



A utilização do biogás em ETE no Brasil é viável?
O potencial de aproveitamento na realidade brasileira.

Christoph Platzer



Já existem projetos no Brasil!

Exemplo – Digestores de lodo



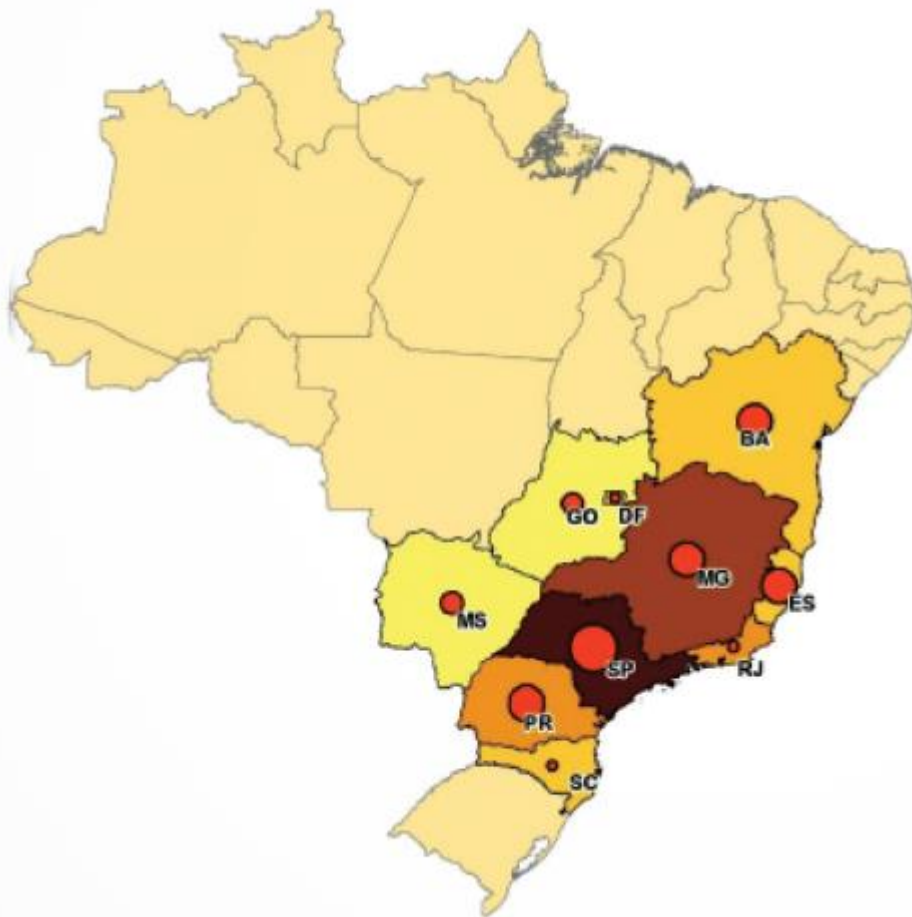
ETE Ribeirão Preto/SP
1,5 MW
desde 03/2011

Exemplo – UASB



ETE Jacuípe II/BA
200kW
PE: 100.000 hab

Potencial: Reatores UASB no Brasil

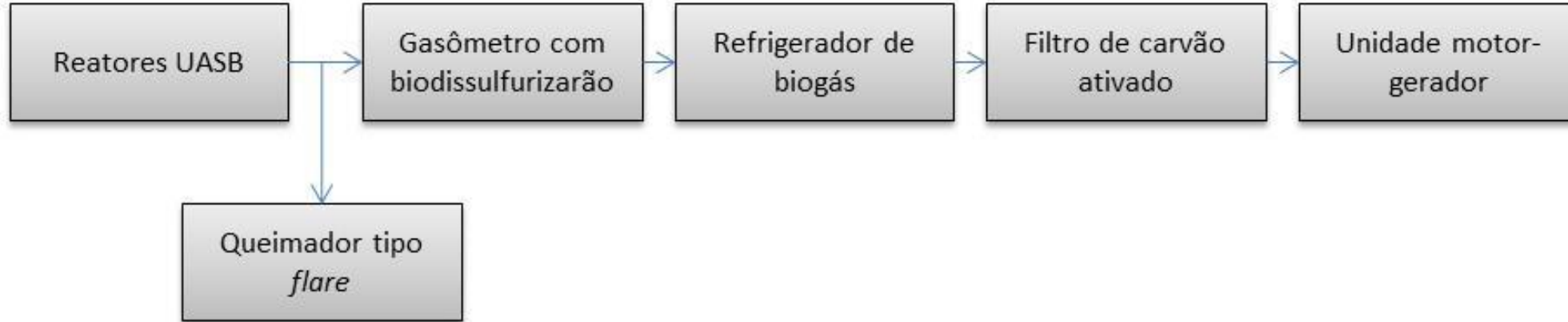


■ Reatores UASB

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

(CHERNICHARO, et al. 2015)

ETE Jacuípe II – Bahia -P&D ANEEL



ETE Jacuípe II – Bahia -P&D ANEEL

GASÔMETRO



BIOGÁS



TRATAMENTO DO GÁS

MOTOR GERADOR DE ENERGIA - 200 kW



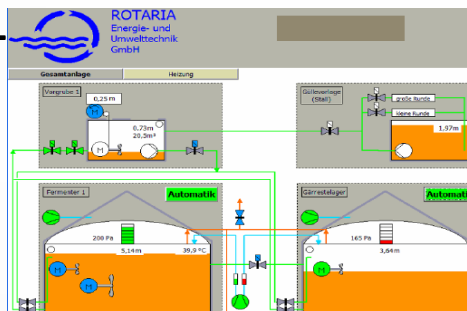
Reatores UASB

PE = 100.000 hab.

4.800 kWh/d



MEDIÇÃO ONLINE VISUALIZAÇÃO EM TEMPO REAL



Carga Orgânica Afluyente ao reator UASB

- 97.200 contribuintes
- Contribuição per capita 97 g_{DQO}/(hab.d)
- Eficiência de remoção da DQO de 65 %

Produção de biogás nos reatores UASB

- Concentração de CH₄ de 70 %
- Perda de biogás de 25 %

Transformação Energética

- Eficiência elétrica do motor-gerador de 38 %
- Disponibilidade técnica de 8.000 h/a
- Funcionamento contínuo

Cálculo da viabilidade

- Vida útil conforme literatura específica (SANDER, 2003)
- Taxa de juros real de 2,20 %
- Taxa cambial de R\$ 3,20 por EURO

- Sistema de coleta e queima de biogás não foi considerado nos cálculos
- Levantamento de **custos reais da aquisição, importação e instalação** do sistema de aproveitamento de biogás
- Cálculo do custo anual equivalente

$$CAUE = I \cdot f_{CAE} = I \cdot \frac{(1+i)^n \cdot i}{(1+i)^n - 1}$$

CAUE	– Custo anual uniforme equivalente;
I	– Investimento em R\$;
i	– taxa de juros real em %;
n	– vida útil em anos.

- **Receita (benefício)** calculada com base na produção de energia elétrica → **Custo evitado**
 - Considerando a tarifa incidente na unidade
 - Com desconto de 15 % para saneamento
 - Com impostos (ICMS e PIS/COFINS)
 - Considerando produção contínua de energia elétrica

$$\bar{T} = \frac{7.980 \text{ h} \cdot T_{fp} + 780 \text{ h} \cdot T_p}{8.760 \text{ h}} = \text{R\$ } 0,3615 \text{ /kWh}$$

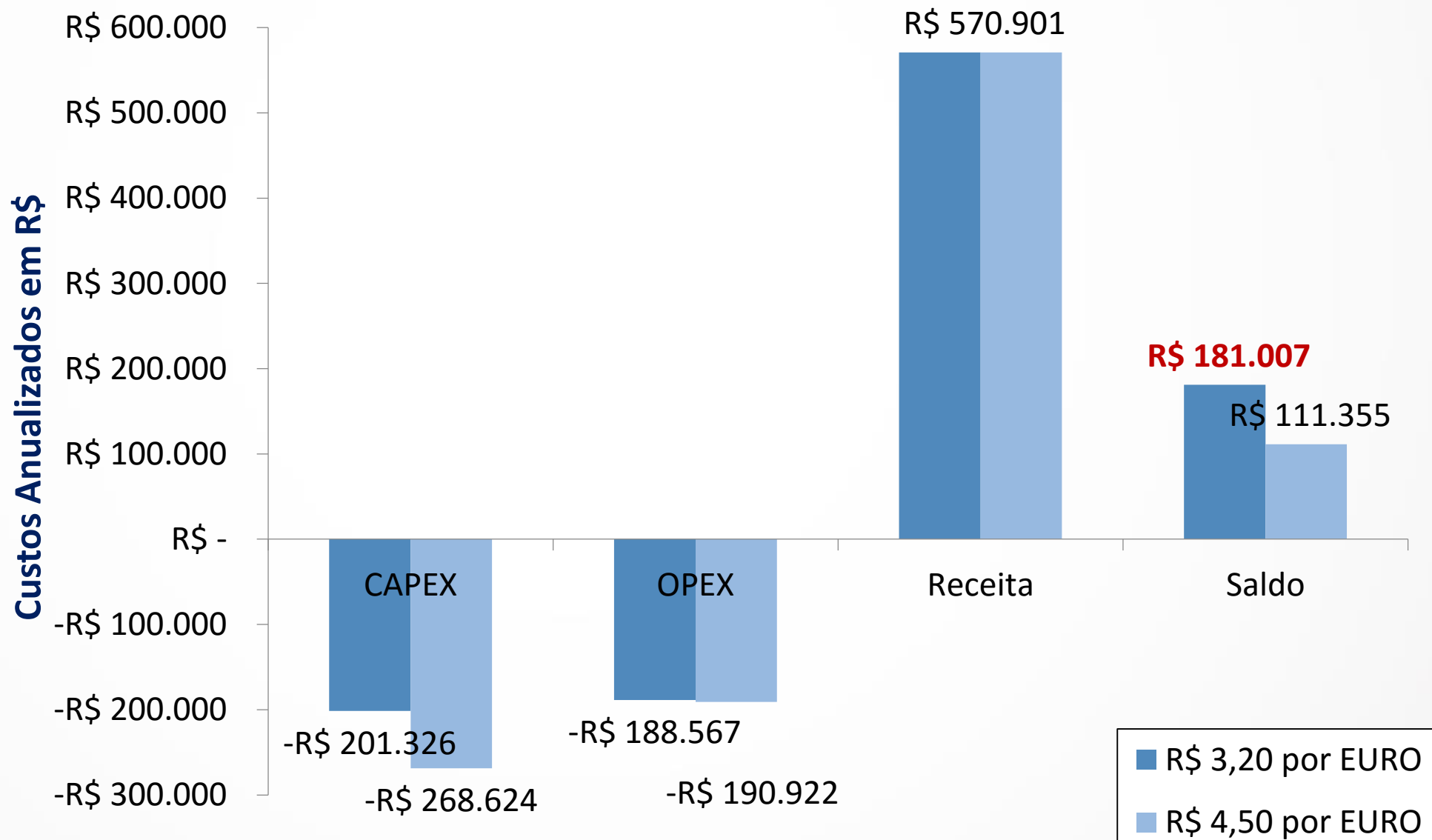
T – Tarifa média;

T_{fp} – Tarifa fora da ponta;

T_p – Tarifa da ponta.

- **Receita** de **R\$ 570.900 por ano** e **R\$ 5,873/(hab.a)**

Viabilidade econômica



Viabilidade econômica

Item	Custo em R\$	Custo em %	Vida útil em anos	CAUE em R\$	CAUE per capita em R\$
Elaboração do Projeto	68.402	3%	10	7.695	0,079
Unidade Motor- Gerador	1.417.659	56%	15	111.988	1,152
Sistema de Tratamento de Biogás	185.779	7%	10	20.899	0,215
Gasômetro	269.887	11%	15	21.320	0,219
Sistema de captação de biogás	115.272	5%	10	Não considerado	0,000
Sistema de transporte de biogás	71.470	3%	10	8.040	0,083
Instalações Elétricas	196.136	8%	20	12.228	0,126
Medição de vazão de biogás	35.700	1%	8	4.916	0,051
Medição de composição de biogás	103.435	4%	8	14.242	0,147
Sistema de queima	80.568	3%	8	Não considerado	0,000
TOTAL	2.544.309	100%		201.326	2,071

- ETE Jacuípe II: a instalação de sistema de aproveitamento energético mostrou-se **economicamente viável** com um **saldo** de **R\$ 181.007** por ano e **R\$ 1,86/hab.ano**
- **Aumento da eficiência energética** com viabilidade econômica - **TIR** de **13,2 %**
- **Energia térmica** representaria um **potencial financeiro** de cerca de **R\$ 225.000**, considerando o custo evitado com combustível para operação do secador



Fonte: Energie-Atlas Bayern (2015)



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**).

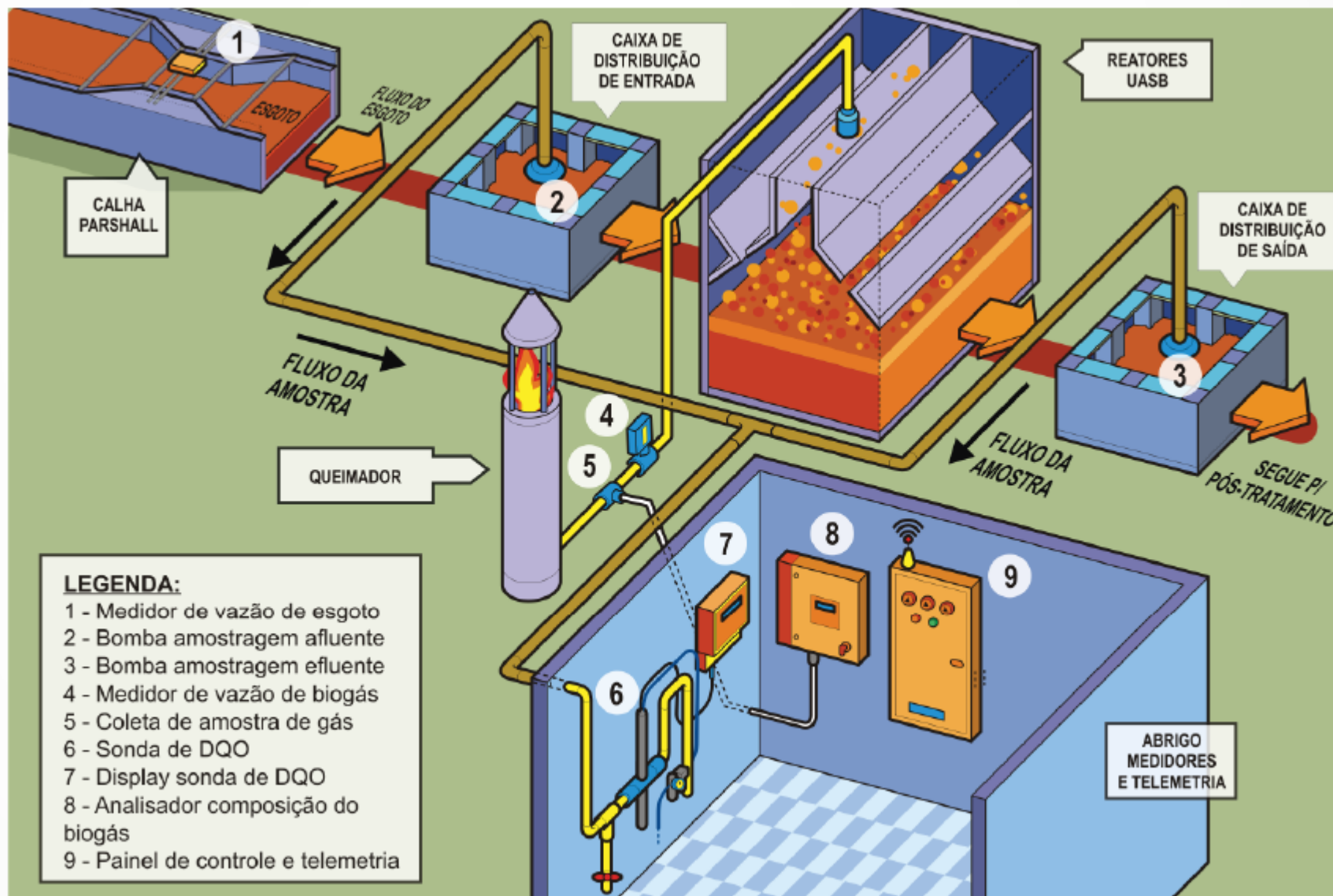


ETEs selecionadas

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

Os parâmetros básicos medidos nas ETEs que integram a pesquisa são:

- Vazão de esgoto;
- Demanda Química de Oxigênio (DQO), na entrada e na saída dos reatores UASB;
- Vazão de biogás;
- Composição do biogás (CH_4 , H_2S , CO_2 , O_2).



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 do

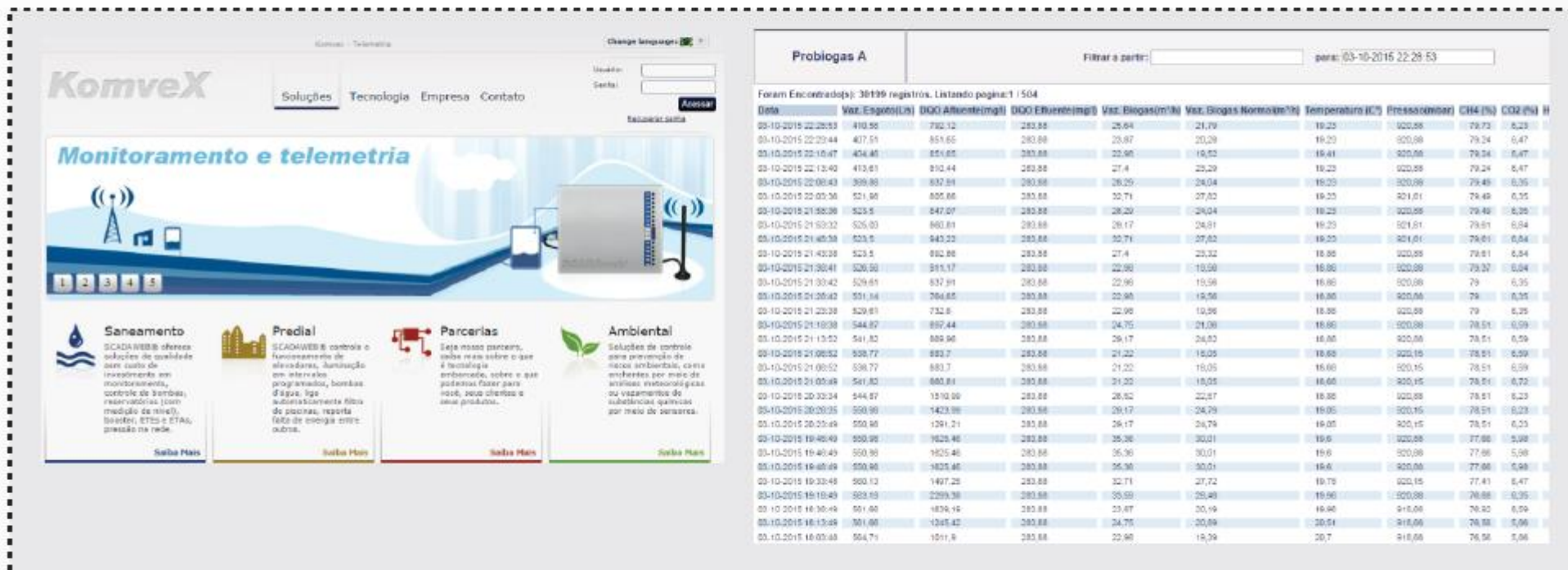


Quadro de medição da Union



Transmissão de dados - Scadaweb

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



KomveX Soluções Tecnologia Empresa Contato

Monitoramento e telemetria

Saneamento
SCADAWEB oferece soluções de qualidade em custo de investimento em monitoramento, controle de bombas, reservatórios (com medição de nível), tanques, ETAs e ETAsU, pressão na rede.

Predial
SCADAWEB controla o funcionamento de elevadores, iluminação em intervalos programados, bombas d'água, liga automaticamente filtros de piscina, reporta falta de energia entre outros.

Parcerias
Seja nosso parceiro, seja mais ativo e use a tecnologia ambiental, sobre o que podemos fazer para você, seus clientes e seus produtos.

Ambiental
Soluções de controle para prevenção de riscos ambientais, com ênfase no meio de análise, epidemiológicas ou vazamentos de substâncias químicas por meio de sensores.

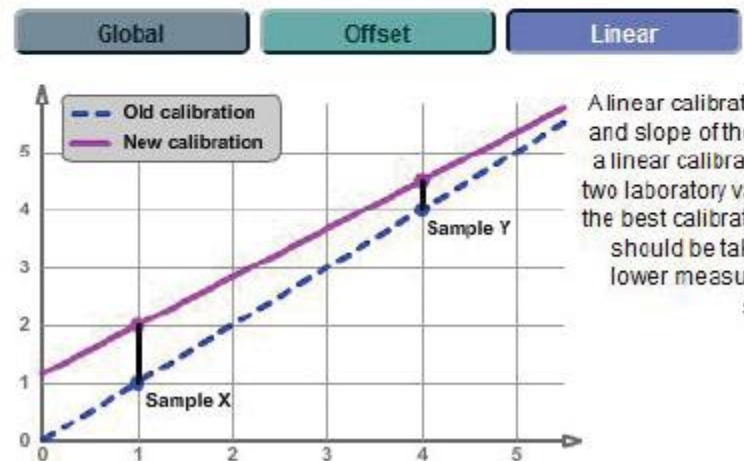
Probiogas A Filtar a partir: para: 03-10-2015 22:28:53

Foram Encontrados: 38139 registros. Listando página: 1 / 504

Data	Vaz. Esgoto(L/s)	DGO Alvejante(mg/l)	DGO Efluentes(mg/l)	Vaz. Biogas(m³/h)	Vaz. Biogas Normat(m³/h)	Temperatura (C)	Pressão(mmHg)	CH4 (%)	CO2 (%)
03-10-2015 22:28:53	410.98	792.12	283.88	28.84	21.79	19.23	920.88	79.73	8.23
03-10-2015 22:23:44	407.51	851.65	283.88	23.87	20.29	19.23	920.88	79.24	8.47
03-10-2015 22:18:47	404.85	851.65	283.88	22.88	19.32	19.41	920.88	79.24	8.47
03-10-2015 22:13:40	413.81	810.44	283.88	27.4	25.29	19.23	920.88	79.24	8.47
03-10-2015 22:08:43	399.88	832.91	283.88	28.25	24.04	19.23	920.88	79.48	8.35
03-10-2015 22:03:36	521.98	805.88	283.88	32.71	27.82	19.23	921.81	79.48	8.35
03-10-2015 21:58:38	525.5	847.07	283.88	28.29	24.04	19.23	920.88	79.48	8.35
03-10-2015 21:53:32	525.83	860.81	283.88	28.17	24.81	19.23	921.51	79.81	8.34
03-10-2015 21:48:38	523.5	843.23	283.88	32.71	27.82	19.23	921.81	79.81	8.34
03-10-2015 21:43:38	523.5	892.88	283.88	27.4	23.32	19.88	920.88	79.81	8.34
03-10-2015 21:38:41	526.98	915.17	283.88	22.98	19.59	19.88	920.88	79.37	8.34
03-10-2015 21:33:42	529.81	837.91	283.88	22.98	19.58	19.88	920.88	79	8.35
03-10-2015 21:28:42	531.14	784.85	283.88	22.88	19.58	19.88	920.88	79	8.35
03-10-2015 21:23:38	529.81	732.8	283.88	22.98	19.98	19.88	920.88	79	8.35
03-10-2015 21:18:38	544.87	897.44	283.88	24.75	21.08	19.88	920.88	78.51	8.59
03-10-2015 21:13:32	541.82	889.98	283.88	26.17	24.82	19.88	920.88	78.51	8.59
03-10-2015 21:08:32	538.77	892.7	283.88	21.22	18.05	19.88	920.18	78.51	8.59
03-10-2015 21:03:32	538.77	883.7	283.88	21.22	18.05	19.88	920.15	78.51	8.59
03-10-2015 21:05:49	541.82	880.84	283.88	21.22	18.05	19.88	920.15	78.51	8.72
03-10-2015 20:33:24	544.87	1310.88	283.88	26.52	22.87	19.88	920.88	78.51	8.23
03-10-2015 20:28:25	550.98	1423.98	283.88	29.17	24.79	19.88	920.15	78.51	8.23
03-10-2015 20:23:49	550.98	1291.21	283.88	26.17	24.79	19.88	920.15	78.51	8.23
03-10-2015 19:48:49	550.98	9828.88	283.88	35.38	30.01	19.6	920.88	77.88	5.98
03-10-2015 19:43:45	550.98	1825.48	283.88	35.38	30.01	19.6	920.88	77.88	5.98
03-10-2015 19:38:49	550.98	1825.48	283.88	35.38	30.01	19.6	920.88	77.88	5.98
03-10-2015 19:33:49	580.12	1497.28	283.88	32.71	27.72	19.79	920.15	77.41	6.47
03-10-2015 19:18:49	583.88	2293.38	283.88	35.59	28.48	19.98	920.88	78.88	8.35
03-10-2015 18:38:49	581.88	1834.18	283.88	33.87	30.19	19.98	918.88	78.88	8.59
03-10-2015 18:13:49	581.88	1245.42	283.88	24.75	20.89	20.51	918.88	78.88	8.98
03-10-2015 18:03:48	584.71	1011.8	283.88	22.98	19.29	20.7	918.88	78.58	8.98

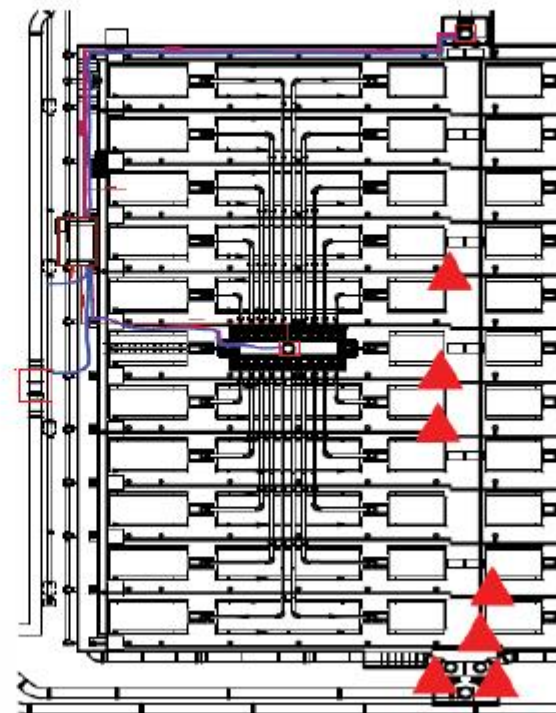
Acompanhamento no local – Cias de saneamento

- **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.



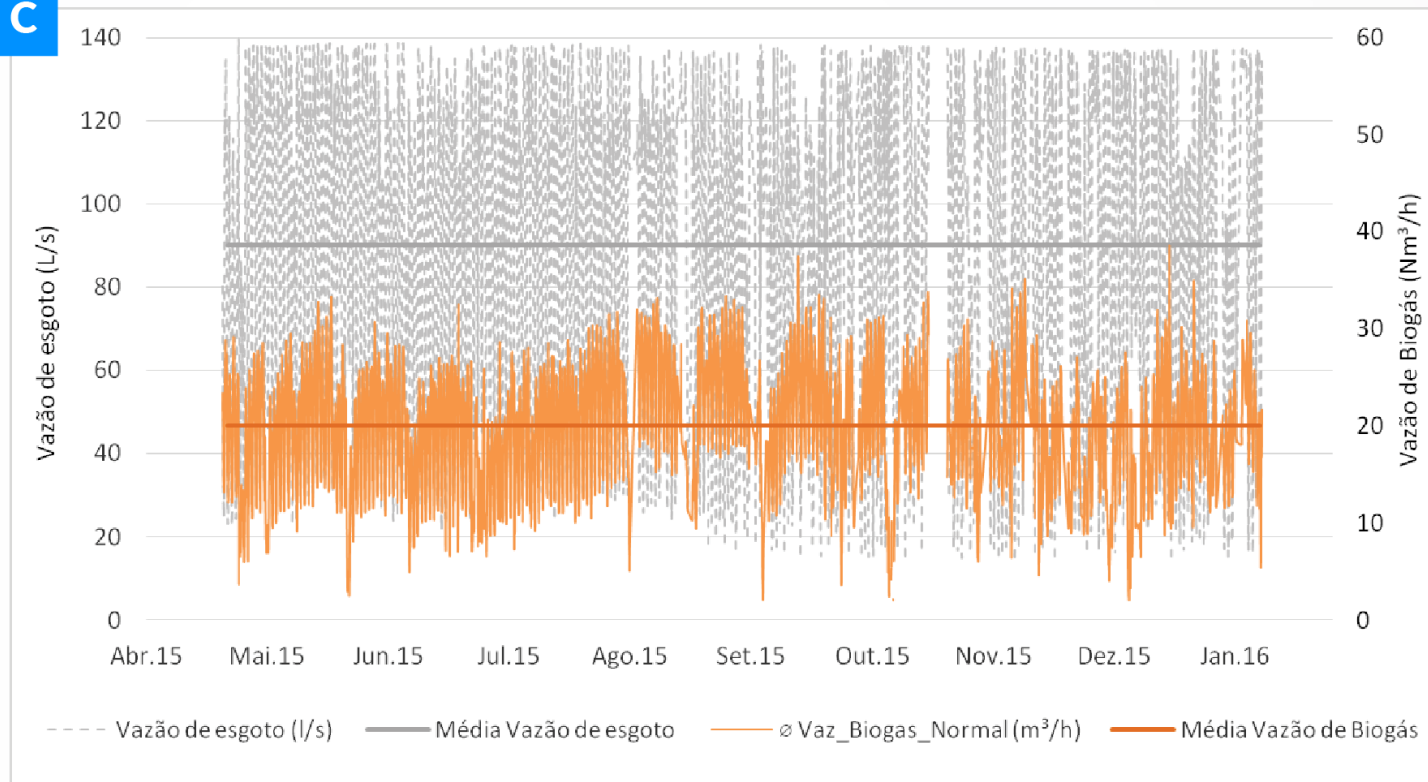
Detecção de vazamentos nos reatores UASB

- Detecção dos principais pontos de vazamento em reatores UASB



Séries históricas – Vazão de esgoto e biogás

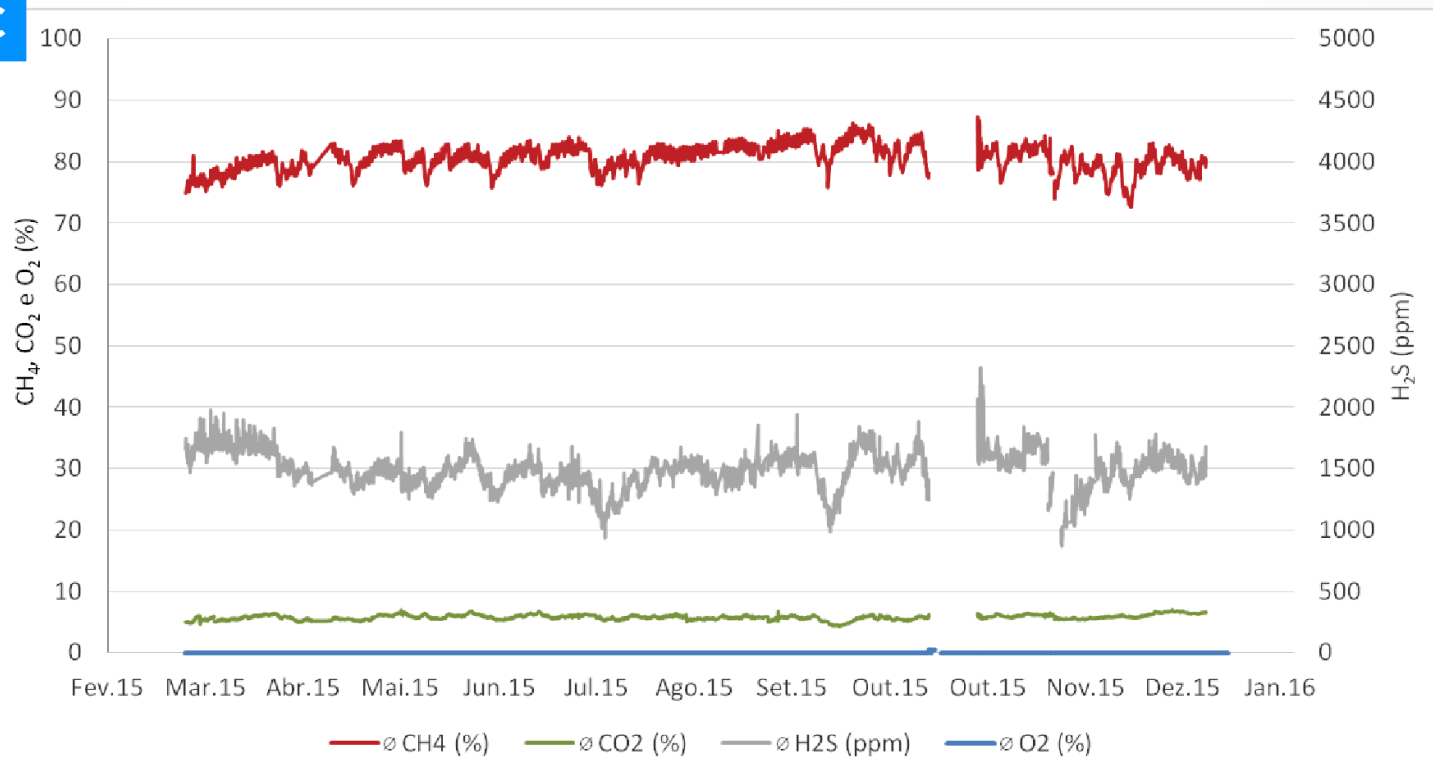
ETE C



- 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



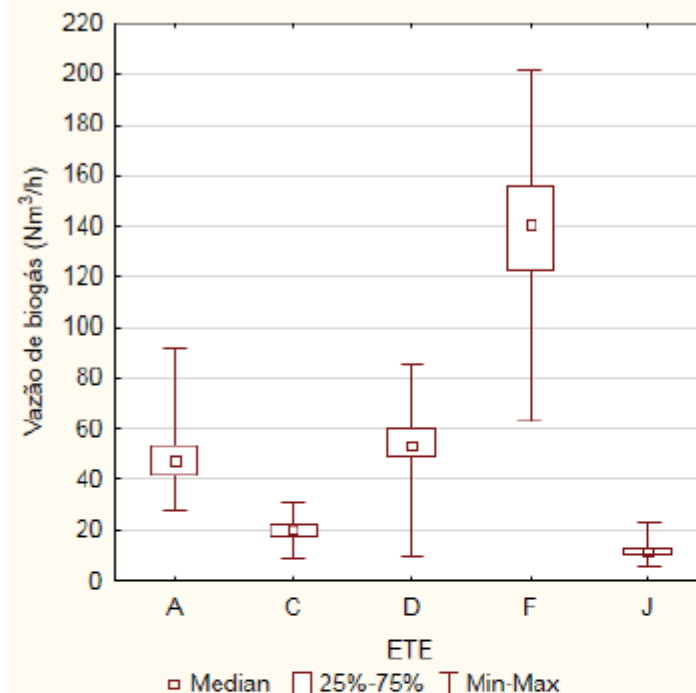
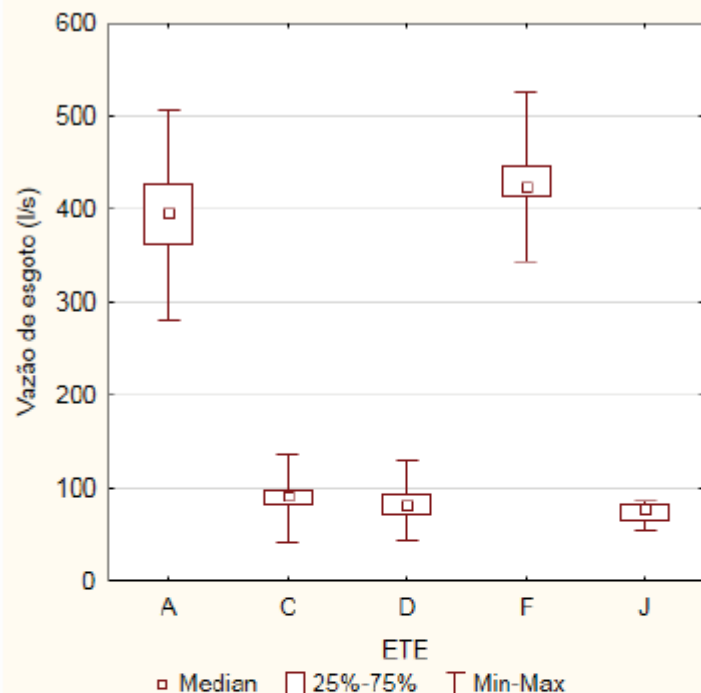
■ Médias horárias

■ Períodos em branco = entrada de ar

■ O₂, CO₂ e CH₄ = **pouca variação.**

■ H₂S = **maior variação.**

Box-plot – Vazão de esgoto e biogás

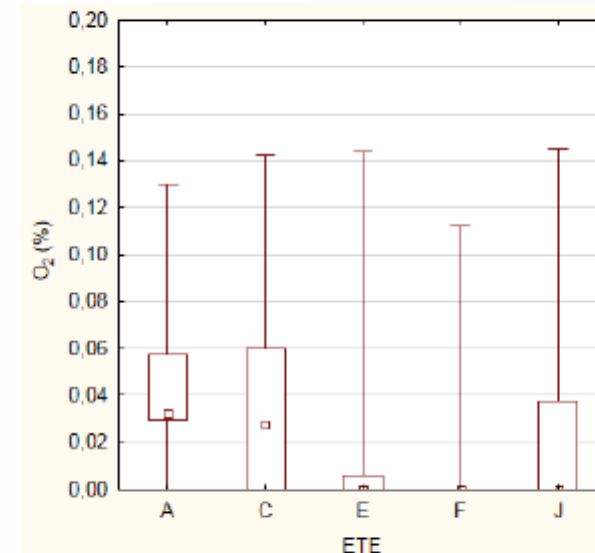
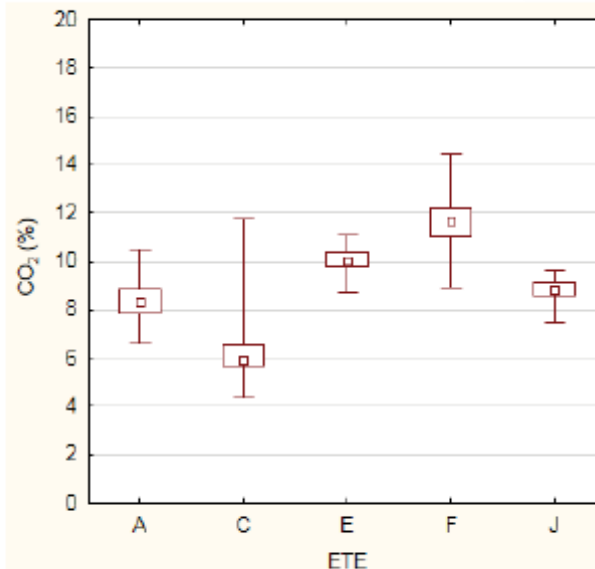
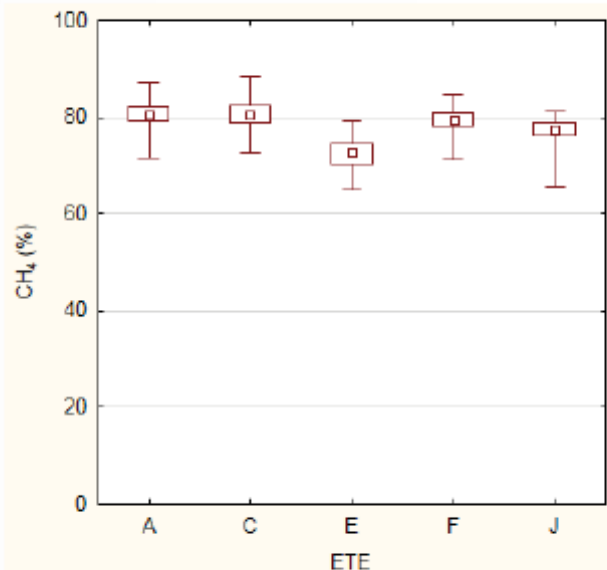


- Não existe uma correspondência clara entre a vazão de esgoto que está sendo tratada e a vazão de biogás (A e F).
- Variação na produção de gás para estações de porte similares.

Fatores :

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

Box-plot – Composição do biogás



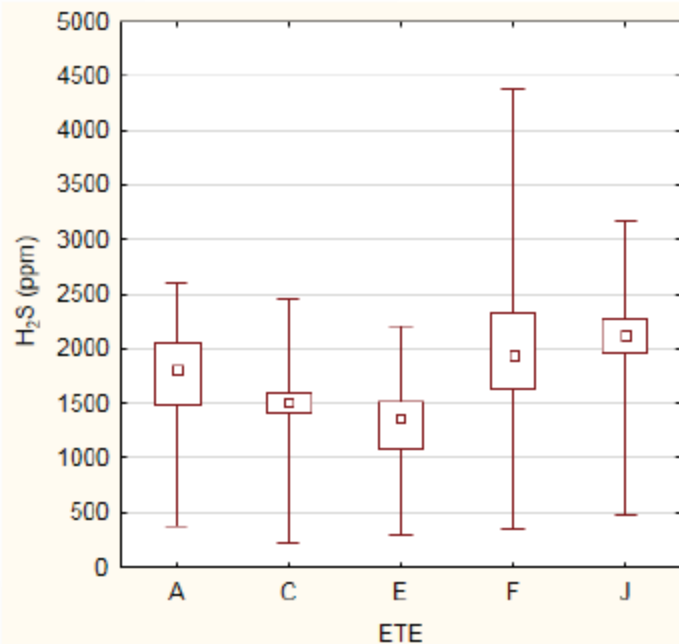
- Médias:

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

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

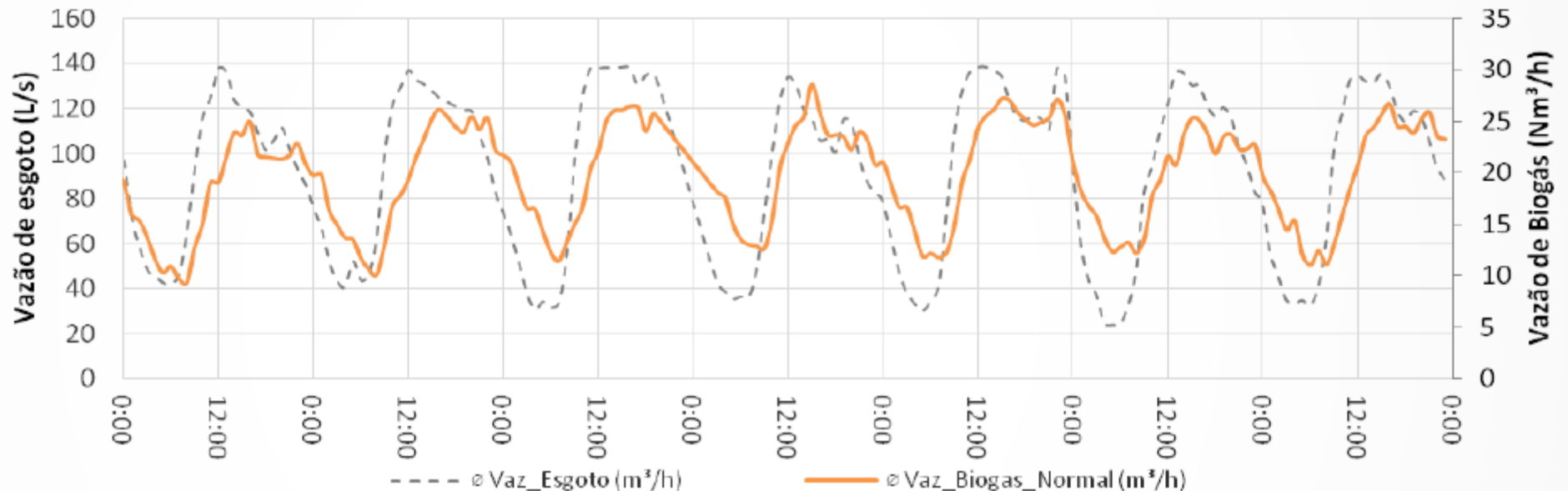
Literatura: N₂ de 10 a 25%

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).

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

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%

Produção de
biogás e
energia
UASB bem
vedado

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



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

Melhorias Necessárias

Recuperação estrutural, impermeabilização e aplicação de revestimento anticorrosivo

Mecanismo Remoção de espuma



Melhorar a resistência à corrosão

Melhorar a estanqueidade e reduzir vazamentos

Deteção de vazamentos

Tampas com vedação adequada

Tubulação de coleta - material apropriado



Gradeamento fino ■
Peneiras com abertura <6 mm

Pré-tratamento do esgoto bruto

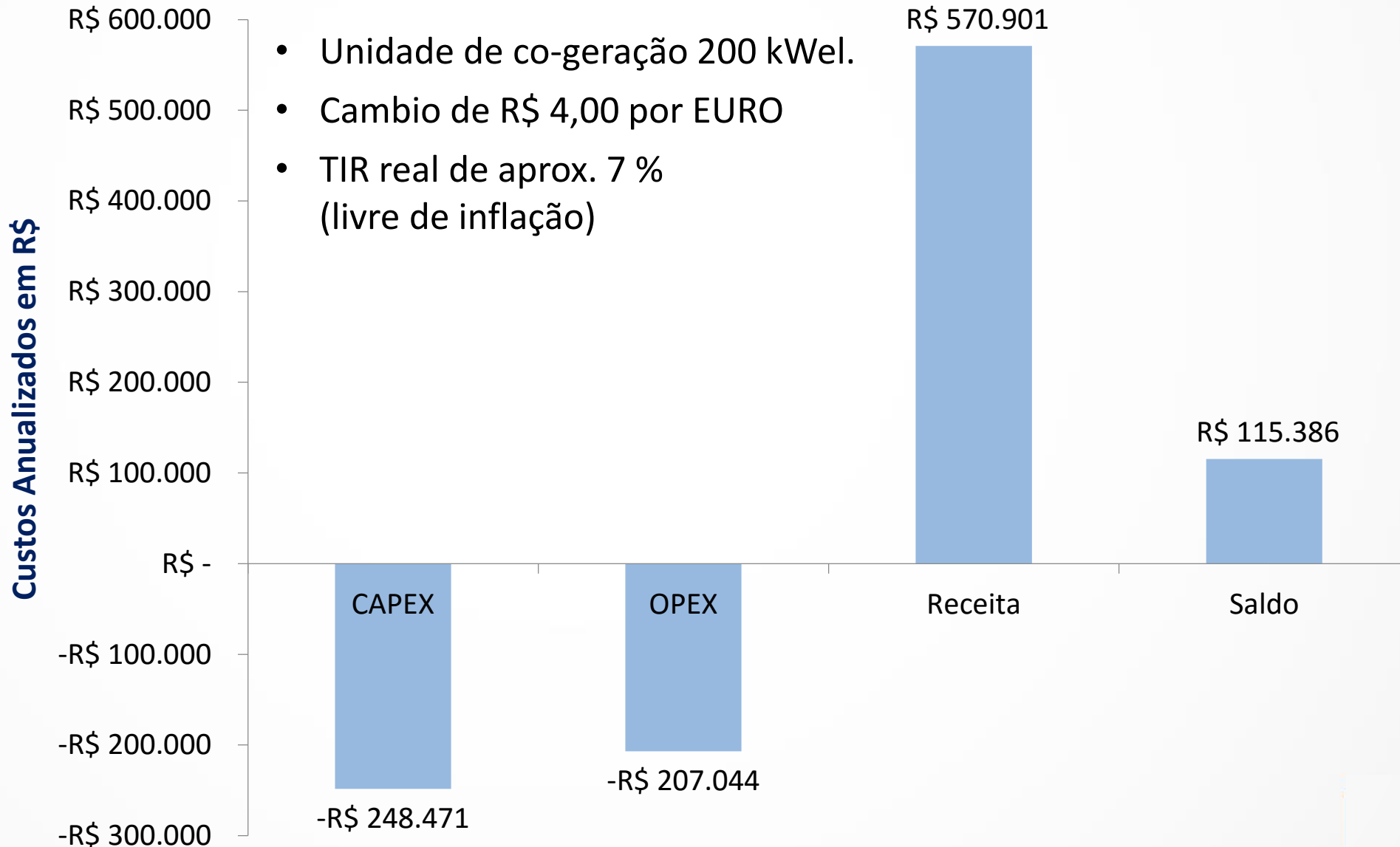
Caixa de areia aerada ■



Rede

■ Reduzir contribuições de águas pluviais e infiltração

Viabilidade econômica - aproveitamento de biogás em UASB

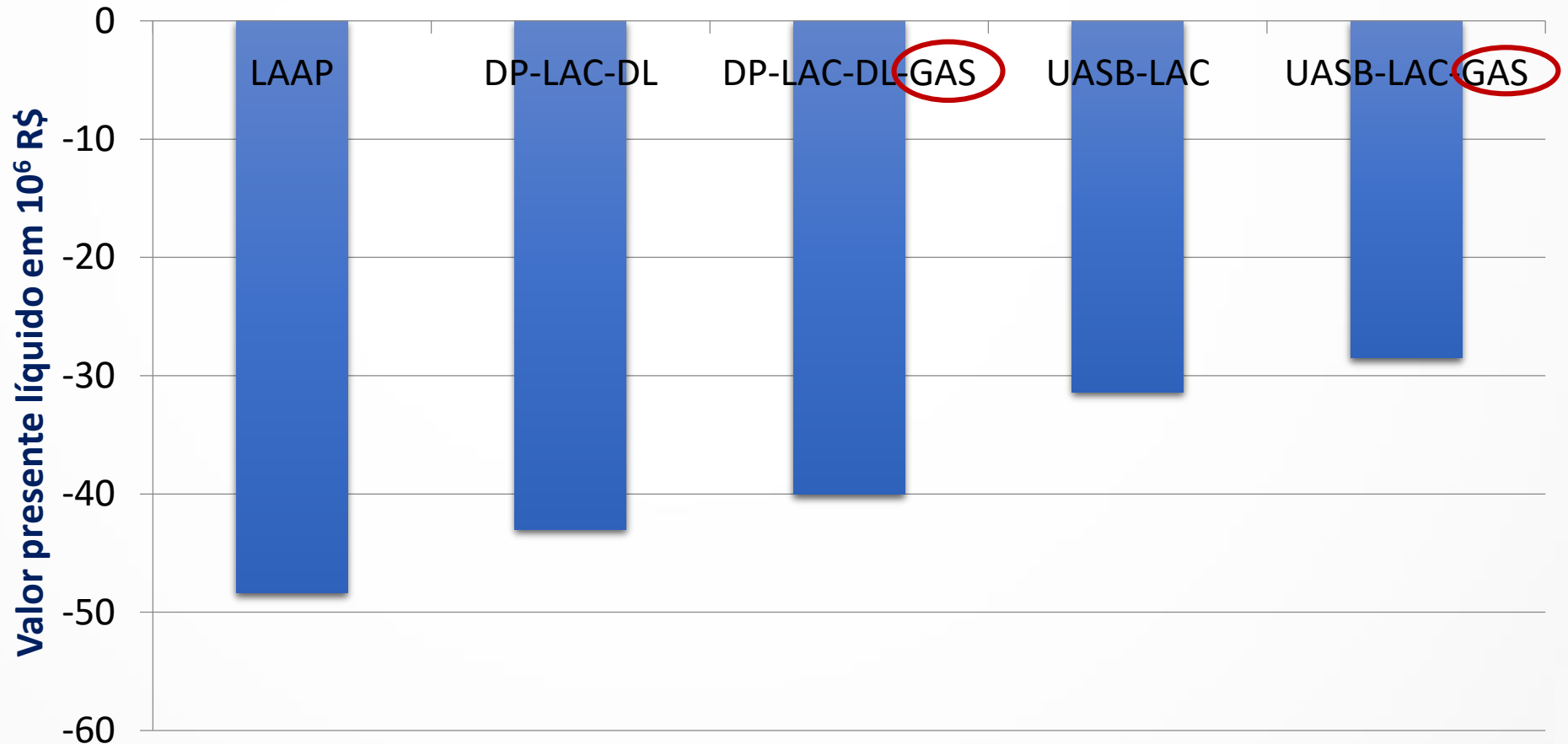


Viabilidade econômica: diferentes alternativas

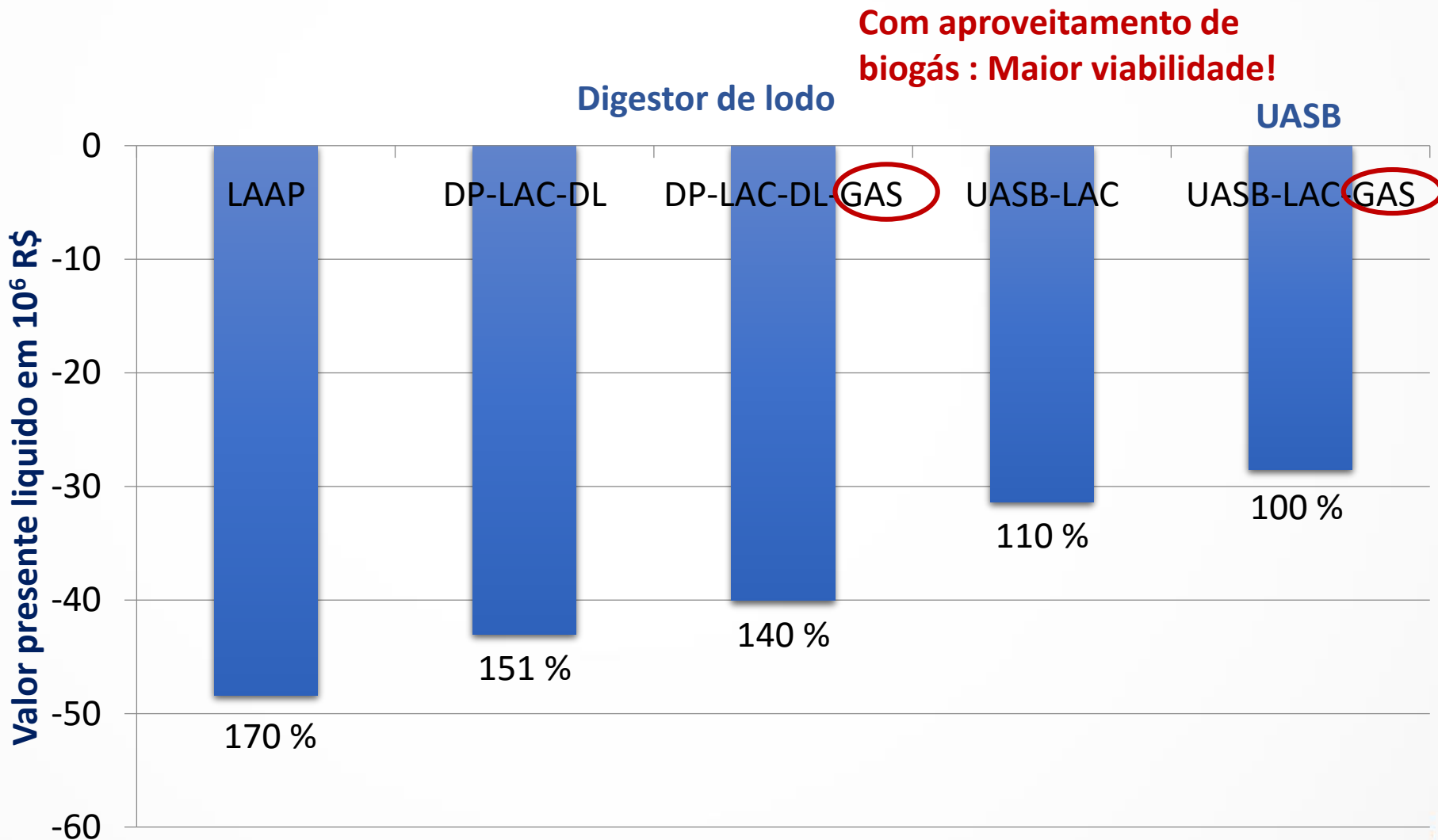
:: Lodo ativado com Aeração Prolongada (LAAP)

:: Lodo ativado Convencional + digestor anaeróbio de lodo (DP – LAC – DL) + **USO BIOGÁS**

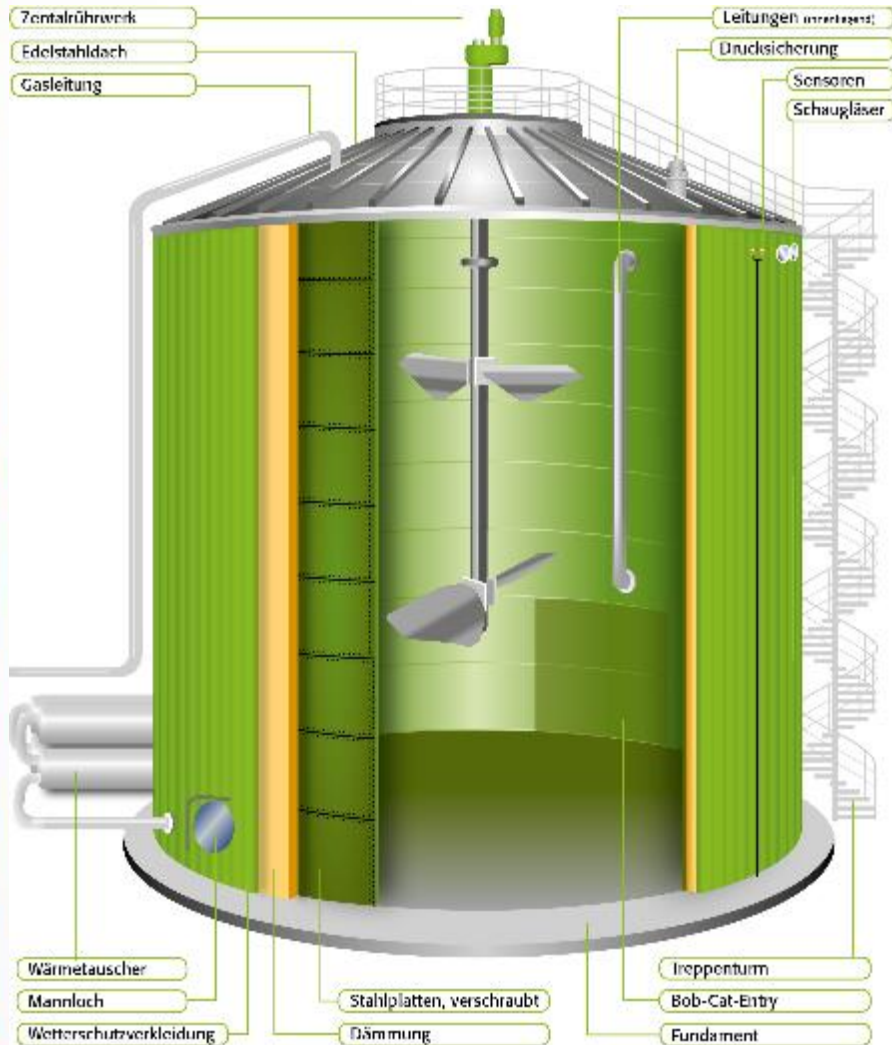
:: UASB + Lodo ativado Convencional + **USO BIOGÁS**



Viabilidade econômica: diferentes alternativas



Digestores de lodo

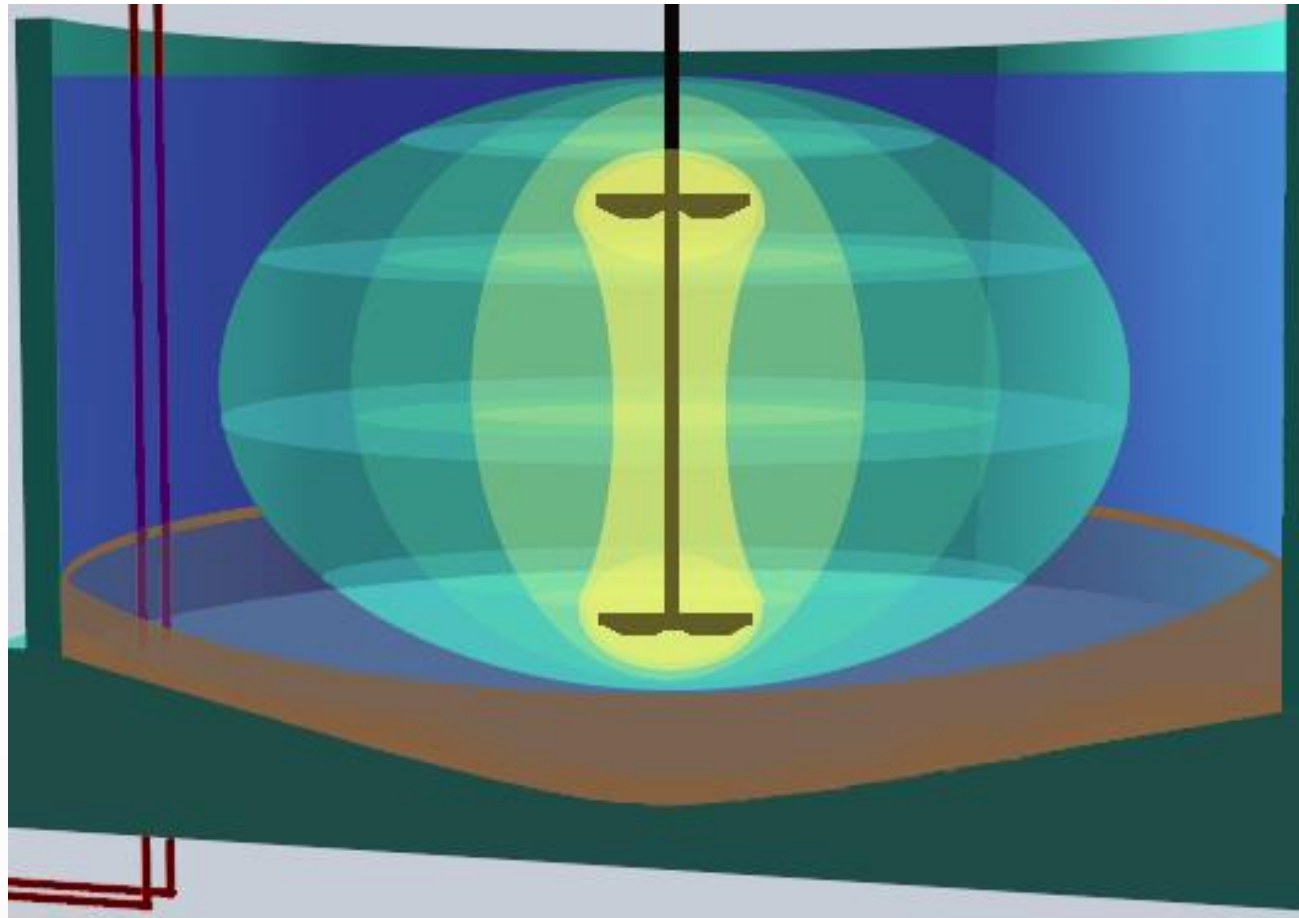


Peru



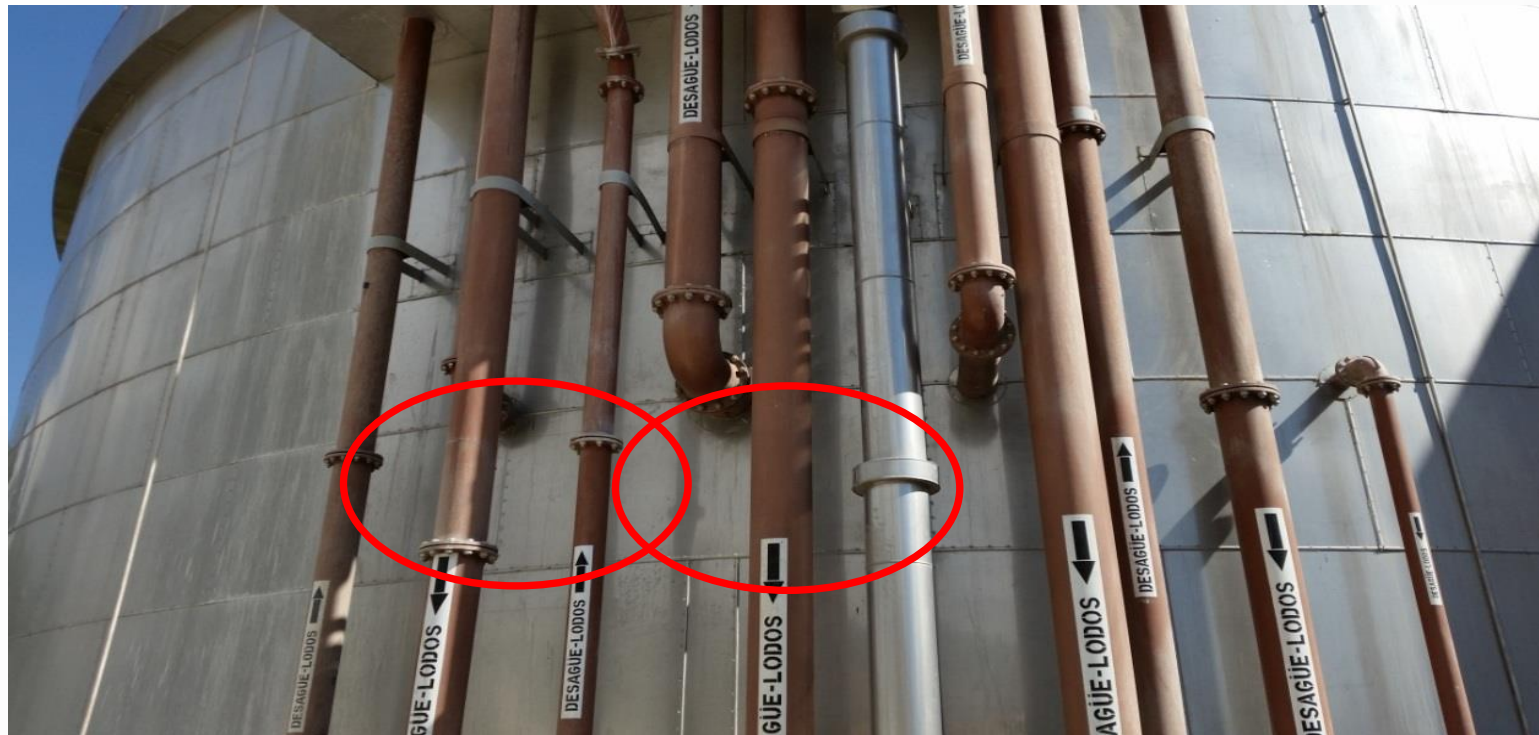
- **Mistura ineficiente**

Zonas mortas, sem movimento, que não participam do tratamento do lodo



- Condições mesofílicas:
 - Posição dos tubos de recirculação e saída de lodo:

Distâncias menores que 2 m



Lagoas anaeróbicas - Bolívia



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 ETE**. 28º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2015.

SILVEIRA, B. et al. **Guia técnico de aproveitamento energético de biogás em estações de tratamento de esgoto**. Brasília, DF.: Ministério das Cidades, 2015. 183 p. <http://www.cidades.gov.br/saneamento-cidades/probiogas/publicacoes/publicacoes-do-probiogas>

Obrigado pela atenção

Christoph Platzer
chr@rotaria.net
(48) 3234 3164

