

**Ministério do Meio Ambiente  
Conselho Nacional de Recurso Hídricos  
Câmar Técnica de Ciência e Tecnologia**

---

**35ª reunião do CTCT**

**O esforço brasileiro de desenvolvimento de  
ETE's adaptadas à realidade do país**



**Ricardo Franci Gonçalves, D.Ing.**  
**Prof. Adjunto – Deptº Engª Ambiental - CT**  
**Universidade Federal do Espírito Santo**



# Tópicos de abordagem

---

- Conceitos
  - Tendências
  - Opções tecnológicas
- Novas ETE's brasileiras
  - Pesquisa e desenvolvimento
  - Desafios
  - Exemplos de realização
- Novos eixos de desenvolvimento
  - Despoluição direta de corpos d'água
  - Uso racional da água em edificações



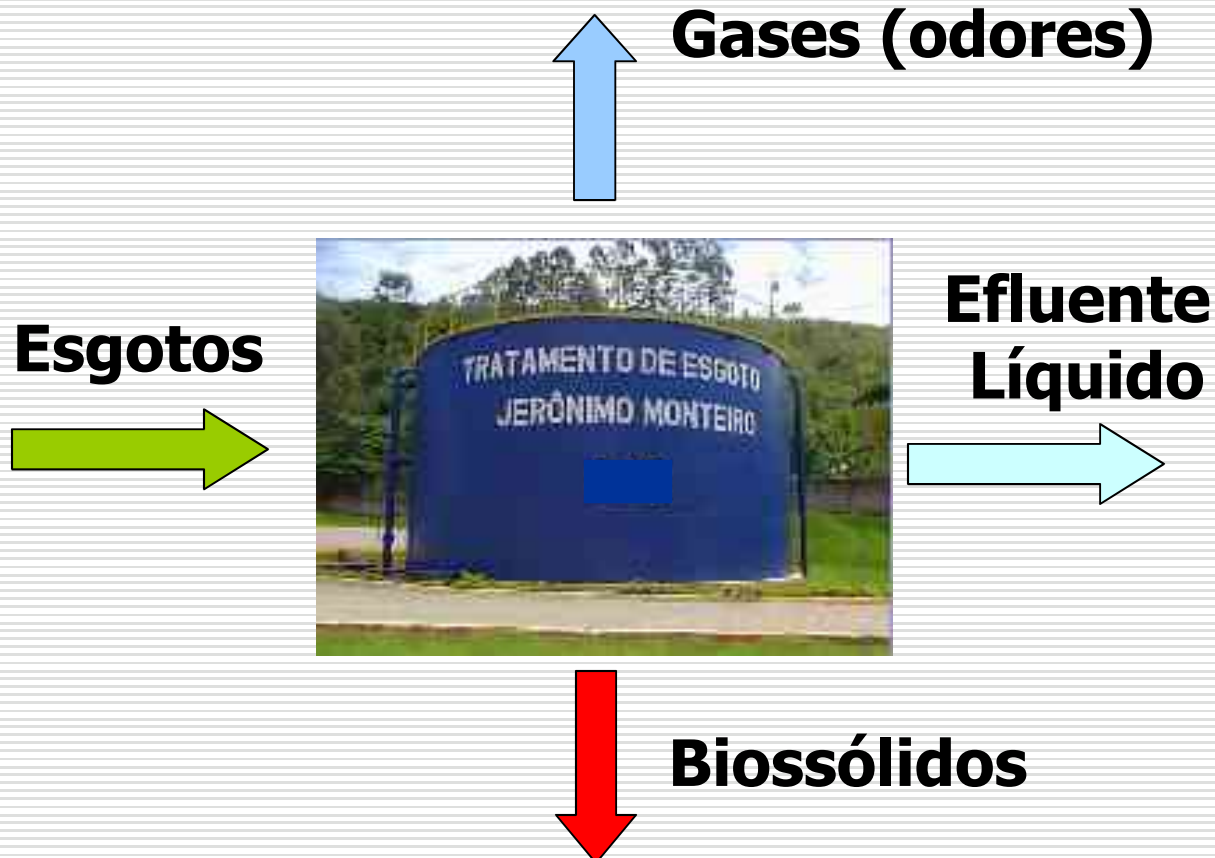
# Conceitos

---



# ESTAÇÃO DE TRATAMENTO

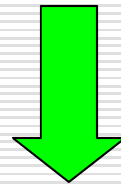
## INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO



**REQUER PROFISSIONALISMO**

# **TECNOLOGIAS APROPRIADAS PARA TRATAMENTO DE ESGOTOS**

**É Aquela que Melhor se Adapta às Condições  
Físicas, Sociais, Ambientais e Financeiras de  
uma Determinada Localidade**



**CADA LOCALIDADE TEM A SUA !**

# **ESTAÇÃO DE TRATAMENTO**

## **CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE PROCESSO**

### **CRITÉRIOS SELETIVOS**

- Eficiência do processo para manter a qualidade do corpo receptor, de acordo com a legislação ambiental;
- Área disponível para instalação da unidade;

### **CRITÉRIOS PROCESSO**

- Produção de Lodo
- Demanda Energética
- Simplicidade e Facilidade Operacional
- Potencial de Incômodo à Comunidade

### **R\$**

- Custos de Investimento
- Custos de Operação e Manutenção.

### **CRITÉRIOS LOCAIS**

- Sustentabilidade do sistema com respeito à disponib. de insumos, recursos humanos e outros, comparados à necessidade do processo e financeira da comunidade;



# Tendências Tecnológicas



# Tendências Tecnológicas

---

## Zaragoza

- Capacidade: 1,3 milhões hab
- Área: 40.000m<sup>2</sup>



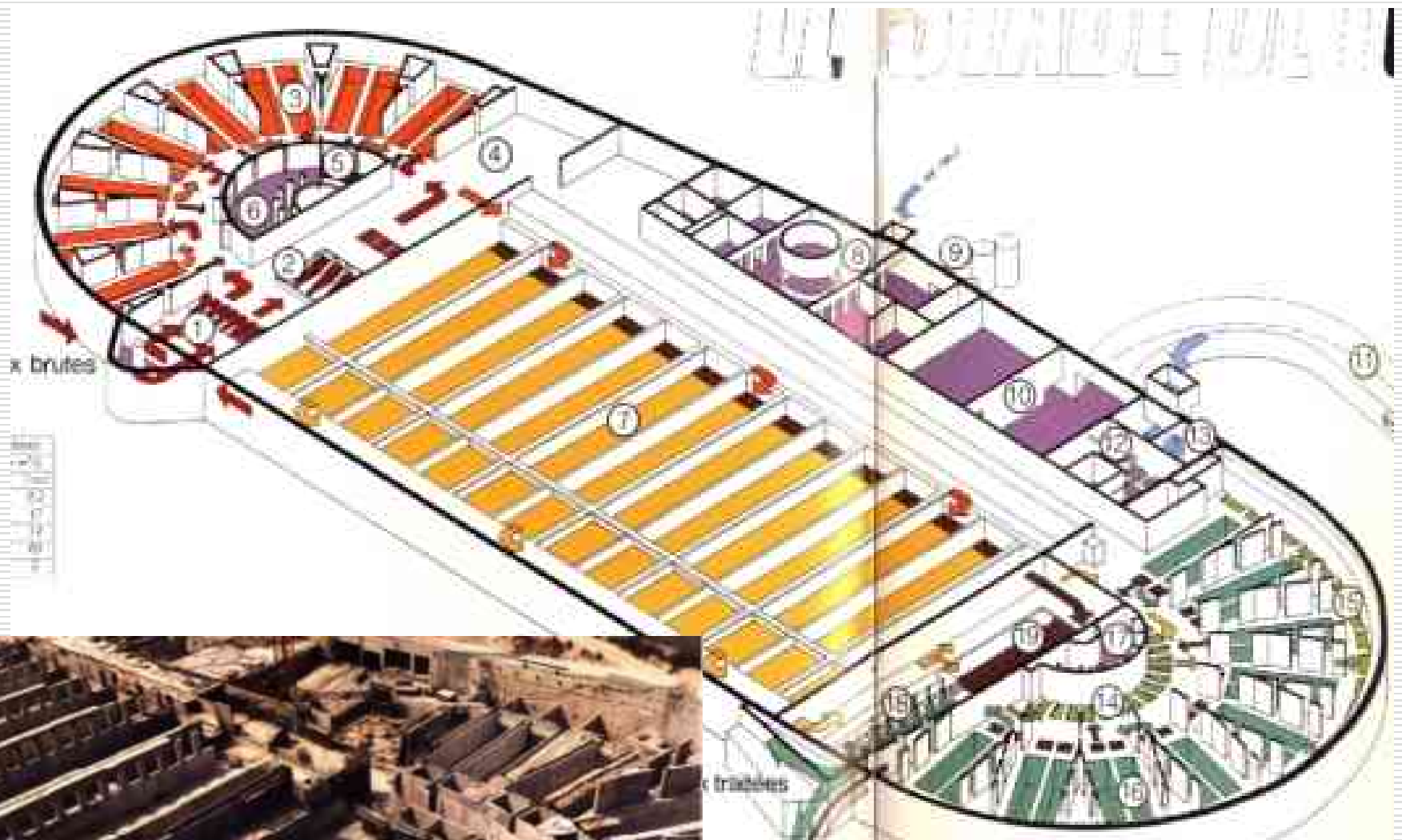


# Tendências Tecnológicas



ETE de Marselha

- 1,2 milhões hab
- Área: 30.000m<sup>2</sup>



## ETE de Marselha

- 1,2 milhões hab
- Área: 30.000m<sup>2</sup>

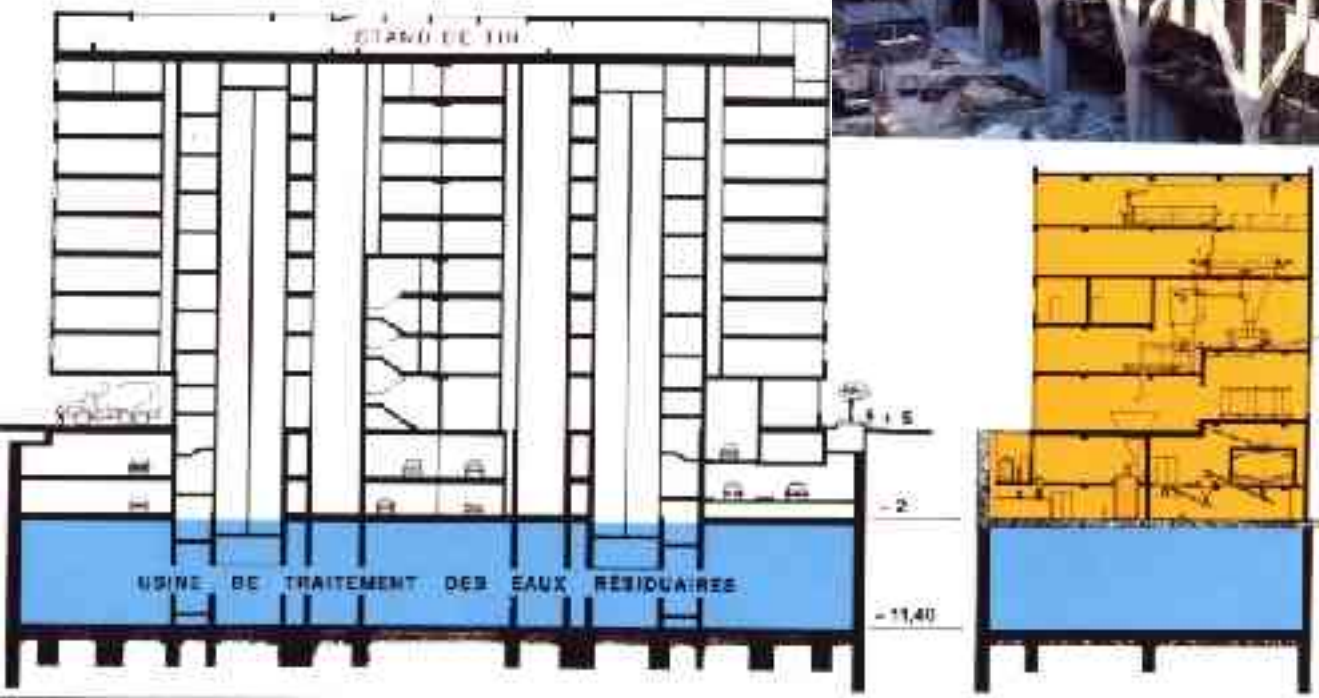


# Tendências Tecnológicas

---

## ETE Mônaco

- 100 mil hab
- Área: 2.900 m<sup>2</sup>



# Tendências Tecnológicas



ETE Mônaco



# Opções de configuração

---

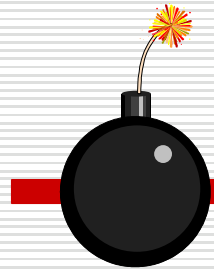
- Centralização:
    - Afastar esgoto da área urbana
    - ETEs podem ocupar grandes áreas
    - Convivência ETE x População no futuro
  
  - Descentralização:
    - Solução no local
    - Gradualismo
    - ETEs compactas
    - Impacto em ambiente urbano
-



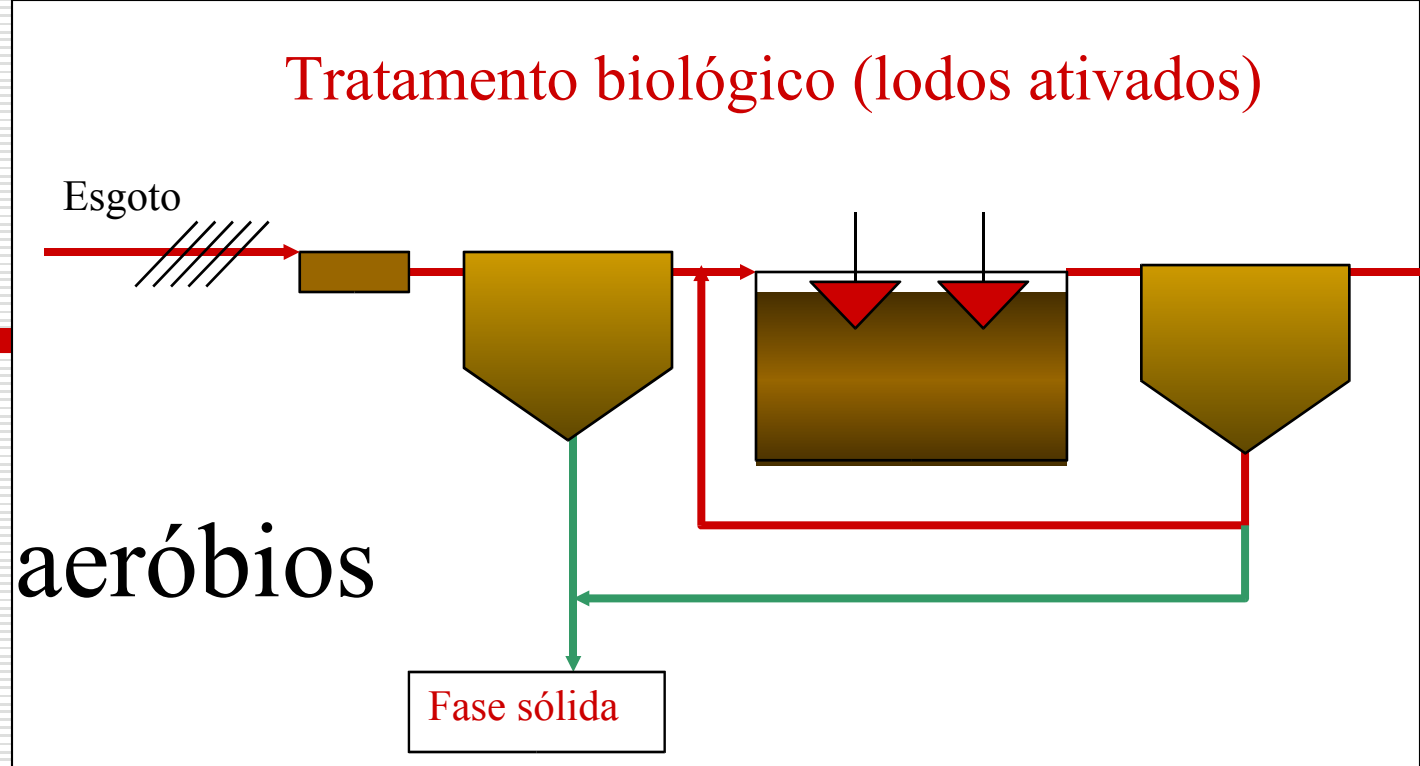
# Opções tecnológicas para tratamento secundário de esgotos sanitários

---

- Tratamento físico-químico
    - TPA + aeróbio
  - Tratamento biológico
    - Aeróbio
    - Anaeróbio + Aeróbio
-



# Processos aeróbios



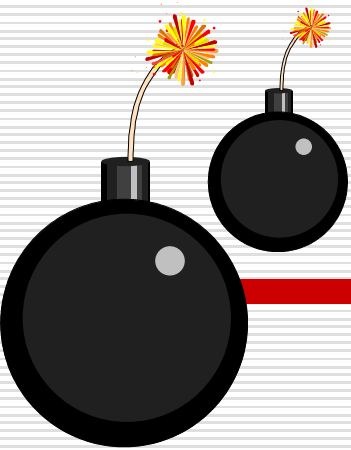
- Estabilização da matéria orgânica pela via aeróbia
- Metabolismo aeróbio (van Haandel e Lettinga, 1994):
  - Anabolismo (67% da DBO)
  - Catabolismo (33% da DBO)
- Bactérias heterotróficas: alta taxa de crescimento
- Consequência na fase sólida: elevada produção de lodo

## ETE de Barueri (SP): 9,5 m<sup>3</sup>/s ou 4,5 milhões habitantes

Capacidade Instalada	9.500 L/s
Vazão Média	7.000 L/s
Produção Lodo (Base Úmida)	235 ton/d
Eficiência de Remoção da Carga Orgânica (*)	88%



*(\*) carga orgânica medida em termos de DBO*



## CEPT ou TPA

### CEPT

Esgoto

$\text{FeCl}_3$

Polímero

### Tratamento biológico (lodos ativados)

Digestão ou  
Estabilização química

- Tratamento primário com adição de coagulantes
- Remoção de SS > 80% e DBO > 60%
- Produção de lodo instável ( ↑ ↑ ↑ )
- Estabilização química (cal)

# ETE Hélio de Brito – Goiânia (GO): 2,2 m<sup>3</sup>/s

---

**60 ton/dia de lodo a 30% ST**





# ETE Cañaveralajo – Cali (Colômbia) = 2,5 m<sup>3</sup>/s



TPA  
US\$ 120 / hab

# Novas ETE's brasileiras

---





**ESTABILIDADE  
E EFICIÊNCIA  
OPERACIONAL**

**SUSTENTÁVEL**

**BAIXO IMPACTO  
VISUAL**

**CONTROLE  
DE  
ODORES**

**REUSO  
DE  
EFLUENTES**

**COMPACIDADE**

**BAIXO  
CONSUMO  
ENERGÉTICO**

**DISPOSIÇÃO  
SEGURA  
DO LODO**

**AUTOMAÇÃO**



Reduzir  
mecanização

Simplificar operação  
e manutenção

Gradualismo na  
implantação

Reduzir custos de  
implantação e O&M

Minimizar produção  
de lodos

Reduzir consumo  
energético



# PROSAB: Desenvolvimento tecnológico



## **Editais 1: Processos anaeróbios**

### Objetivos:

- SS e DBO (ef. 70%)
- Minimizar lodos
- Maximizar biogás



## **Editais 2: Processos anaeróbios + aeróbios**

### Objetivos:

- SS e DBO (ef. > 90%)
- Gerenciar lodos aeróbios
- Maximizar biogás



## **Editais 3: (Processos anaeróbios + aeróbios) + desinfecção + reúso**

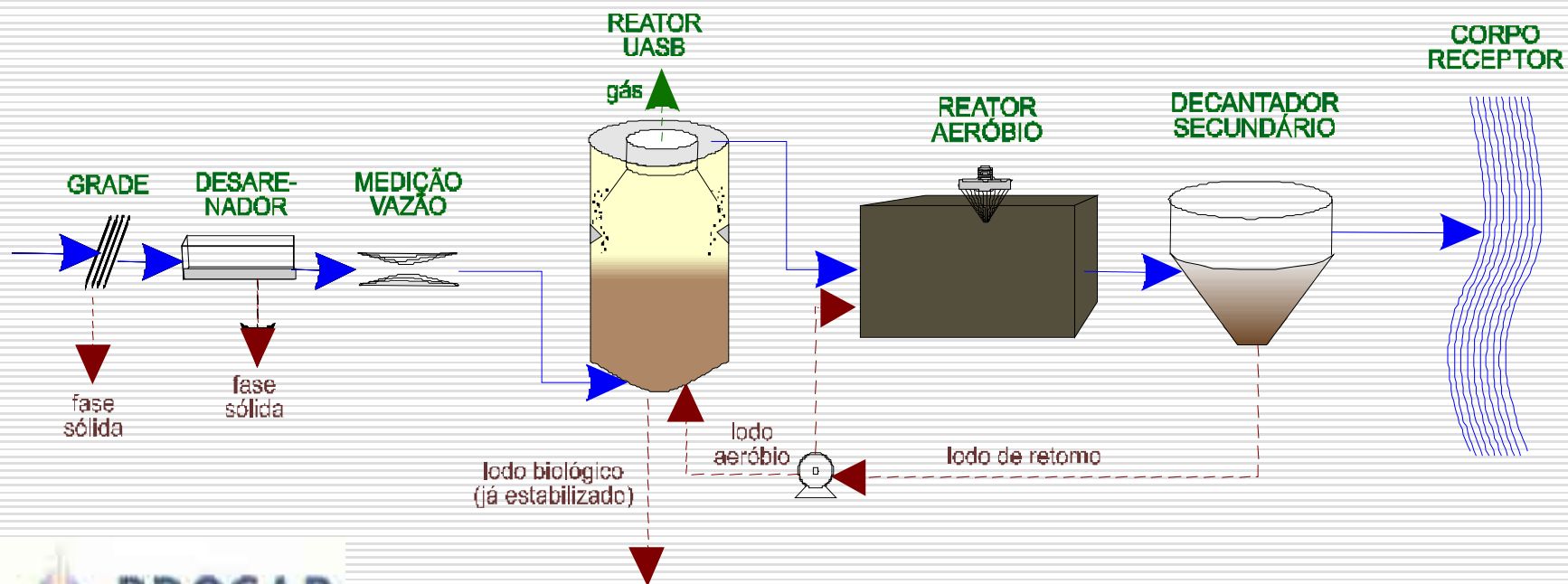
### Objetivos:

- SS e DBO (ef. > 90%)
- Inativação patógenos
- Reúso





## REATOR UASB SEGUIDO POR REATOR AERÓBIO DE BIOMASSA SUSPensa (ex: LODOS ATIVADOS)



# UASB + Lagoas de polimento



# Pós-tratamento no solo



UASB + Escoamento superficial



UASB + Infiltração rápida



# UASB + Lodos ativados



# UASB + Flotação





# Desinfecção

---



Reator UV com lâmpadas emersas



Reator UV com lâmpadas imersas

# Resultados alcançados

---

- Novos sistemas anaeróbio – aeróbio
  - Custos menores (I e O&M)
  - Fluxogramas simplificados
  - Processos otimizados (energia e lodo ~ - 40%)



# Custos de implantação

<b>Per-Capita (R\$/hab)</b>				
Pop	UASB + Pós-Trat.	Lagoa	SBR	LA Conv.
10.000	70	61	160	
20.000	67	75	142	
50.000	53	84	131	
100.000	48	85	128	
200.000	46			161
300.000	45			155
500.000	44			149
900.000	44			146

Dados de 2002

## CUSTO DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

Processo	ATUAL		PROJETO		R\$/m3	R\$/hab. mês	R\$/ Kg DBO abatido
	Pop (hab)	Vazão (l/s)	Pop (hab)	Vazão (l/s)			
LA RBN PQ	370.000	928	460.000	1500	0,28	1,62	1,34
LA RBN PQ	130.000	432	250.000	920	0,39	3,02	1,43
LA Conv. PQ	65.000	80	40.000	56	0,40	1,16	1,03
LA SBR RBN	22.600	18	43.000	94	1,68	3,20	2,90
Lagoa Conv	46.445	33	29.600	87	0,10	0,17	*
UASB+LF+LAT+LP	173.453	160	180.000	284	0,21	0,45	0,47
UASB+LF+LP	70.764	63	138.000	255	0,37	0,78	0,58
UASB+LAMC+LAF	54.879	74	125.500	246	0,34	1,10	0,79
UASB+LAT+ES	45.976	33	60.000	112	0,49	0,82	0,59
UASB+LAT+ES	45.580	58	84.852	154	0,32	0,90	0,74
UASB+ES+LM	37.580	46	77.717	226	0,24	0,67	0,51
UASB+LAMC+LAF	8.407	8	15.000	35	1,17	2,42	2,31
UASB+INF	2.500	2	2.500	6	0,44	0,81	*

# Resultados alcançados

---

- Gerenciamento simplificado do lodo
    - Adensamento, digestão e desaguamento
  - Aproveitamento do biogás (energia)
    - Secagem térmica, higienização, hidrólise
  - Reúso:
    - Agricultura, Produção animal e Urbano
  - Outros:
    - automação, biodesodorização, suporte à decisão ...
-

# Desafios: Capacidade de tratamento

Processos	DBO	N	P *	Desinfecção
Tanque séptico + filtro anaeróbio	Parcial	-	-	-
Tanque séptico + infiltração	> 90%	Nit. e Desnit.	-	Helmintos
Reator UASB	Parcial	-	-	-
UASB + lodos ativados	> 90%	Nit.	-	-
UASB + biofiltro aerado submerso	> 90%	Nit.	-	-
UASB + filtro anaeróbio	Parcial	-	-	-
UASB + filtro biológico percolador	> 90%	Nit.	-	-
UASB + flotação	> 90%	-	-	-
UASB + lagoas de polimento	> 90%	-	-	CF e helmintos
UASB + escoamento superficial	> 90%	Nit.	-	CF e helmintos

(\*) Viável com tratamento físico-químico





# Desafios: Lodos de ETEs

- ❑ Lodo  $\Rightarrow$  principal sub-produto de ETEs
- ❑ Disposição Inadequada:
  - Risco ambiental (acúmulo de metais pesados)
  - Risco à saúde (patógenos)
- ❑ Gerenciamento (ações ordenadas)



# Desafios

---

- ❑ Planejamento e gestão
  - ❑ Recursos humanos: capacitação
  - ❑ Benchmarking
  - ❑ Normatização
-

# Desenvolvimento da tecnologia UASB + BFs pela UFES



1995  
(1 hab)



1996  
(1.000 hab)



1998  
(5.000 hab)



2003  
(300 mil hab)

# O caso do Espírito Santo





# Panorama atual

## Projetos Antigos (ETE's)

---

- ↑ área
- ↑ energia

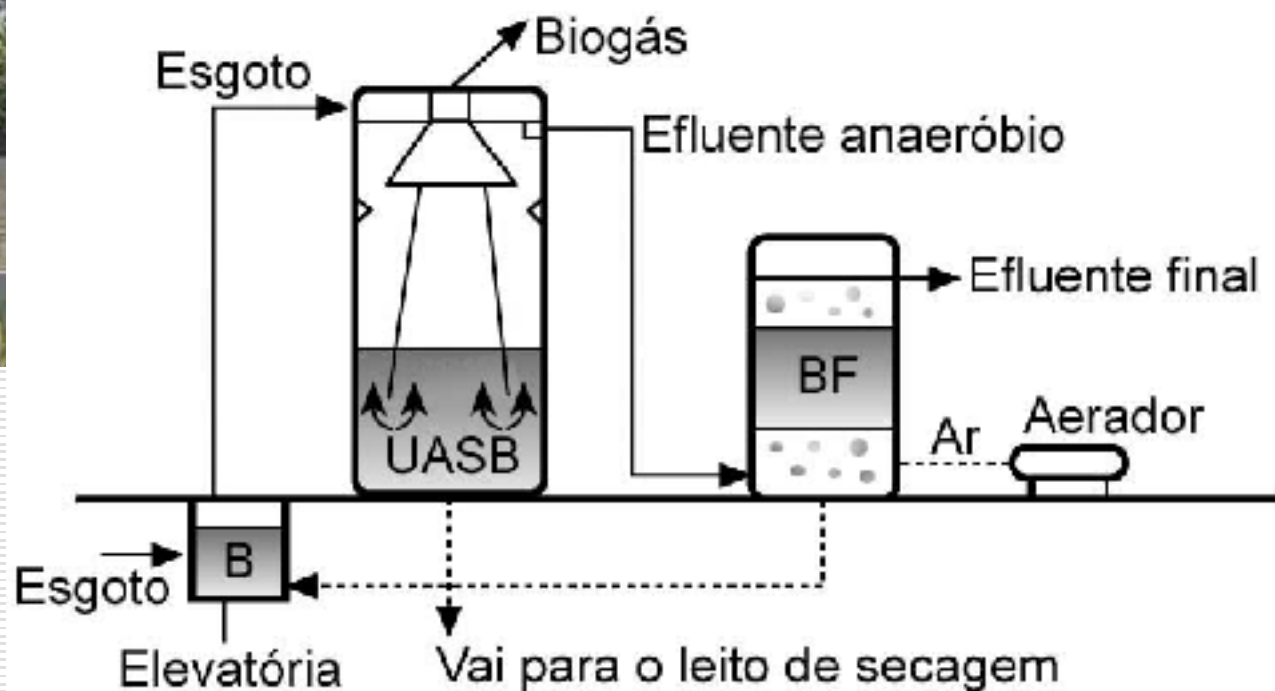
- Lodo
- Odores
- Custo



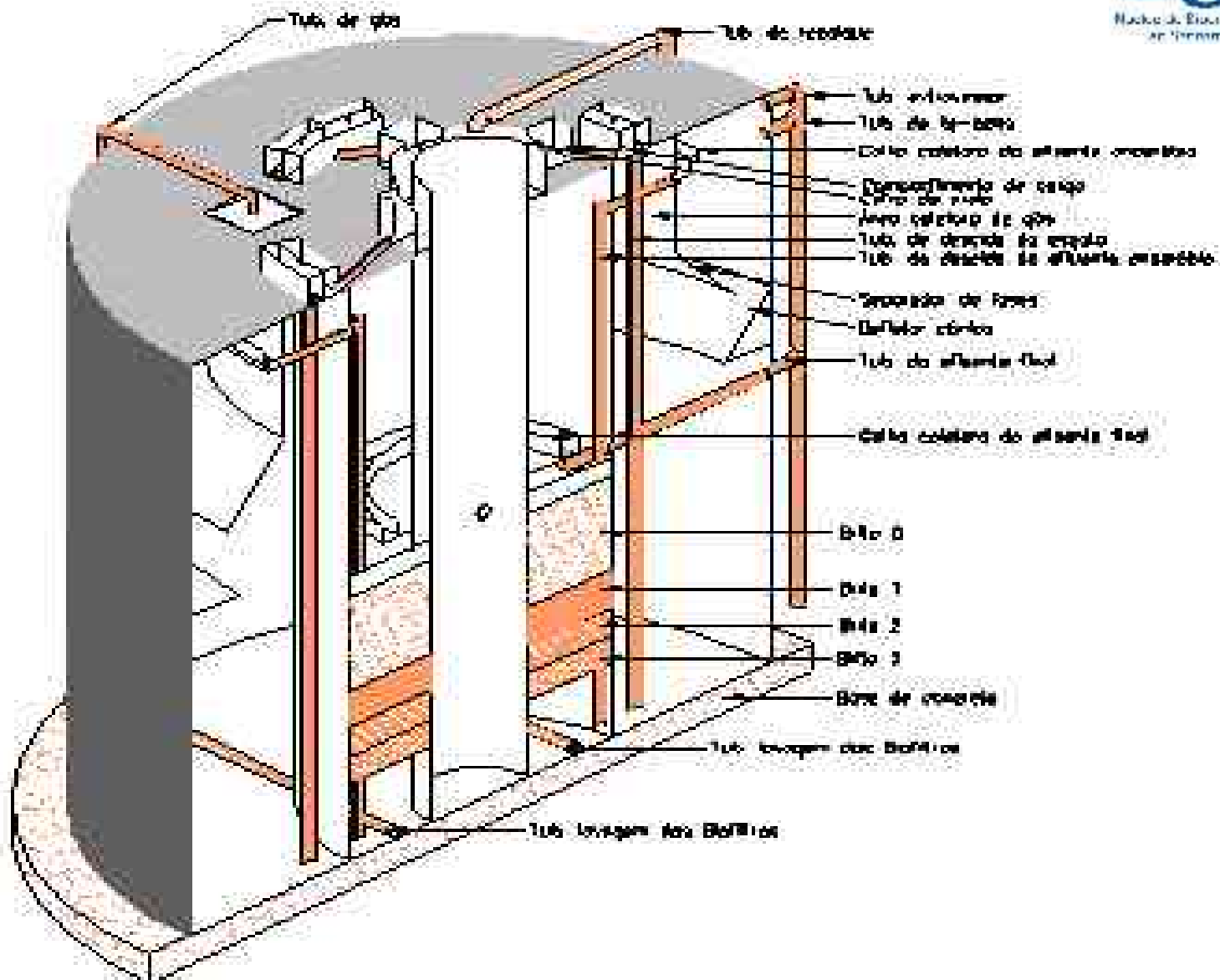
### Jardim Camburi

- Capacidade: 200 mil hab
- Área: 104.000m<sup>2</sup>

# UASB + BFs



# UASB + BFs





ESTATION DE TRATAMENTO DE ESGOTO  
FUNDÃO - ADM 97/2000



# ETE COMPACTA UASB + BF

- Reatores fechados
- Biodesodorização
- Automação



# ETE CONCEIÇÃO – 200 hab.

(Pré-fabricada e transportada)

---



# ETE Meaípe 6500 hab (13 l/s) (construção em etapas)

---





## Demanda de área

---

- Lagoa facultativa primaria  
2500 m<sup>2</sup> / 1000 hab
  - Sistema australiano de lagoas  
1300 m<sup>2</sup> / 1000 hab
  - Lodos ativados (aer. Prolong.)  
300 m<sup>2</sup> / 1000 hab
  - UASB + BF<sub>s</sub>  
50 a 75 m<sup>2</sup> / 1000 hab
-



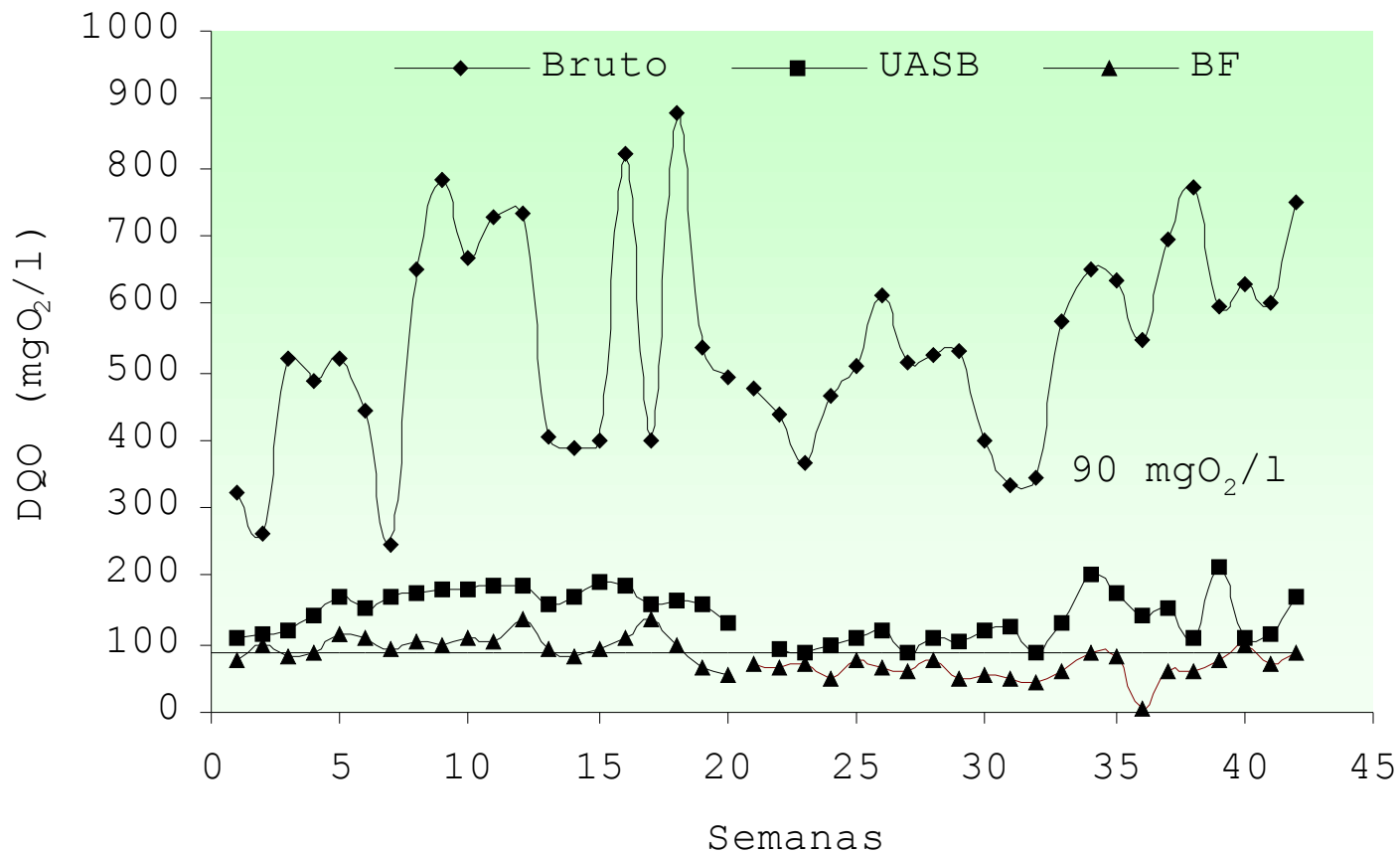
# Efluente característico

---

- ❑ SS < 30 mg/L
  - ❑ DBO5 < 30 mg/L
  - ❑ DQO < 90 mg/L
  - ❑ N e P: requer adaptações na configuração
  - ❑ Microrganismos
    - Coliformes fecais  $\sim 10^5$  NMP / 100 mL
    - Protozoários: baixa eficiência
    - Helmintos: boa eficiência
-

# DESEMPENHO

- ❑ ETE Canivete –Linhares (ES)
- ❑ 5.000 Habitantes;  $Q_{\text{méd}} = 9,3 \text{ l/s}$



Monitoramento em 2000/2001







ETE Rezende (RJ):



Antes – Tanque de Aeração

Antes = 20.000 hab  
Depois = 50.000 hab



Depois - UASB

# ETE Rezende (RJ) – 50.000 hab

---



Fotos em Maio/2003

# ETE Luzerna (SC): 6.250 hab

---



# ETE Ajman – Emirados Arabes



300.000 hab

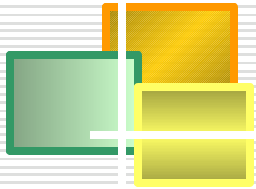


# Índices e custos



## Índices

m <sup>2</sup> /hab <sup>(1)</sup>	0,07
m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> de esgoto tratado	0,03
W/hab.	2,00
kgST/hab.mês (base seca)	0,45
Lodo: l/hab.mês (desc. 4%ST)	11,0
Lodo: l/hab.mês (desidratado a 35%ST)	1,3
R\$/hab. (impl.) <sup>(2)</sup>	75,00 a 105,00
R\$/hab. (oper.) <sup>(3)</sup>	0,86 a 0,05



# ETE da Univ. Federal do ES



**Prêmio FINEP**



**Inovação  
Tecnológica**

Melhor produto  
Região SE - 2001

**PRÊMIO MERCOCIDADES**

**Buenos Aires, Argentina  
2002**

**Fundação Banco do Brasil  
Prêmio Tecnologia Social**

**São Paulo, 2003**

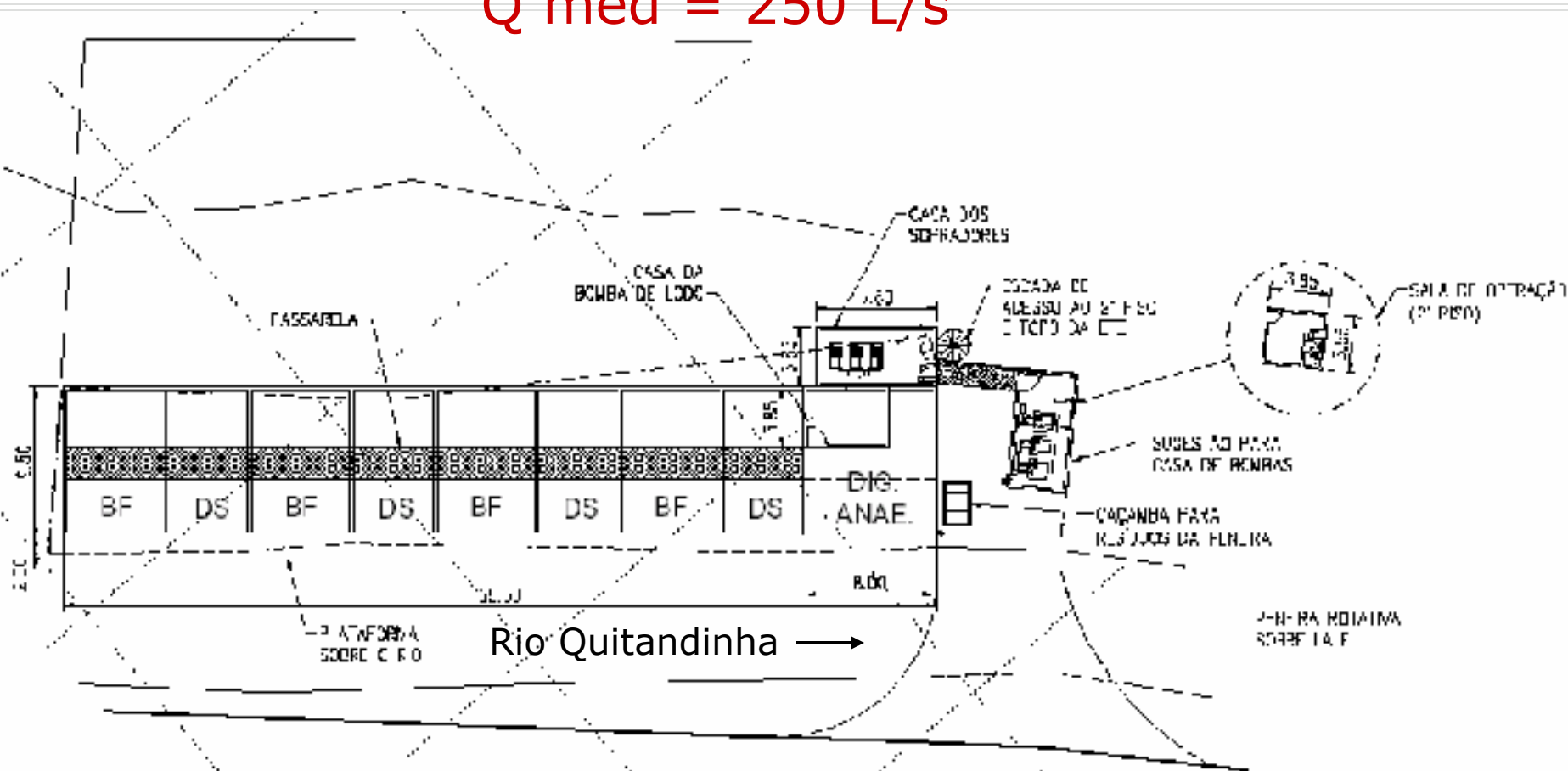
# Novos desenvolvimentos

---



# ET Rio Quitandinha – Petrópolis (RJ)

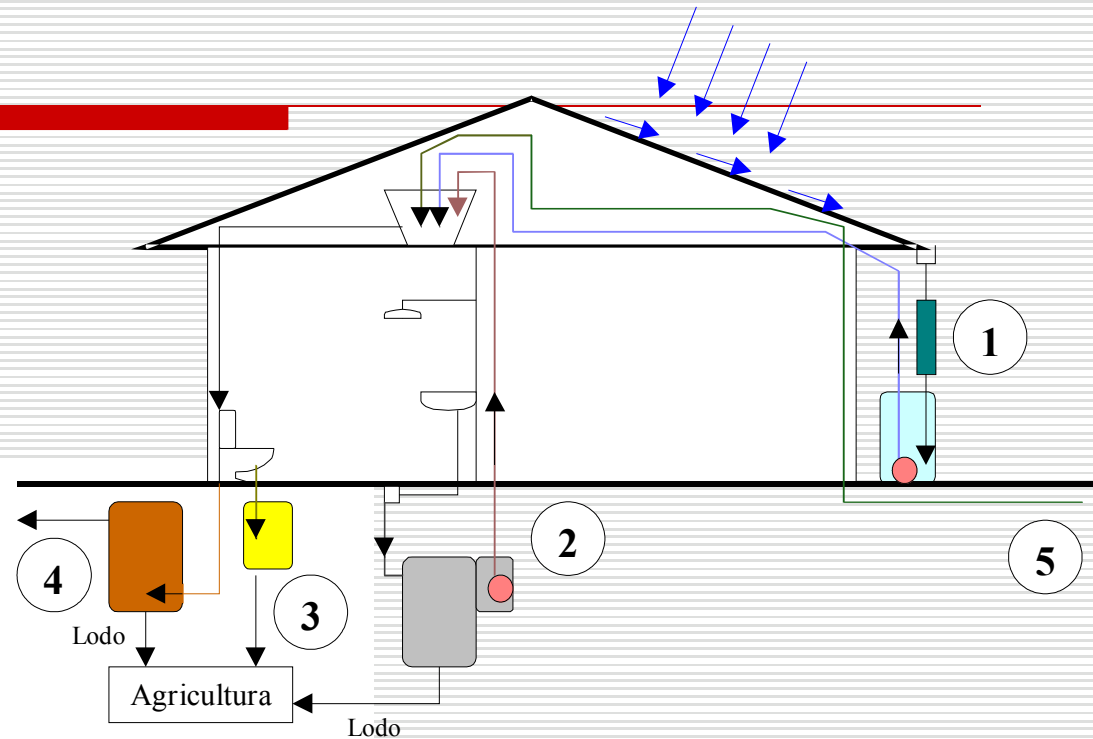
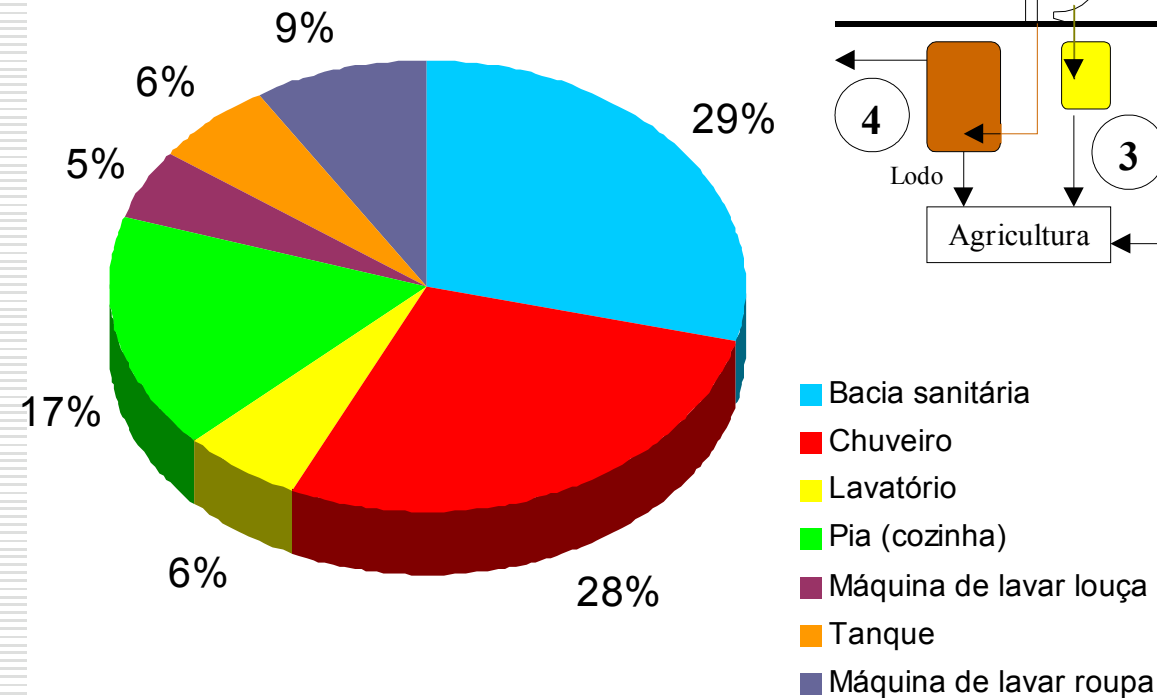
$Q_{med} = 250 \text{ L/s}$



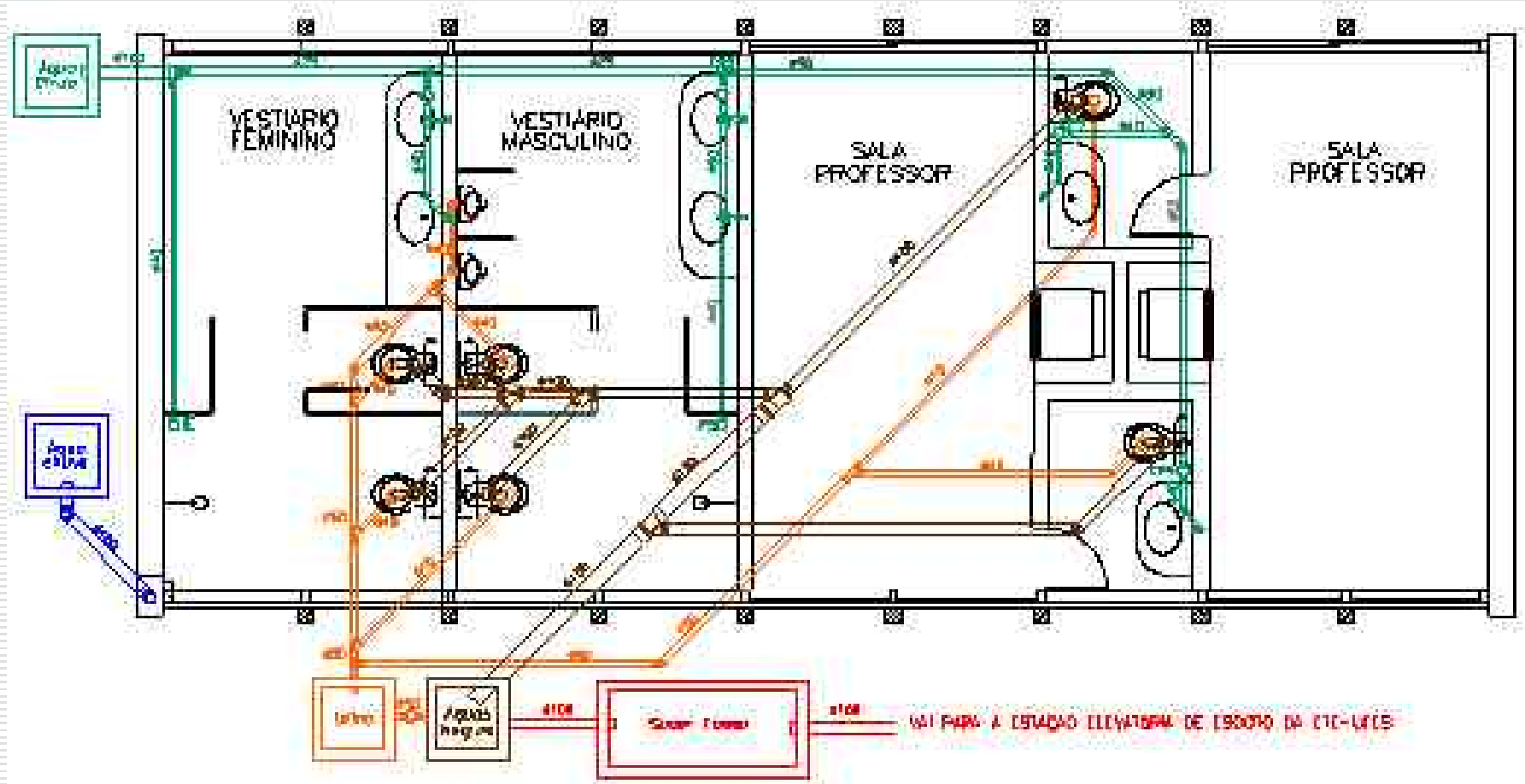
DBO5 de 70 para 10 mgO<sub>2</sub>/L  
SS de 85 para 10 mg/L  
OD de 1 para 5 mgO<sub>2</sub>/L



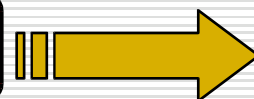
# Águas nas residências



# Quantificação – Água cinza



Projeto Hidro-sanitário



Nova concepção

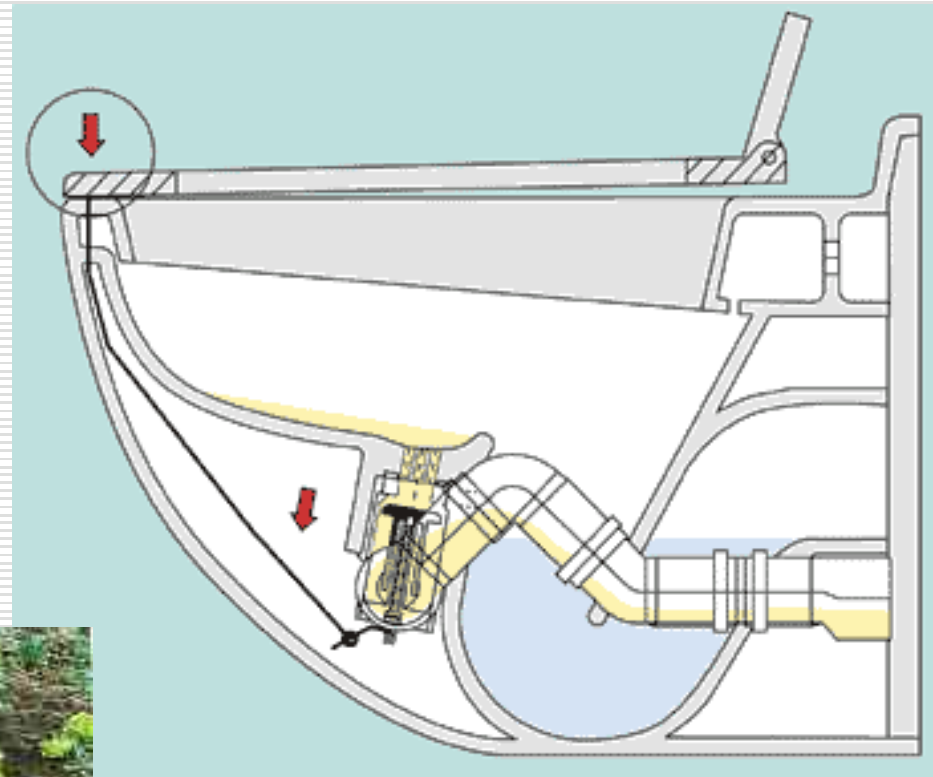
## Tecnologia brasileira para reúso de águas servidas

temperatura máxima de água quente, para atingir temperaturas mais baixas. Lábio se comenta o consumo de água quente de 1/4 a 1/3 o consumo de água potável da comunidade, mais o ambiente.



# Segregação fezes - urina

---





---

Ricardo Franci Gonçalves

franci@npd.ufes.br

fone: (027)3317 7919 e  
9222 9993

---