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

AESABESP 40 Anos
Associação dos Engenheiros da Sabesp

37º ETC – 07426
LAFA – Lagoa Anaeróbia de Fluxo Ascendente

Alternativa de otimização e modernização das lagoas anaeróbias para efluentes sanitários, agrícolas, industriais e chorume

Elso Vitoratto
Eng. Químico, Dr. – Sócio-Diretor
Nova Era Ambiental Equipamentos e Serviços Ltda.

Contexto e motivação

O problema

- Suinocultura: uma das atividades zootécnicas de maior potencial poluidor, com alta carga orgânica
- Região Sul (SC): contaminação de corpos hídricos e do lençol freático
- Faltava um reator anaeróbio de alta carga e alta eficiência, nos moldes do UASB, adaptado aos dejetos suínos e outros efluentes.

A resposta

LAFA: princípios de engenharia do reator UASB aplicado no formato de uma lagoa anaeróbia convencional – projetada, construída, operada e monitorada em escala real

1 suíno ≈ 10 pessoas
volume de dejetos de um suíno adulto

45.000 suínos
Sadia Concórdia S/A – Faxinal dos Guedes (SC)

Desde 1996
LAFA entrou em operação em escala real

Objetivos

Fundamentos de projeto

Apresentar os critérios de dimensionamento e projeto do reator LAFA

Desempenho em escala real

Mostrar resultados de remoção de carga orgânica (DBO, DQO, sólidos) ao longo do tempo mínimo de 12 meses

Modernização de lagoas existentes

Converter lagoas anaeróbias em LAFA: duplicar vazão e população atendida e elevar a eficiência

Aplicações avaliadas em escala real

- **Dejetos suínos**
- **Esgoto sanitário**
- **Água de lavagem de cana**
- **Chorume de aterro**

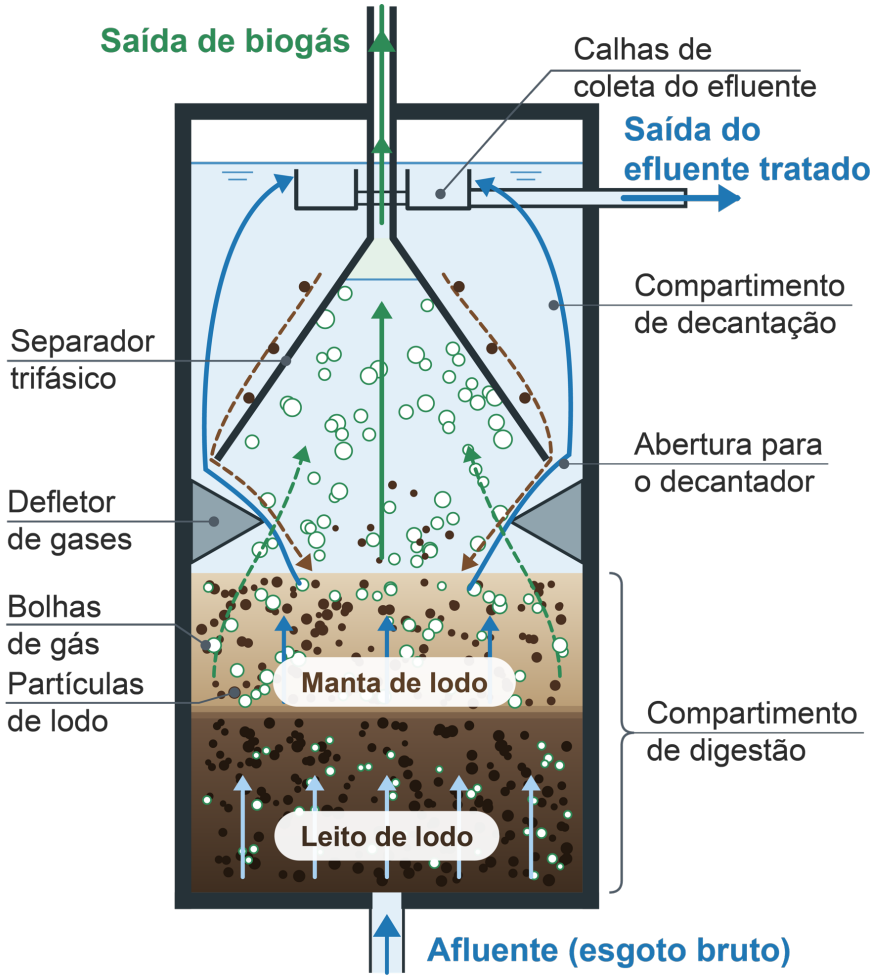
Da lagoa anaeróbia ao reator UASB

Lagoa anaeróbia convencional (LAN)

- Sólidos decantam e são digeridos; o sobrenadante segue para lagoas facultativas, aeróbias ou de estabilização
- Dimensionada pela Carga Orgânica Aplicada: 0,1 a 0,3 kg DBO/m³·dia para esgoto, em função da temperatura

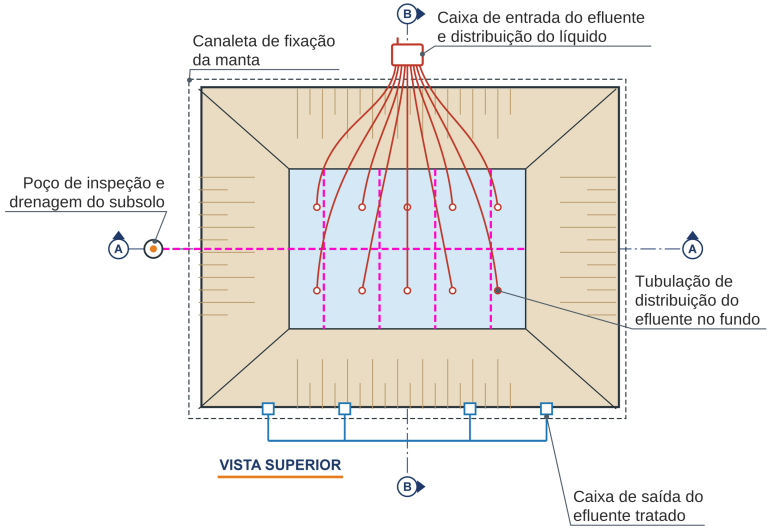
Reator UASB / RAFA (Lettinga et al., 1980)

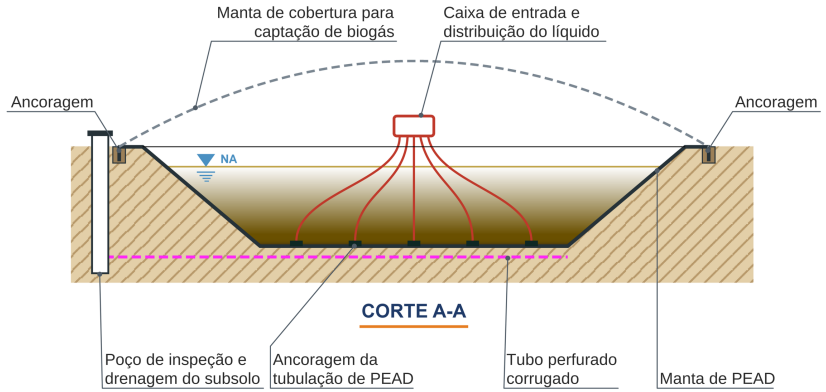
- Alimentação pelo fundo; o efluente atravessa a manta de lodo ativo
- Separador trifásico retém o lodo e separa líquido, sólido e biogás
- O biogás mantém a manta fluidificada – sem recirculação
- Menor volume, baixo custo operacional e de energia

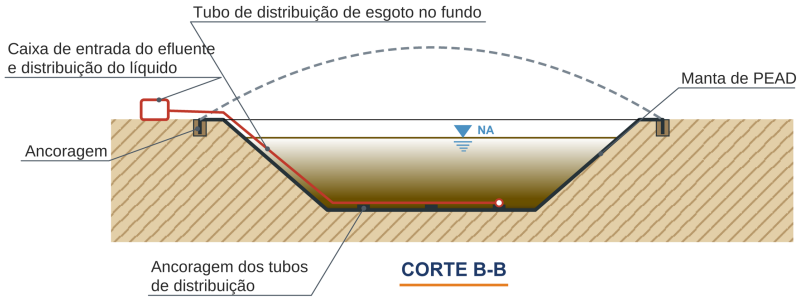


Esquema do reator UASB/RAFA. Fonte: elaboração própria.

O reator LAFA: o UASB em formato de lagoa







Distribuição pelo fundo

Rede de tubos perfurados distribui o afluente no fundo da lagoa

Fluxo ascendente pelo leito de lodo

O efluente atravessa a biomassa ativa – conceito central do UASB

Cobertura com manta

Captação do biogás, contenção de odores e segurança operacional

Construção de lagoa

Lagoa escavada, com geomembrana de fundo e cobertura: implantação simples e de baixo custo

Planta e cortes do reator LAFA. Fonte: elaboração própria.

Caso 1 – Dejetos suínos (Sadia, SC)



Vista aérea da ETE – Fazenda sede, Faxinal dos Guedes (SC). Fonte: Google Earth.

Equalização → **Peneiras** → **Decantador primário** → **LAFA** → **Lagoas anaeróbia, facultativa, aeróbia e polimento**

Parâmetros de projeto do LAFA

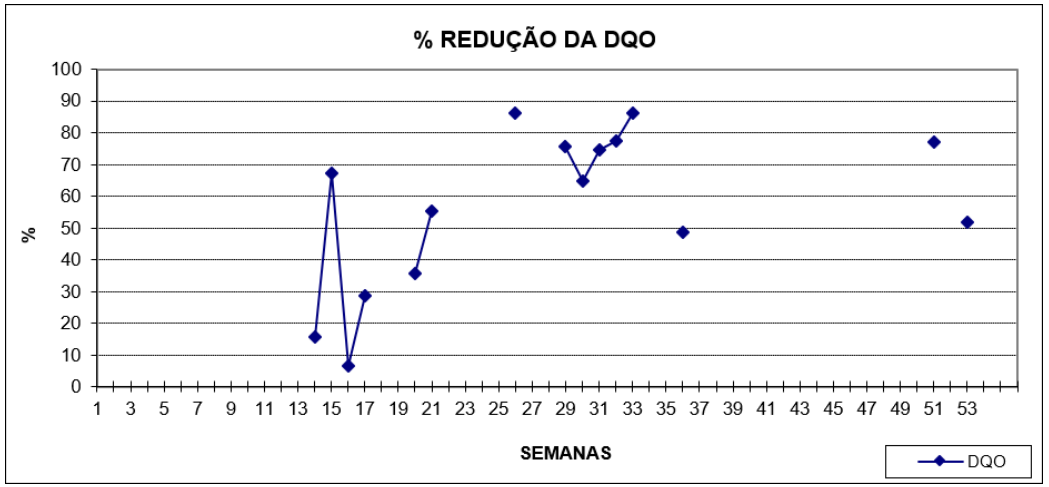
640 m³/d vazão diária	**5 dias** TRH
6.720 kg/d carga de DBO	**9.472 kg/d** carga de DQO
2,1 kg/m³·d carga aplicada (DBO)	**3.200 m³** volume de líquido
3,5 m altura de líquido	**1.260 m²** área de líquido

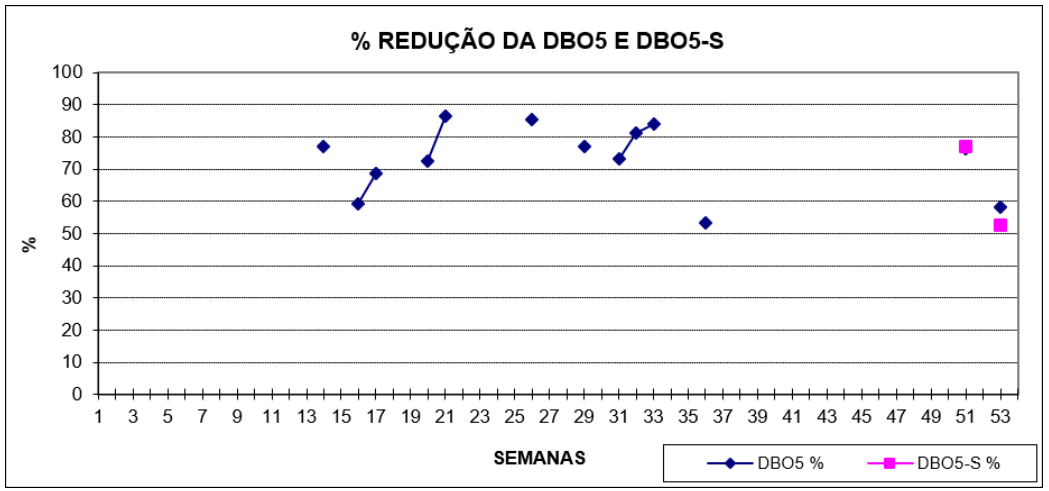
Caso 1 – Desempenho em 400 dias

77,3% **remoção média de DQO**
12.782 → 2.901 mg/L

78,4% **remoção média de DBO_5**
7.165 → 1.548 mg/L

- Regime estacionário a partir da semana 27, após a formação da manta de lodo
- Estável com médias de 18,9 °C (inverno) a 26,3 °C (verão) e dias abaixo de 10 °C



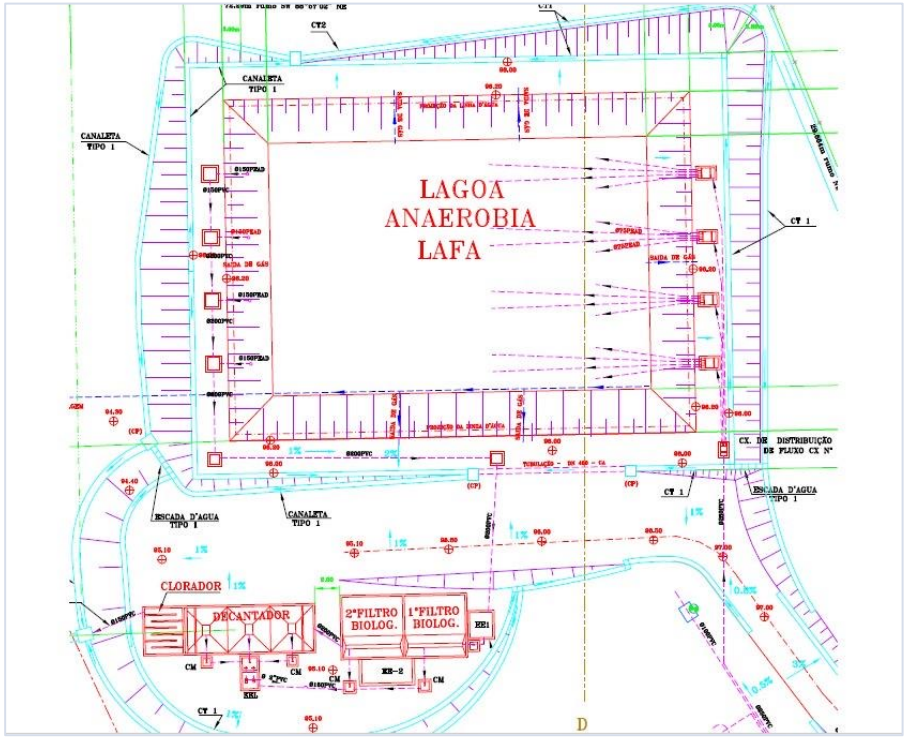


Fonte: Vitoratto (1997).

Caso 2 – Tratamento do Esgoto sanitário - Municipio de Cerquilho, SP



Vista aérea da ETE Taquaral. Fonte: Google Earth.



Planta da ETE. Fonte: SAAE Cerquilho.

Pré-tratamento → **LAFA** → **2 filtros percoladores (série)** → **Decantador secundário** → **Cloração**

Caso 2 – Projeto e desempenho

Parâmetros de projeto – ETE Taquaral (SAAE)

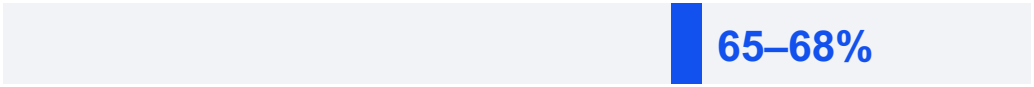
7.500 hab. população equivalente	**1.440 m³/d** vazão diária	**936 kg/d** carga de DBO
2.600 m³ volume de líquido	**37 × 27 m** dimensões totais	**3,2 m** altura de líquido
1,8 dia TRH	**0,36 kg/m³·d** carga aplicada (DBO)	**1999** início de operação

Remoção de DBO_5

Lagoa anaeróbia convencional



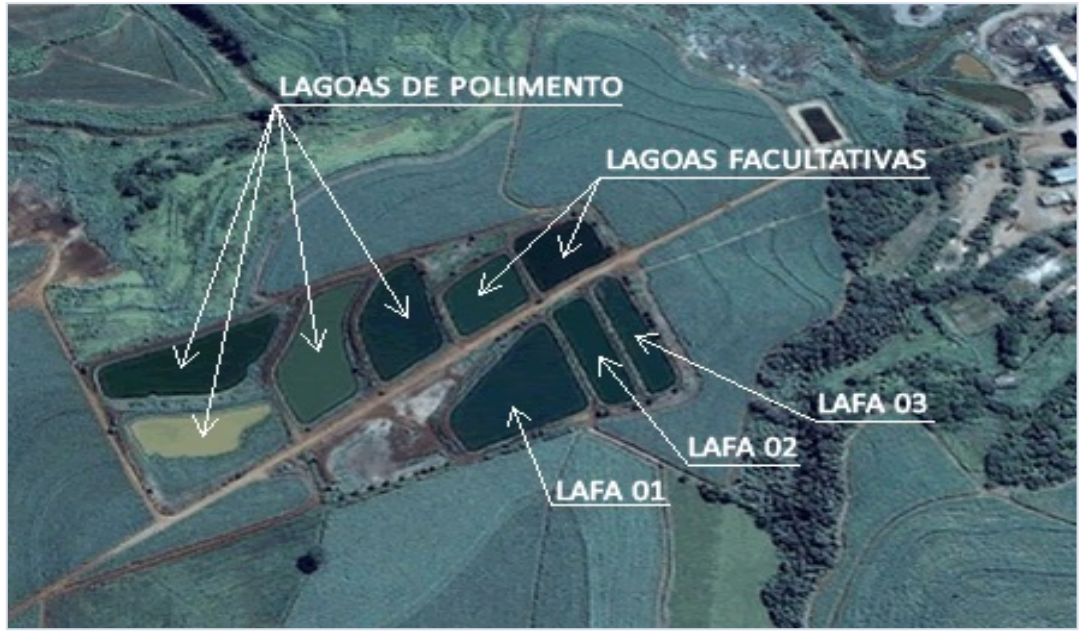
LAFA – Cerquilho



0% 50% 100%

650 → 208 mg DBO/L
concentração média afluente → efluente do LAFA (SAAE Cerquilho)

Versatilidade: cana-de-açúcar e chorume





Água de lavagem de cana-de-açúcar

Usina de álcool – Dois Córregos (SP). Três módulos LAFA seguidos de lagoas facultativas e de polimento. Dados de projeto não disponíveis: a unidade encerrou as atividades.

Chorume de aterro sanitário – 40 m³/dia

LAFA + anóxica (desnitrificação) + aeróbia com nitrificação + decantação com reciclo de lodo. Em ajuste para remover N amoniacal via estruvita, reduzindo a inibição da digestão anaeróbia.

Converter a LAN em LAFA: 2× capacidade

Parâmetro	Lagoa anaeróbia	LAFA	LAN convertida em LAFA
TRH (dias)	3 a 5	1 a 3	**1 a 3**
Profundidade (m)	3 a 5	3 a 5	**3 a 5**
Remoção de DBO (média)	35–50% (40%)	65–70% (68%)	**65–70% (68%)**
População atendida (hab.)	30.000	30.000	**60.000**
Vazão (m³/d)	4.800	4.800	**9.600**
Carga orgânica (kg DBO/d)	1.440	1.440	**2.880**
Área necessária (m²)	4.800	2.400	**4.800**
Biogás (m³/d)	750	510	**1.020**
Metano (m³/d)	525	357	**714**
Potencial energético (kWh/d)	3.413	2.321	**4.641**

½ da área
LAFA novo: 2.400 m² contra 4.800 m² da lagoa anaeróbia

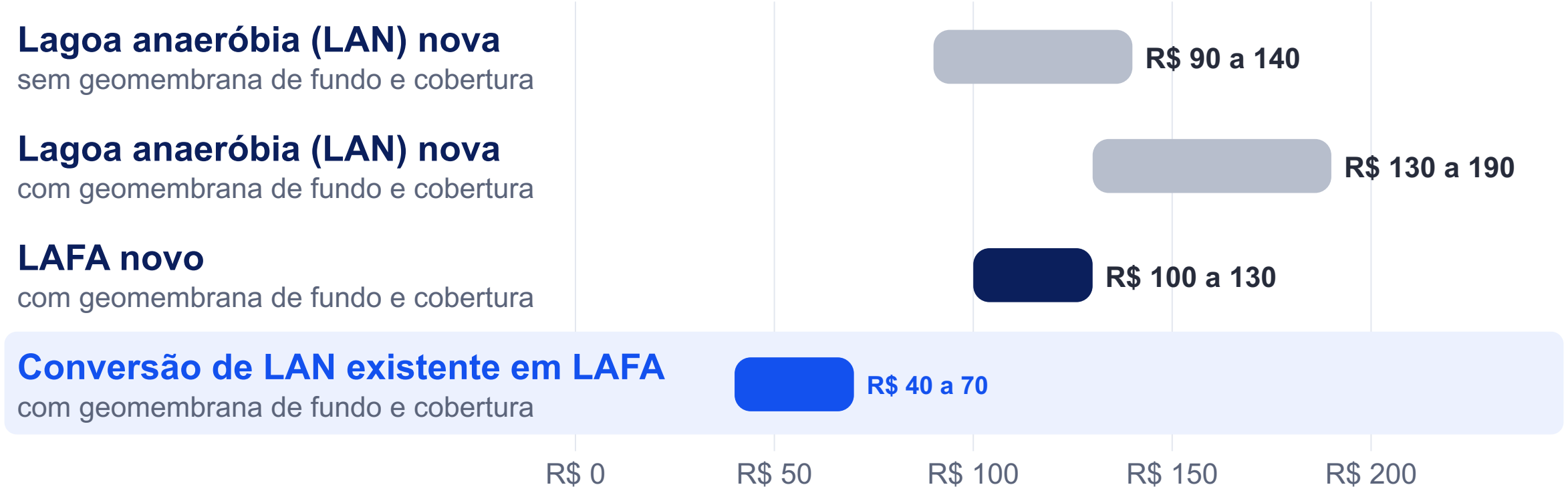
2× população
30 mil → 60 mil hab. no mesmo volume e área

40% → 68%
eficiência média de remoção de DBO

Base: esgoto com 300 mg DBO/L; potencial energético a 6,5 kWh/m³ de metano. Fonte: elaboração própria.

Custos estimados de implantação

R$ por habitante – população de projeto de 10.000 a 30.000 hab.



Excluídos o valor do terreno e as demais unidades do processo; conversão calculada para LAN de uso doméstico. Fonte: elaboração própria.

Conclusões

Amplo espectro de aplicação

Baixa e alta carga: esgoto, suinocultura, bovinos, laticínios, curtume, vinhaça e chorume – como pré-tratamento de sistemas aeróbios

Alta eficiência e robustez

65 a 78% de remoção de DBO/DQO em escala real, estável frente a variações de temperatura

Cobertura e biogás

Recuperação energética, contenção de odores e segurança operacional

Baixo custo e modernização

Menor área e custo de implantação; a conversão de LAN existentes dobra a capacidade a R$ 40–70/hab.

Obrigado!

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

AESABESP 40 Anos
Associação dos Engenheiros da Sabesp

Elso Vitoratto
Eng. Químico, Dr. – Sócio-Diretor

engenharia@novaeraambiental.com.br
Tel.: +55 (11) 2781-9270 – 11 98175 5685
www.novaeraambiental.com.br

Nova Era Ambiental Equipamentos e Serviços Ltda.
Rua Mongubá, 139 – Vila Carrão – São Paulo/SP