



**Tecnologias de tratamento de esgoto - de  
pequenas a grandes ETEs  
Experiências com projetos e operações**

**Dr. Christoph Platzer, Rotaria do Brasil**

# Níveis de atendimento no Brasil (SNIS 2015)

Região	Índice de atendimento com rede (%)				Índice de tratamento dos esgotos (%)	
	Água		Coleta de esgotos		Esgotos gerados	Esgotos coletados
	Total	Urbano	Total	Urbano	Total	Total
	(IN <sub>055</sub> )	(IN <sub>023</sub> )	(IN <sub>056</sub> )	(IN <sub>024</sub> )	(IN <sub>046</sub> )	(IN <sub>016</sub> )
Norte	56,9	69,2	8,7	11,2	16,4	83,9
Nordeste	73,4	89,6	24,7	32,2	32,1	78,5
Sudeste	91,2	96,1	77,2	81,9	47,4	67,8
Sul	89,4	98,1	41,0	47,5	<b>41,4</b>	94,3
Centro-Oeste	89,6	97,4	49,6	54,7	50,2	92,6
Brasil	83,3	93,1	50,3	58,0	<b>42,7</b>	74,0

**Santa Catarina**

**22,0**

## A problemática em SC

**Situação atual: 78% de esgotos gerados NÃO são tratados**

295 Municípios com total 7 Mio habitantes (IBGE 2017)

249 Municípios < 30.000 habitantes

98 Municípios não atendidas pela CASAN = 3,4 Mio habitantes

**Busca por ETE com tecnologias adaptadas a atender situações “descentralizadas” (pequeno a médio porte)**

## Possíveis Soluções

- **Considerar no Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB, Lei n.º 11.445/2007) as condições específicas**, como, por exemplo, as etapas da realização da rede de esgoto de acordo com a realização das ETE;
- Escolha das tecnologias adaptadas, considerando as **exigências especiais das ETE de menor porte**;
- Considerar **sistemas modulares de tratamento (Etapas de Expansão)**, tanto em relação a **expansão da rede** como as crescentes **exigências da eficiência**;
- Considerar **novas soluções de serviço de saneamento “sobre rodas”** para incluir as zonas sem rede de esgoto a um atendimento com serviço de saneamento básico, controlando os riscos de saneamento *in situ*.

# Qual a Melhor Solução? Depende das Condições

- Área
- Investimento
- Operação e Manutenção
  - Custo Energia;
  - Custos Insumos;
  - Custo Mão de obra.



# Exigências especiais de ETE de menor porte

Tema 1

Variâncias de carga

Vazão Média de Projeto

800 x 160 / 1000 / 24

5,33 m<sup>3</sup>/h

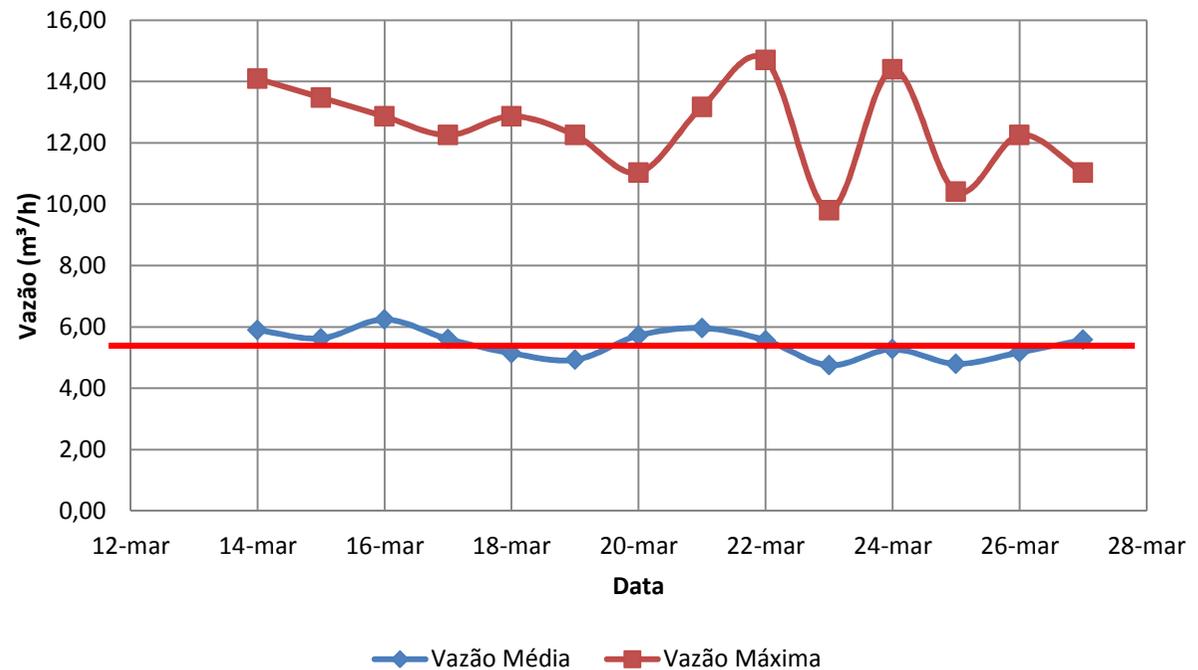
Vazão máx.<sub>real</sub>: 12,47 m<sup>3</sup>/h

Vazão média<sub>real</sub>: 5,45 m<sup>3</sup>/h



Fator de Pico<sub>real</sub>: 2,29

Histórico Vazões - 800 Habitantes



Fonte: Sistema de Telemetria

# Exigências especiais de ETE de menor porte

**Custos específicos**

Indicador	Padrões de Eficiência para Tratamento de Esgotos								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
DBO	30%	60%	75%	85%	85%	90%	90%	90%	90%
SST	40%	60%	75% <sup>(1)</sup>	85% <sup>(1)</sup>	85% <sup>(1)</sup>	90%	90%	90%	90%
CF					99,999%		99,999%		99,999%
PT								85%	85%
e/ou NTK								e/ou 85%	e/ou 85%
Pop. Equivalente (hab.)	Valores per capita de referência (R\$/hab)								
até 10.000		70	110	150	160	190	200	230	230
de 10.001 a 20.000		50	90	140	140	180	180	200	220
de 20.001 a 50.000		40	80	110	120	150	160	190	200
de 50.001 a 100.000		40	80	110	110	140	150	180	190
de 100.001 a 200.000		40	80	110	110	140	150	180	190
acima de 200.000		40	80	110	110	140	150	180	190

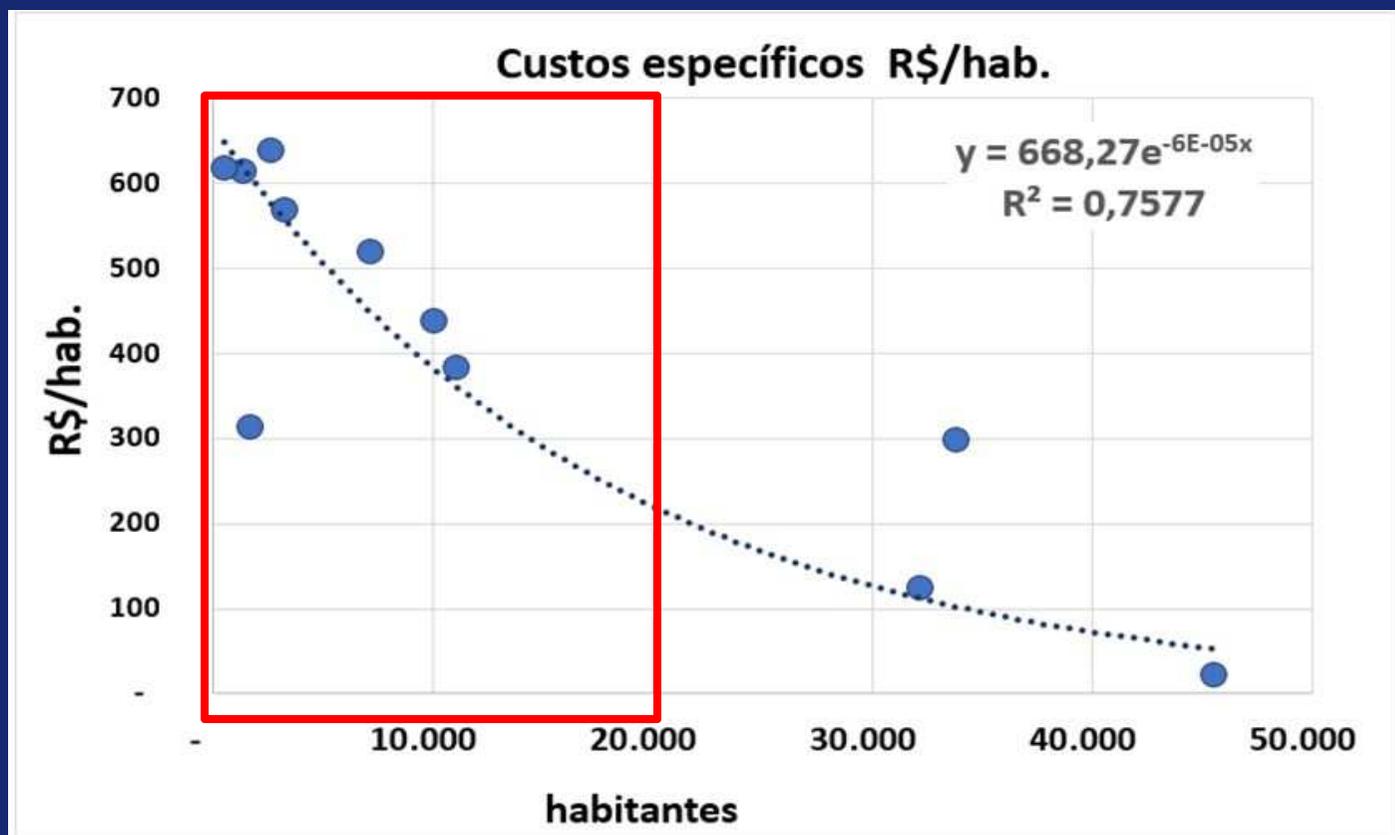
**Custos aumentam com a exigência**

**Custos específicos**

**Fonte:** Agência Nacional de Água (ANA) orientações sobre custos mínimos em função da eficiência da ETE

## Exigências especiais de ETE de menor porte

Custos  
específicos



Fonte: Das 45 ETE da SABESP comparadas por Reami & Coraucci (2011) foram usadas 11 ETEs abaixo de 50.000 hab. (sem lagoas)

## VMP para ETE - expectativas e potencial real



3

NORMA EUROPEA	Classes	1	2	3	4	5
Equivalentes habitantes atendidos	E hab	até 1.000	até 5.000	até 10.000	até 100.000	> 100.000
corresponde a vazão média l/s	Litro/sec	$\leq 2$	$\leq 10$	$\leq 20$	$\leq 200$	$> 200$
DBO5	mg O <sub>2</sub> /L	40	25	20	20	15
DQO mg/L	mg O <sub>2</sub> /L	150	110	90	90	75
Nitrogênio amoniacal (mg N/L)	mg N/L	/	/	10	10	10
Nitrogênio total (mg N/L)	mg N/L	/	/	/	18	13
Fósforo total (mg P/L)	mg P/L	/	/	/	2	1

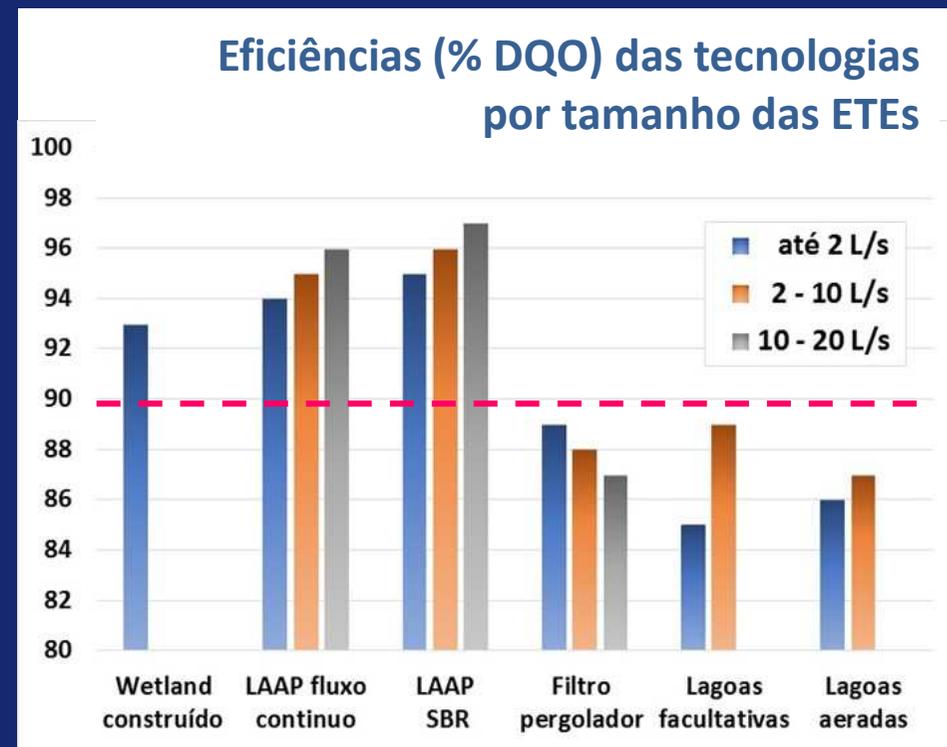
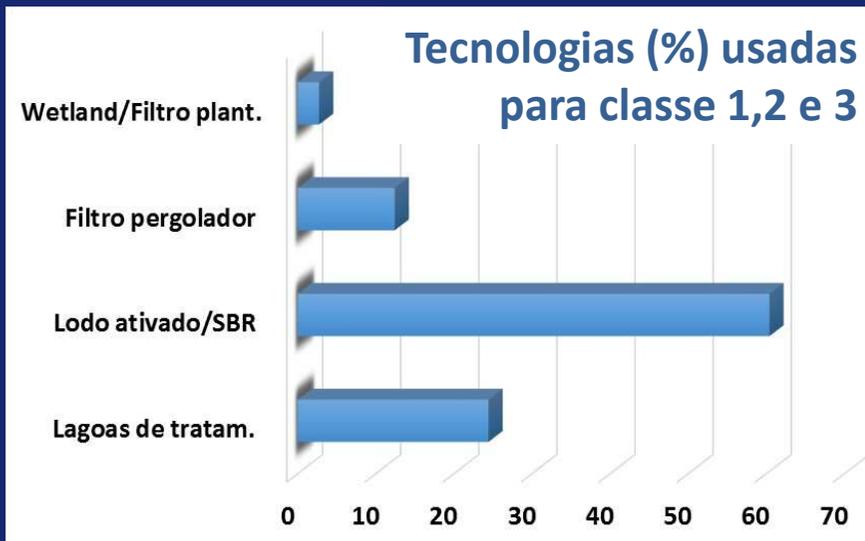
**Eficiência em relação ao porte de ETE**, ou seja, sua contribuição ao corpo receptor e os custos específicos necessários para as tecnologias avançadas e sua operação  
 p.ex. Nitrificação a partir de 10 L/sec; Remoção de Nitrogênio e de Fosforo  $\geq 20$  L/sec

**Aspecto importante: Vale para amostra composta + aplicando a regra de 4 de 5**

# Na Prática. O que significa a aplicação da norma europeia?

Realidade na Alemanha

Estudo entre 3.219 ETE na Alemanha:  
**67%** das ETE (2.149) corresponderam  
 a classe 1 a 3 (**até 20 L/sec.**)



## Conclusões da experiências da Alemanha/ Europa

Exigências viáveis resultam na pratica na eficiência das ETE que até pode superar as exigências, ainda favorecendo a busca de soluções econômicas sem cair na trave de promessa de “milagre”

As ETE de porte menor são atendidas de forma mais eficiente por **Lodo Ativado (como fluxo contínuo ou SBR)** e **Wetlands construídos** cumprindo mais que 90% remoção de DQO e até remoção de Nitrogênio.

Transferido as condições climáticas do Brasil tem ainda mais potencial da economia!

# 1. Redução de Sólidos

**Tratamento mecânico:** Separação de areia, gordura e sólidos sedimentáveis.

Atenção: a eficiência da tecnologia deve ser relacionada com o tratamento em seguida.



*Caixa de areia aerada*



*Peneira Estática*



*Caixa de área com bypass*

## 2. Redução da Carga Orgânica (DBO<sub>5</sub>/DQO)

### 1. Tratamento anaeróbio:

**ABR o RAC** (*compartimentado, fluxo horizontal*)

40 - 60% remoção de DBO; tratamento primário  
aplicação 100 - 4.000 habitantes

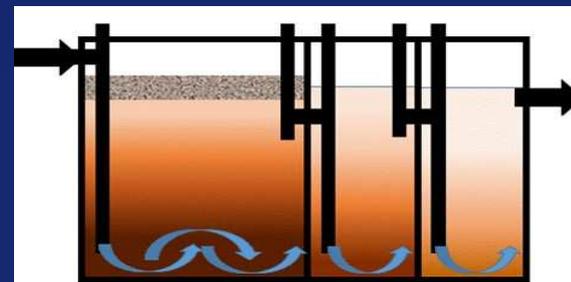
**Tanque Imhoff** (*sedimentação do lodo*)

30 - 50% remoção de DBO; tratamento primário  
aplicação 1.000 - 10.000 habitantes

**UASB/RALF** (*fluxo ascendente*)

50 - 70% remoção de DBO; tratamento primário  
aplicação > 10.000 habitantes

**Sempre: Estabilização do lodo, Produção de gás metano**



## 2. Redução da Carga Orgânica (DBO<sub>5</sub>/DQO)

### 2. Tratamento aeróbio, compacto:

**Lodo Ativado de aeração prolongada**  
**fluxo contínuo e SBR**

> 90% remoção de DBO e Nitri + Deni  
Aplicação até 50.000 habitantes

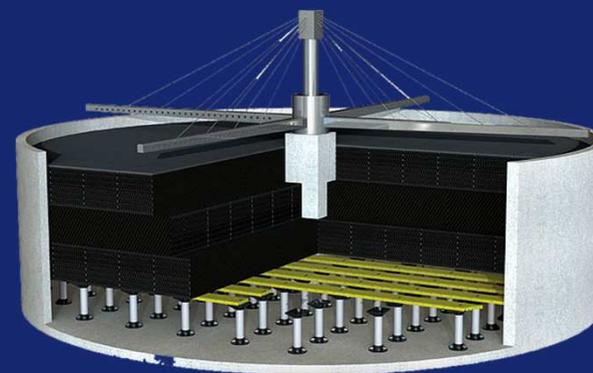
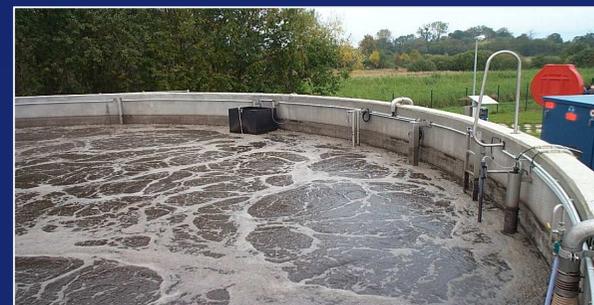
**Filtro percolador**

> 85% remoção de DBO, sem Nitri/Deni  
Aplicação ilimitada

**Biodisc**

> 85% remoção de DBO, Nitri/Deni limitado  
Aplicação: 5 a 15.000 habitantes

**Sempre: Estabilização aeróbia do lodo em excesso**



Fonte Naylson M.  
Maciel, 2009

## 2. Redução da Carga Orgânica (DBO<sub>5</sub>/DQO)

### 3. Tratamento aerobio, extensivos :

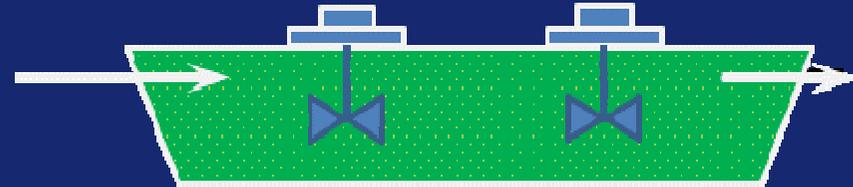
#### Sistemas de Lagoas facultativas

> 85% remoção de DBO sem Nitri  
Aplicação ilimitada



#### Lagoas aeradas

até 85% remoção de DBO, sem Nitri  
Aplicação limitada pelo gasto de energia



#### Wetlands ou Filtros plantados

> 95% remoção de DBO, Nitri e Deni possível  
Varias tecnologias, até 10.000 habitantes



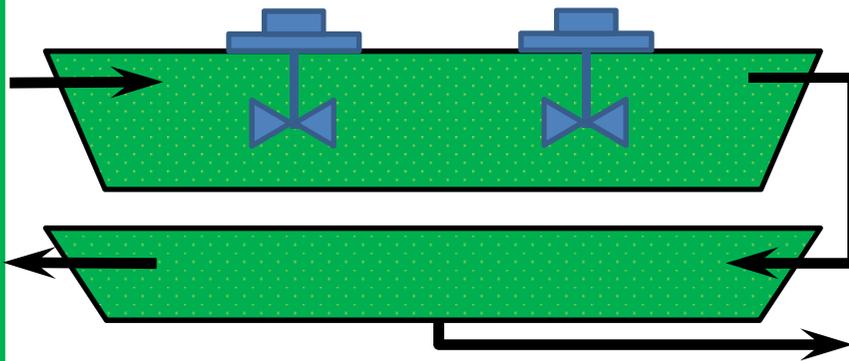
**Sempre: Relativamente pouca manutenção.**

# Lodo Ativado

não tem nada a ver com  
as lagoas aeradas

Concentração  
de biomassa

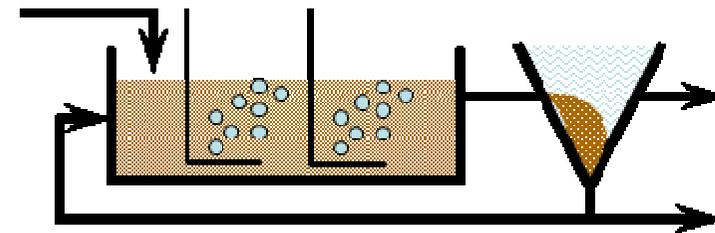
*Lagoa aerada*



*Remoção de lodo*

Sem nenhuma concentração de biomassa  
Aeração técnica para aumentar a oxigenação natural (difusão e fotossínteses de algas)  
Em comparação com lodo ativado, a eficiência energética é muito baixa: **ausência de biomassa para aproveitar o ar/oxigênio**

*Lodo ativado*



*Recirculação de lodo*

Compacto, biomassa concentrada através de decantação e retorno de lodo.

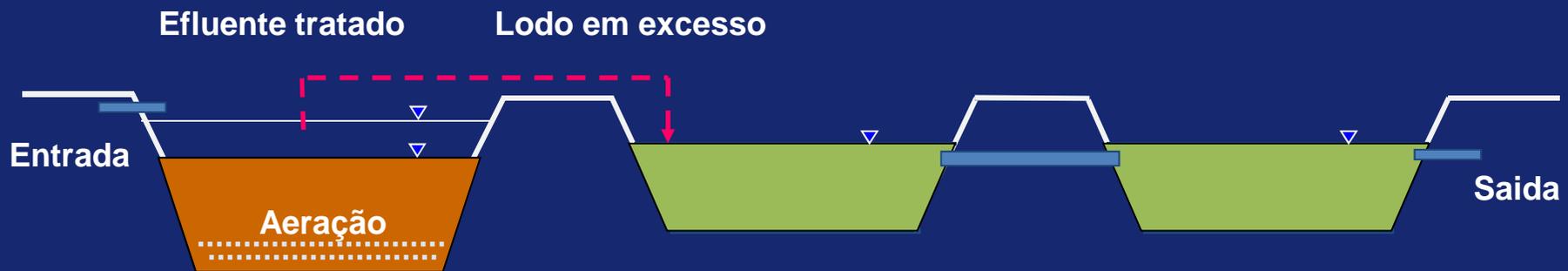
Exige aeração técnica.

Pode realizar **todos os processos biológicos** com **eficiência máxima**.

**SBR (reator sequencial por batelada)** é tecnologia baseado 100% em lodo ativado

# Lagoa SBR – transformação eficiente de uma lagoa

Concentração de biomassa



Exemplo de Alemanha transformação em lagoa SBR e eficiência

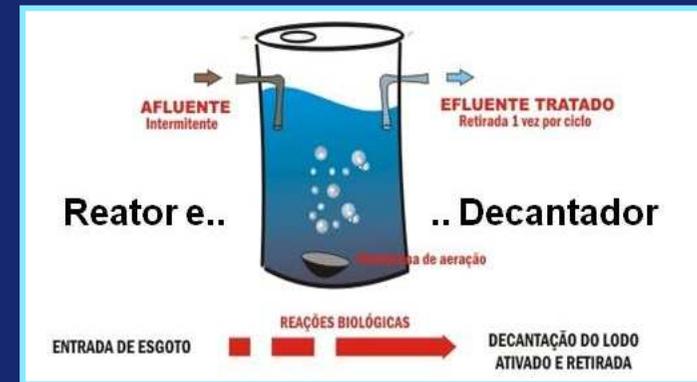
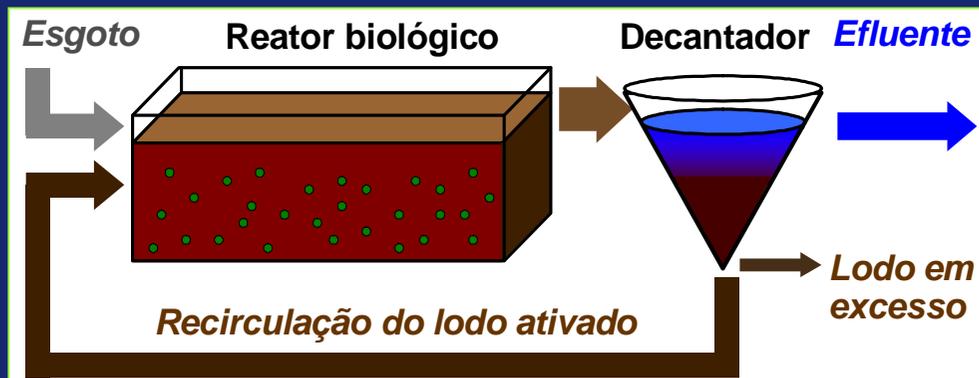
	Entrada	Saida
mg DQO/L	920	39
mg N <sub>total</sub> /L	89	6,6
mg NH <sub>4</sub> -N/L	77	1,5
mg P <sub>total</sub> /L	13	4,0

Fonte: Palestra Prof. Matthias Barjenbruch de TU Berlin/Alemanha no seminário Rotaria 15 anos

# REATORES SBR

## 100% Processo lodo ativado

Fluxos contínuos  
e em batelada



### SBR em comparação com o sistema de lodo ativado com fluxo contínuo

**Construção: mais compacto, econômico e extremamente adaptável.**

**Operação: Muito mais flexível em responder variações nas cargas**

**Mais segura pelo controle por automatização;**

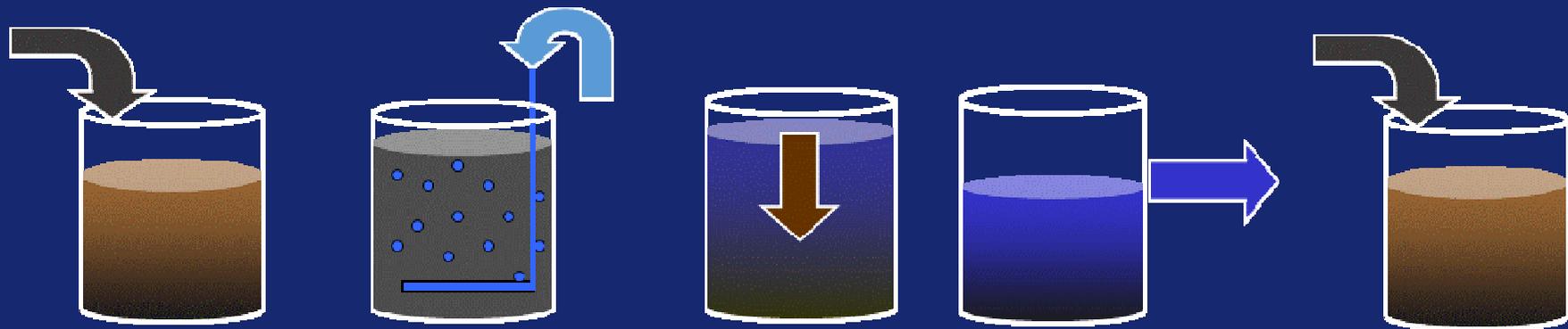
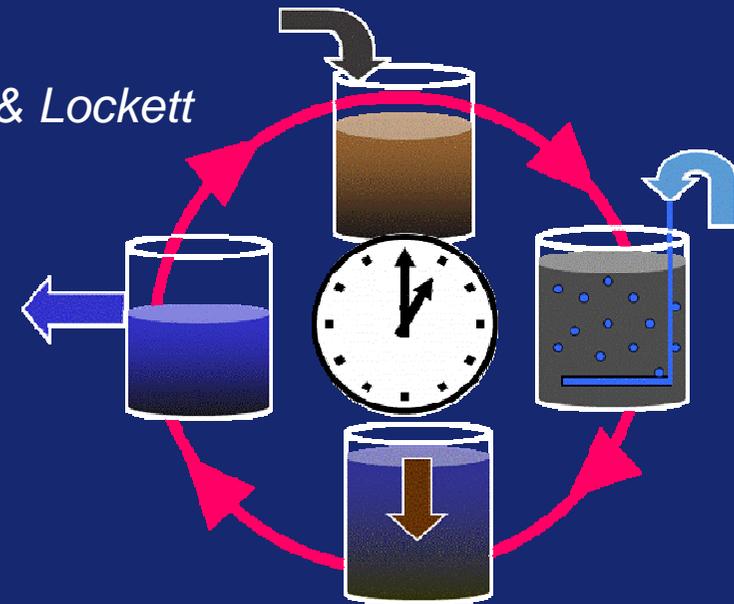
**Menos uso de energia.**

## O primeiro sistema Lodo Ativado era SBR

Processo de lodo ativado desenvolveram *Arden & Lockett* Inglaterra, realizada em 1914 na Salford

**2 reatores de 83m<sup>3</sup> operado assim:**

- Enchimento : 45 min
- Aeração e reações : 3 horas
- Decantação: : 2 horas
- Retirada do efluente : 1 hora
- Espera : 15 min.



# SBR, aeração prolongada

## Alta eficiência, lodo estabilizado

Habitasul,  
Jurerê Internacional,  
temporada até 15.000 hab.

Shopping Blumenau



Condomínio vertical



Pousada, Florianópolis



Carolina, Maranhão (CESTE) 3.000 habitantes

# Tratamento de Esgoto

## Fatores de dimensionamento

**SBR dimensionado  
com aeração  
prolongada**

**Reatores SBR**

**Canteiros para a  
desidratação  
e  
mineralização  
de lodo  
formado  
(biomassa)**



**ETE MADRI; Parque residencial de 7.800 habitantes**

# Tratamento Esgotos

## Fatores de dimensionamento

**SBR dimensionado  
com aeração  
prolongada**



**Reatores SBR  
Dimensionado  
com aeração  
prolongada  
canteiros para a  
desidratação e  
mineralização  
de lodo  
formado  
(biomassa,  
lodo ativado)**

**Parque industrial, Joinville 10.000 funcionarios**