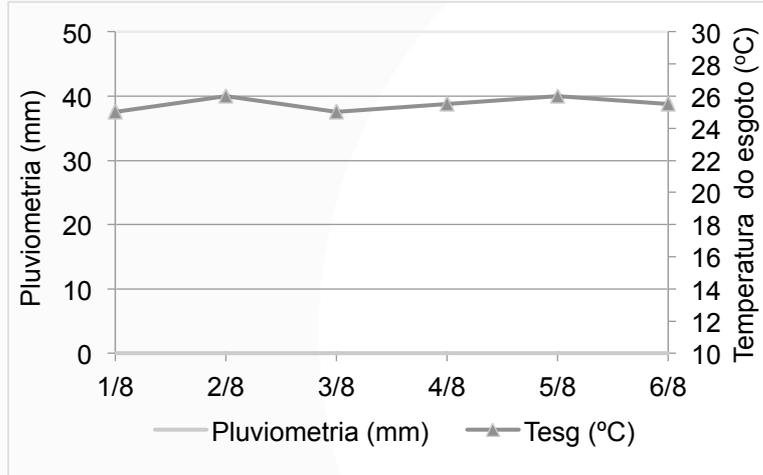
Matriz de correlações entre as variáveis - ETE A

PARÂMETRO	Vazão de Biogás
Vazão de esgoto	↓
Precipitação	↓
DQO afluente	↑
Carga removida	↑
Temperatura	■

Método de Spearman, significância ao nível $p < ,05000$ (5%).

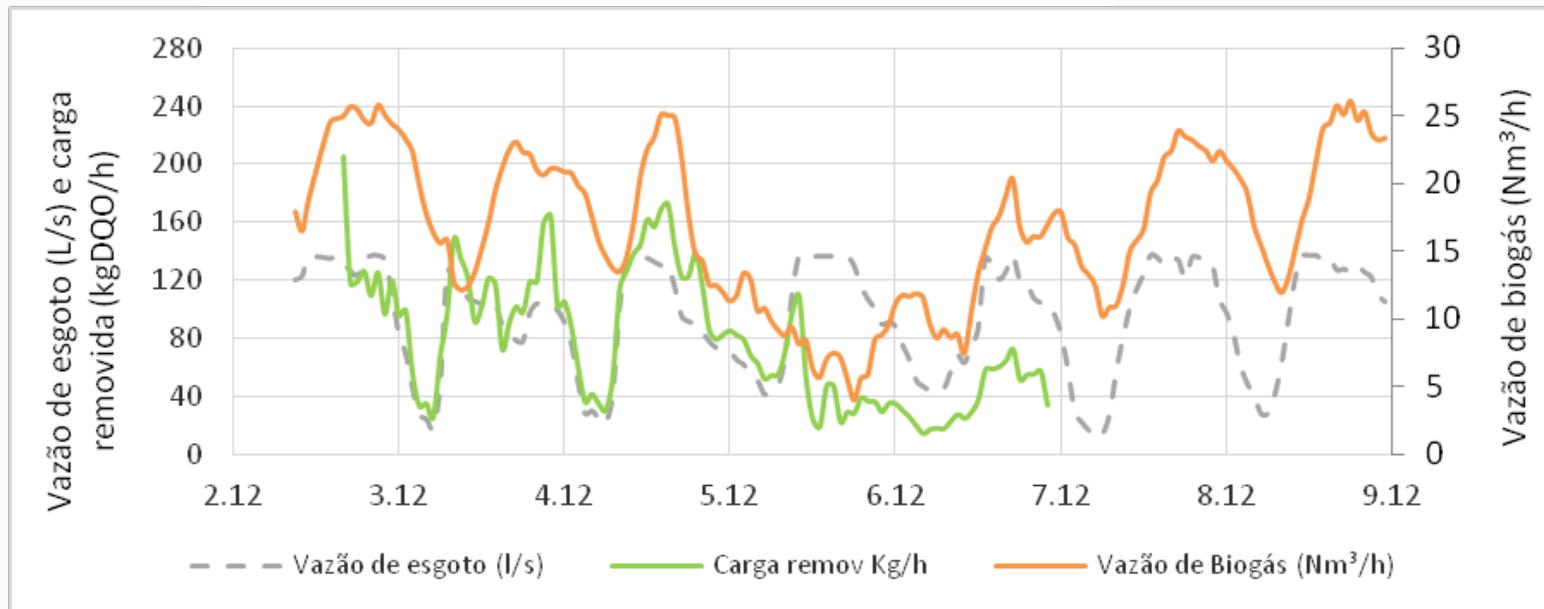
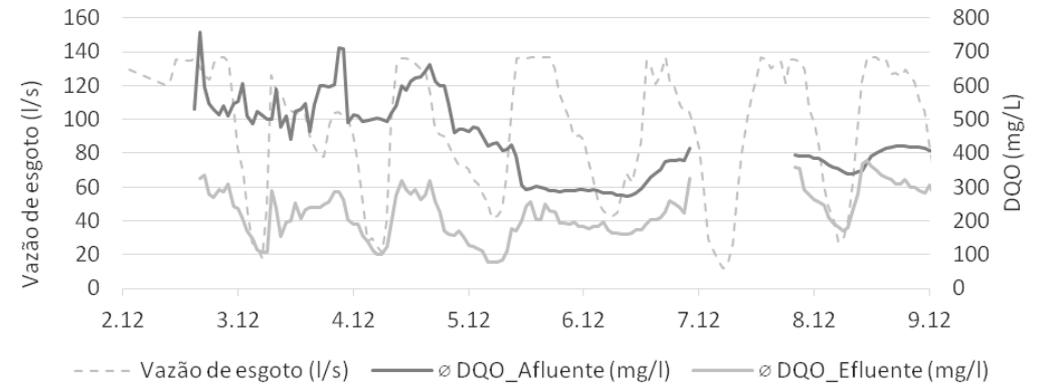
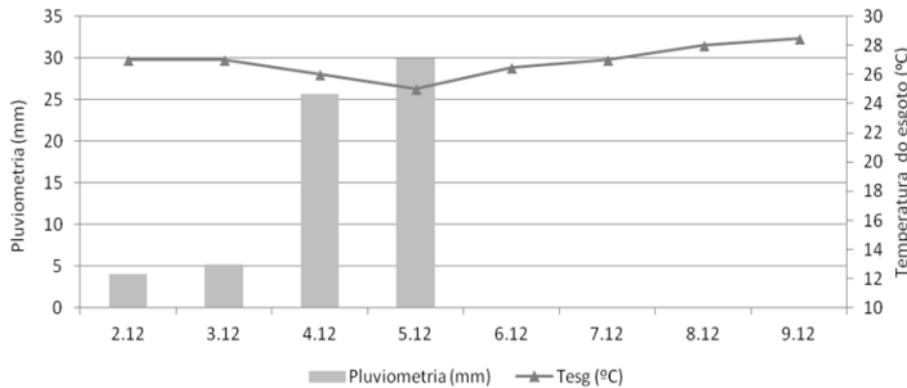
Análise de fatores de influência – ETE C

Período de estiagem

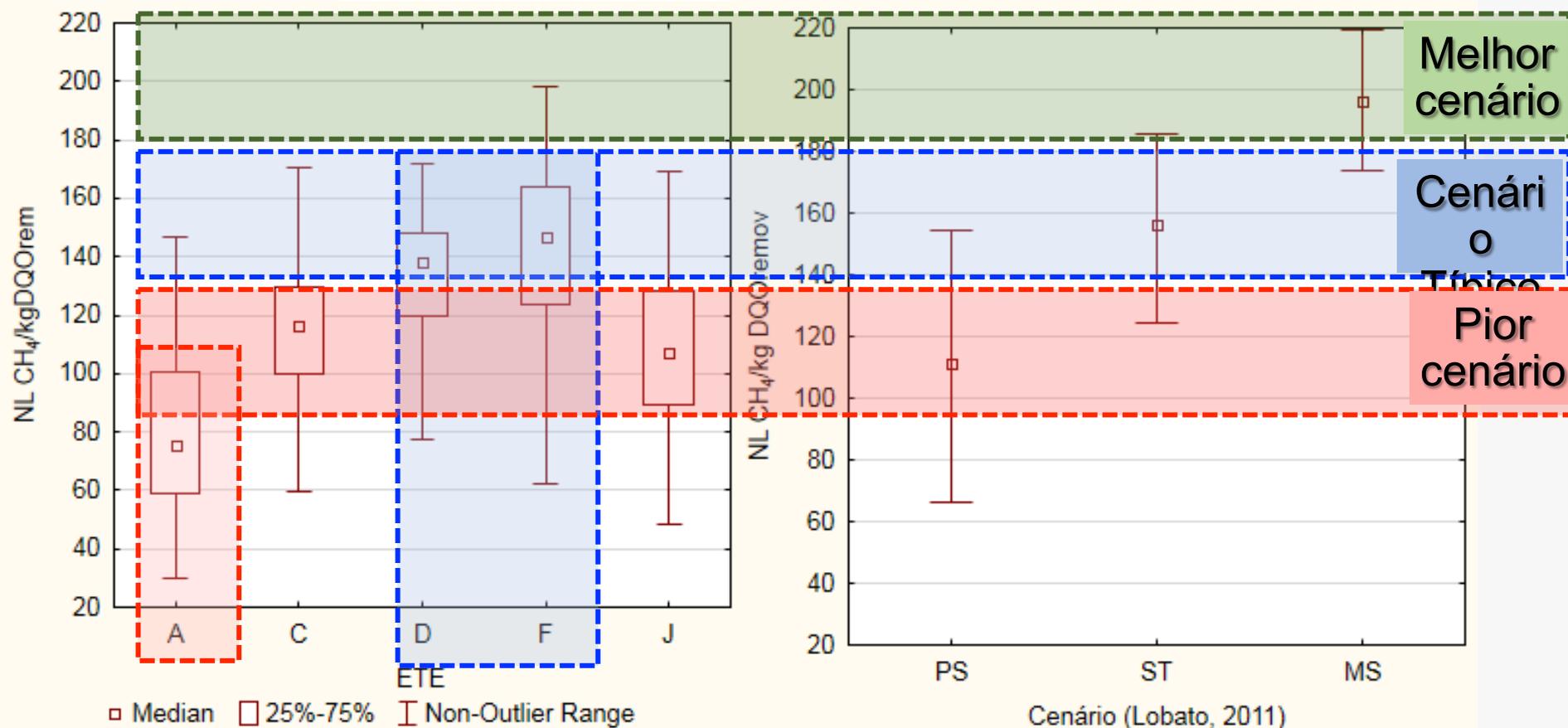


Análise de fatores de influência – ETE C

Período com chuvas



Relações unitárias

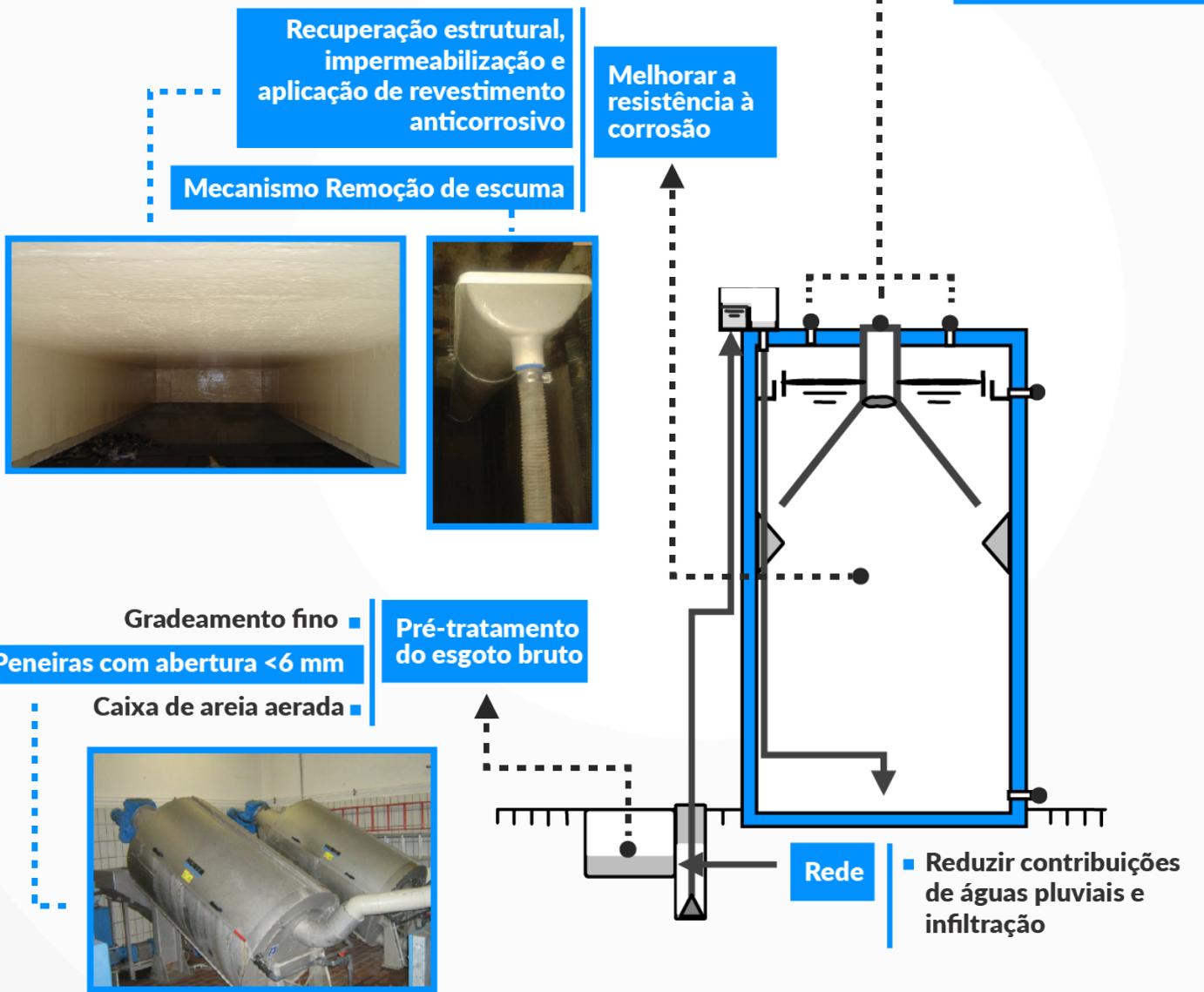


Relações unitárias

ETE	NL CH ₄ . kgDQO _{remov} ⁻¹	Classificação ¹	Reator	Detecção de vazamentos	DQO (mg/l)	Eficiência de remoção de DQO ²	Temp. (°C)
F	142,4	ST	UASB	Baixa	720	DQOf = 88%	23
D	133,8		UASB	Baixa	1270	DQOf = 80%	24
C	114,5	PS	RALF	Média	520	DQOf = 85%	29
J	108		UASB	Média	400	DQOf = 85%	28
A	80,8	APS	UASB	Elevada	504	DQOf = 63%	20

¹ Classificação: ST = Situação típica, PS = Pior Situação, APS = Abaixo da pior situação

Melhorias Necessárias



Deteção de vazamentos

Tampas com vedação adequada

Tubulação de coleta - material apropriado



Potencial de geração de energia e potência do motogerador

ETE	Potência instalada (kWel)		Diferença	%
	Situação atual	Situação típica		
A	134	302	168	125%
C	57	88	31	54%
D	122	-	-	0%
F	397	-	-	0%
J	33	52	19	58%

Vazão e composição do biogás

Produção de Biogás

- **Variação** espacial e temporal.
- Eventos de **chuva** significativa **diminuíram** a produção de biogás.

Composição do Biogás

- **%CH₄** pouca variação temporal e espacial
- 50% dos resultados entre **77** e **82 %**.
- Aproveitamento em **CHP**.
- Teor de H₂S variação diária e de estação para estação
- 75% dos resultados até **2000 ppm**.

Necessidade de tratamento do biogás.

Potencial de geração de energia e emissões

Emissões de biogás para a atmosfera

- Necessidade de **reformas** nos reatores do Brasil
- **Mudanças** nos **novos projetos**.
- **Desperdício** de um potencial **energético**, e **emissão** de um **gás de efeito estufa** (CH_4) e de **efeito odorante** (H_2S).



Reformas para atingir situação típica.

- **918.920 tCO₂** de **redução das emissões** em UASB no Brasil

Potencial de geração de energia

energia

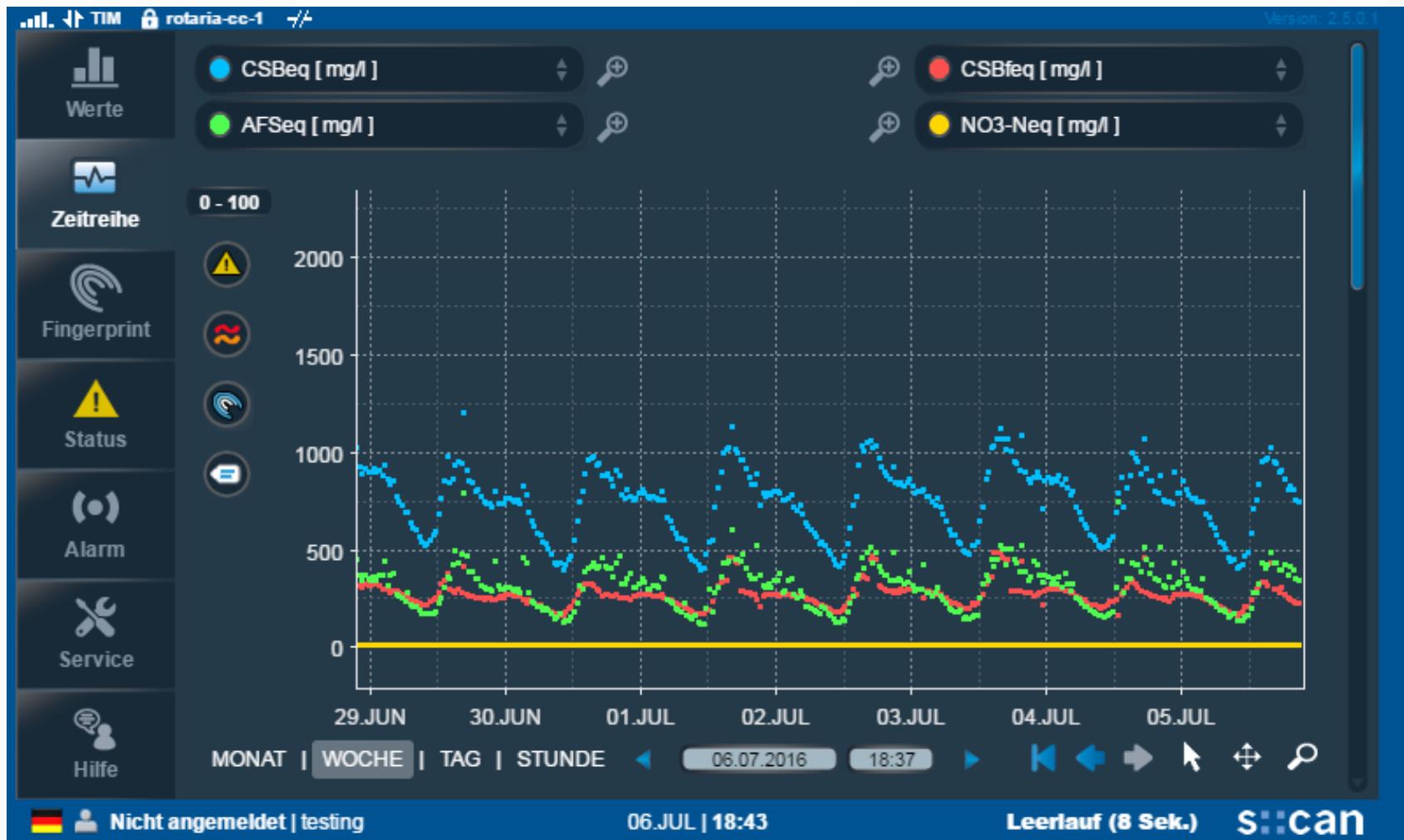
Produção de biogás e energia

- Atingir **17 l/hab.d**, **89 l/m³** de esg e **179 l/kg DQO**removida.
- Geração de energia elétrica específica de **17,8 kWh/hab.a.**

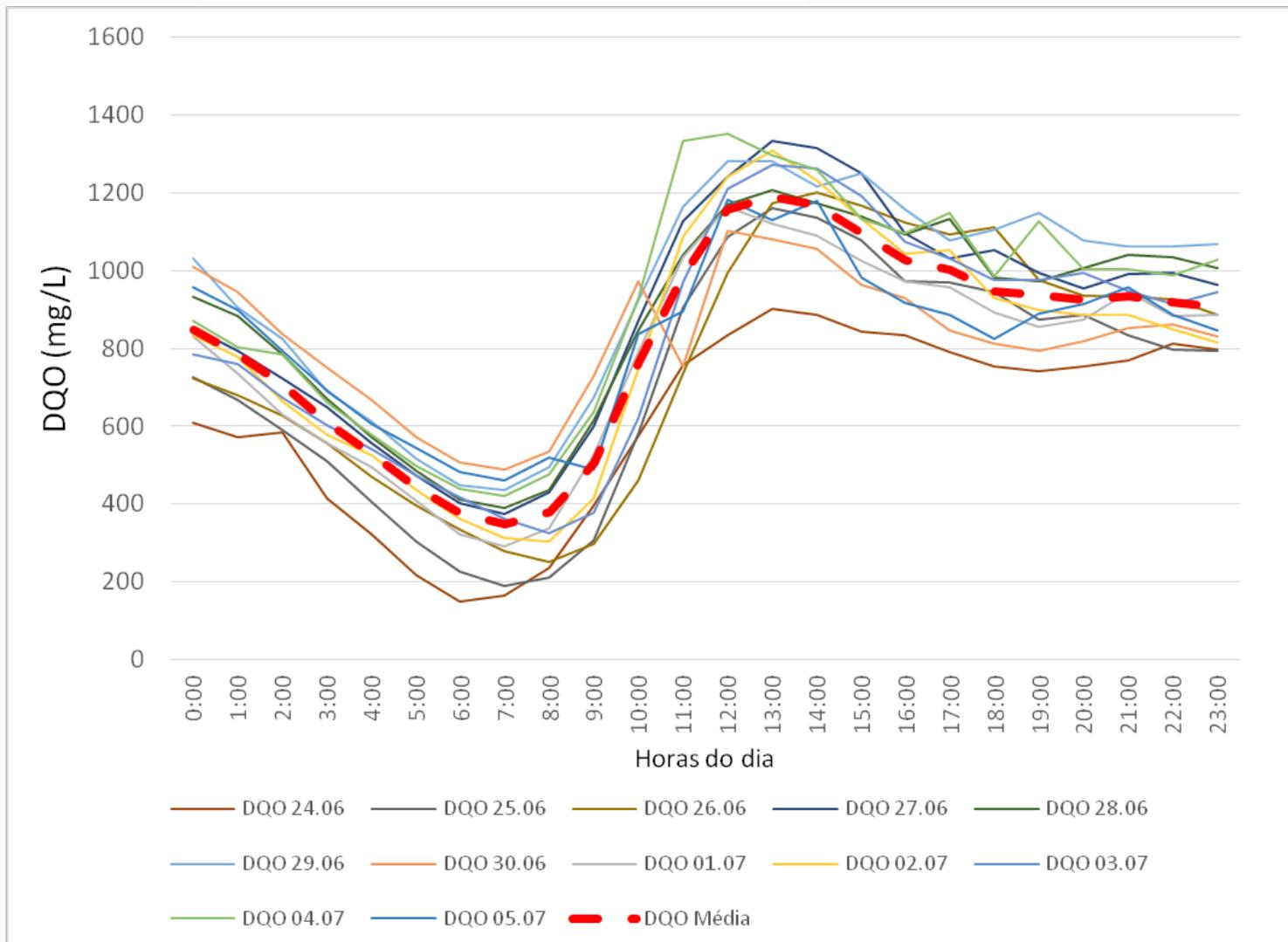


- Potência instalada de **20,4 kW** a cada **10 mil** habitantes equivalentes.

Sonda de DQO



Sonda de DQO



Curvas de calibração para a sonda de DQO

Com **curvas de DQO** de entrada e saída bem desenvolvidas



Será possível obter **dados confiáveis de DQO removida** e chegar a uma **análise multivariada** relacionando **todos os parâmetros**

Agradecimentos

Probiogás

Ministério das Cidades;

GIZ;

Águas do Brasil;

CAESB;

COPASA;

SAAE Itabira;

SABESP;

SANASA;

SANEPAR;

SANESUL; e

SeMAE Rio Preto.

Principais Referências

BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Probiogás. **Tecnologias de digestão anaeróbia com relevância para Brasil** / Probiogás; Organizadores, Ministério das Cidades, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ); Autores: Carolina Cabral ... [et al.]. – Brasília, DF : Ministério das Cidades, 2015d. Disponível em

<http://www.cidades.gov.br/saneamento-cidades/probiogas/publicacoes/publicacoes-do-probiogas>

CABRAL, B. G. C.; PLATZER, C. J.; ROSENFELDT, S.; HOFFMANN, H.; CHERNICHARO C.A.L. **Caracterização do biogás gerado no tratamento de efluentes domésticos em reatores UASB no Brasil**. 28º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2015.

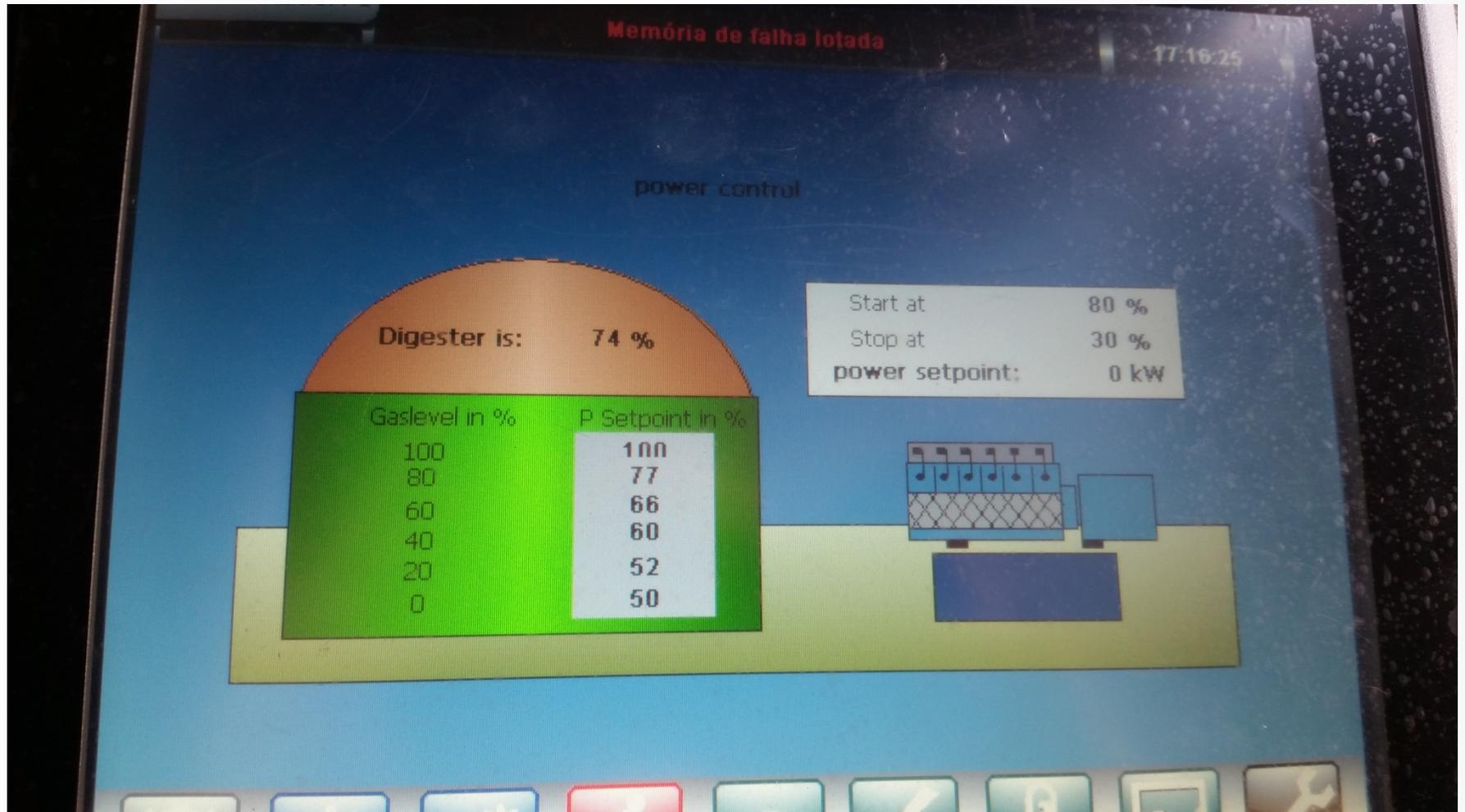
CABRAL, B. G. C.; PLATZER, C. J.; CHERNICHARO C.A.L.; HOFFMANN, H.; BELLI FILHO, P. **AVALIAÇÃO DO BIOGÁS PRODUZIDO EM REATORES UASB EM ETE**. XX Exposição de Experiências Municipais em Saneamento . 2016 – Jaraguá do Sul – SC – Brazil. http://sistema.trabalhosasemae.com.br/repositorio/2016/10/anais/ANAIS_20_EEMS_ASSEMAE.pdf

CABRAL, B. G. C. **Avaliação da produção de biogás para fins energéticos em reatores anaeróbios tratando esgoto sanitário**. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental - UFSC. Florianópolis. 2016.

PLATZER, C. J. **AVALIAÇÃO DO BIOGÁS PRODUZIDO EM REATORES UASB - Resultados Preliminares do Projeto de Medições**. Painel Tema 10 - Biogás de reatores anaeróbios: Estado da arte no Brasil Apresentação disponível em <http://www.assemae.org.br/palestras/item/1555-tema-10-biogas-de-reatores-anaerobios-estado-da-arte-no-brasil>.

ROSENFELDT, S.; CABRAL, C. B. G. ;PLATZER, C. J.; HOFFMANN, H.; ARAUJO, R.A. **Avaliação da viabilidade econômica do aproveitamento energético do biogás por meio de motor-gerador em uma**

Obrigada pela atenção!



Carolina Cabral
carolina@rotaria.net
(48) 3234 3164

PROBIOGÁS



Por meio de:

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Ministério das
Cidades

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA