



# REÚSO: Necessidade de marco regulatório, os critérios de qualidade e viabilidade econômica

**Ricardo Franci Gonçalves**

Prof. Titular, D. Ing.

Depto. Enga. Ambiental

Universidade Federal do Espírito Santo

Macro → Bacia hidrográfica

Meso → Cidade

Micro → Edificações



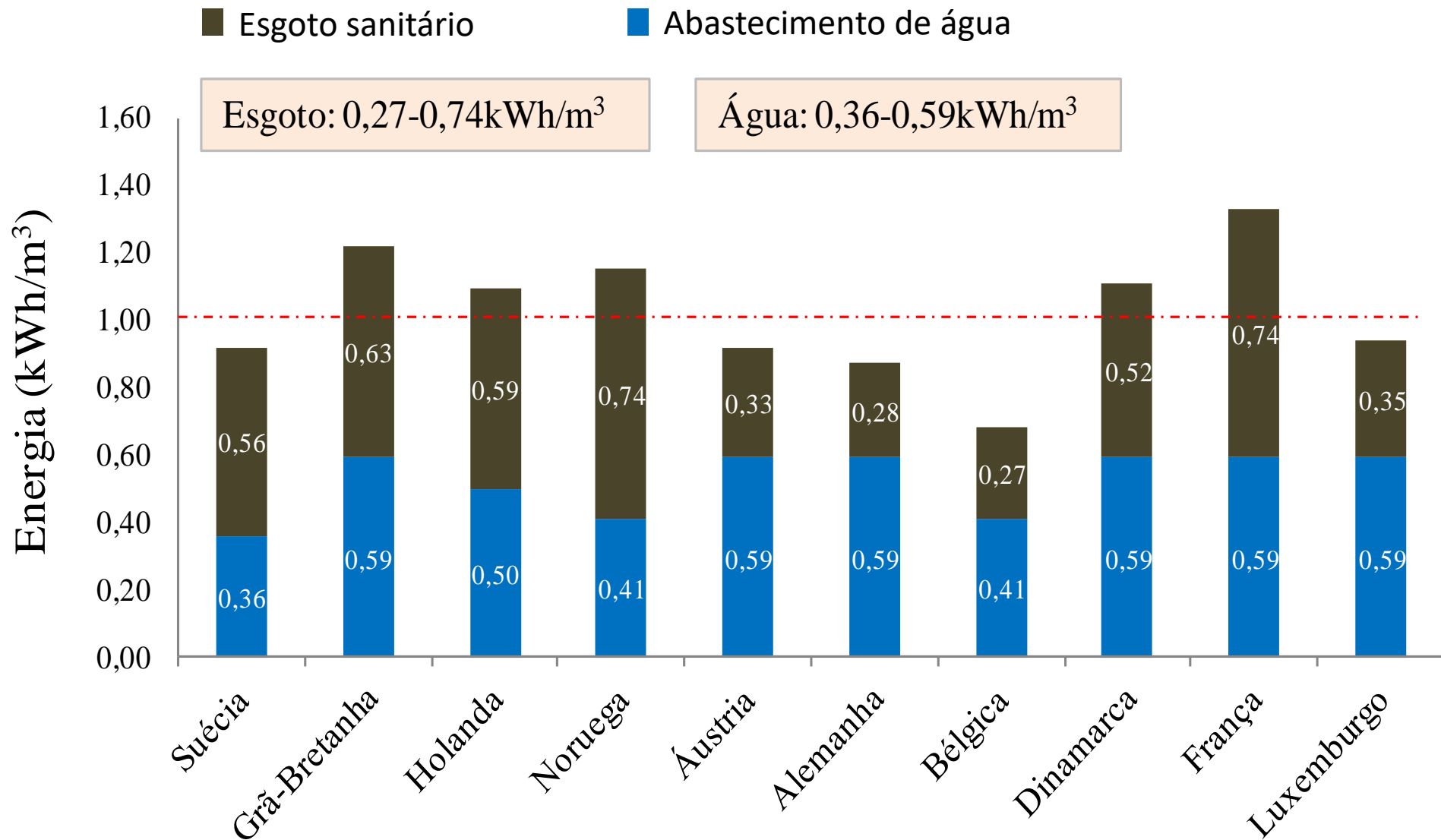
Energia

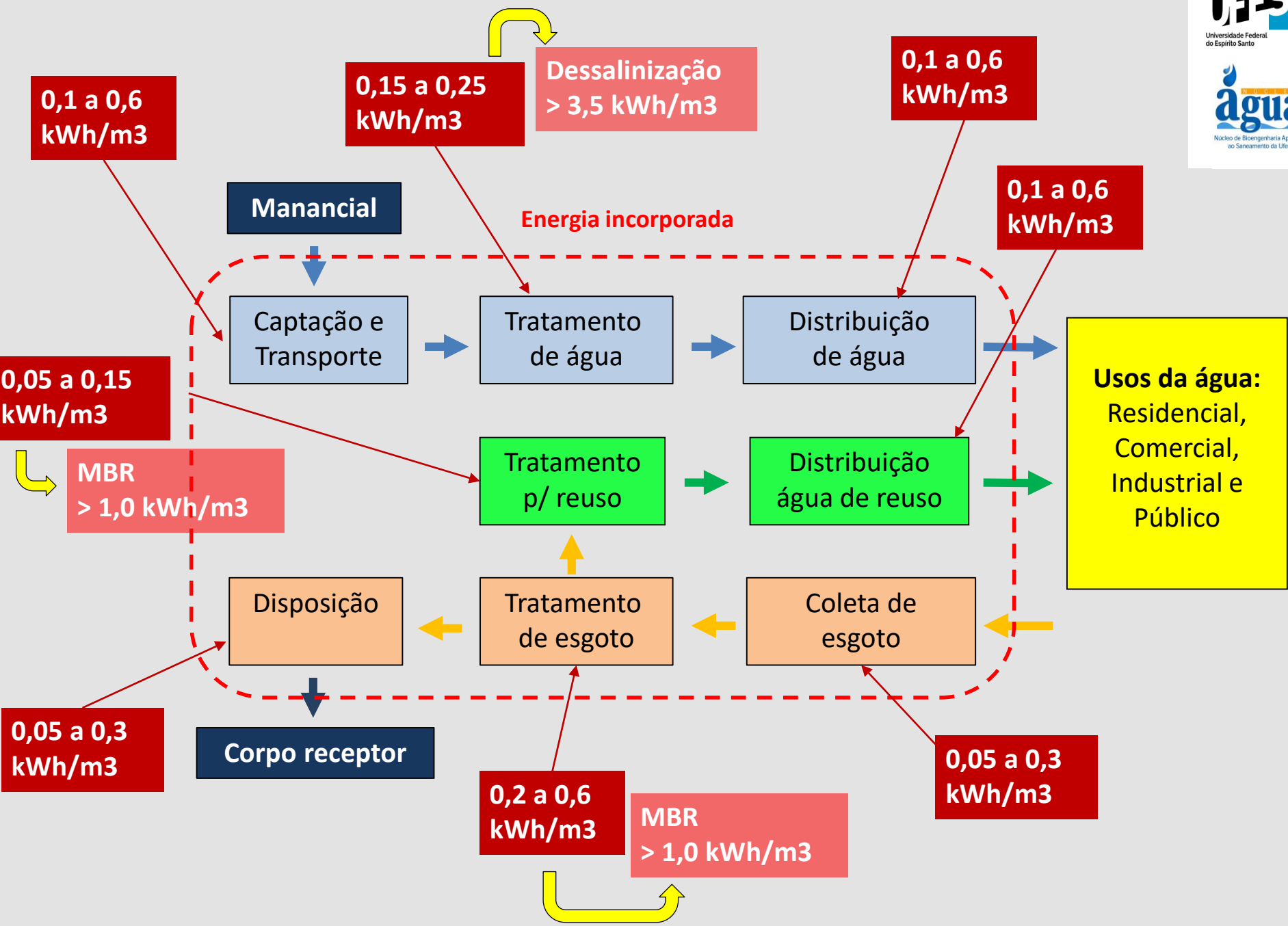
Água

Nutrientes

“NEXUS”

# Escala Meso → cidades







# Escala Micro





- Universidade Petrobras
- Alto padrão de acabamento
- Cidade Nova – Centro/RJ
- Área: 52.425 m<sup>2</sup>
- 3 sub-solos e 7 andares
- Auto nível de automação predial
  
- IMPLANTAÇÃO: 2006 e 2008





Figura 1 – Vazão nominal 70m<sup>3</sup>/d



Figura 2 – Vista Geral da ETAC



Figura 3 – Automação (Turbidímetro on-line)



Figura 4 – Dupla Filtração



ETER PETROBRAS: 300 m<sup>3</sup>/d  
Pré-tratamento + RAC + FBAS + FT areia + FT  
carvão + Cloro





Implantação → R\$ 620.000,00  
Período de retorno → 4,5 anos



ETAC + EACH  $\rightarrow$  20 m<sup>3</sup>/d



ETAC → 40 m<sup>3</sup>/d

# Sede da Petrobras – Salvador BA



**PETROBRAS**



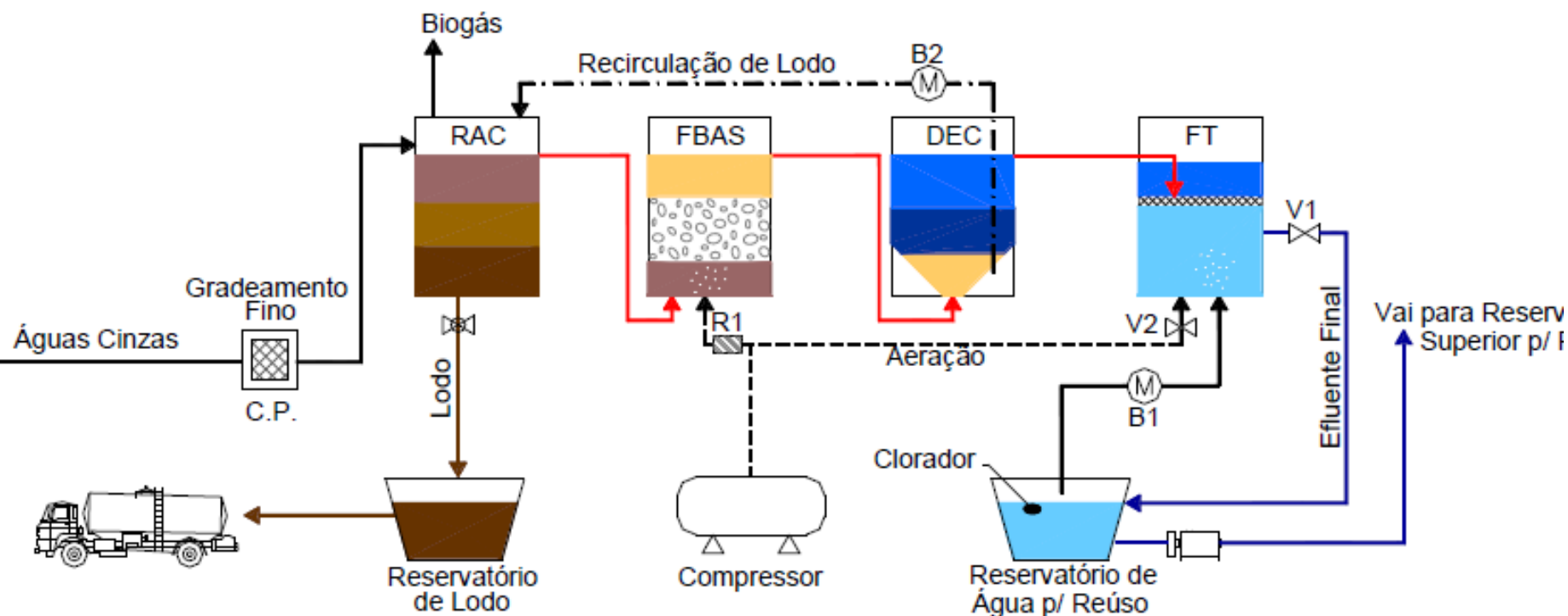
**ODEBRECHT**



→ ETAC: 120 m<sup>3</sup>/d  
→ Reúso em fins não potáveis: ar condicionado, irrigação, umectação de vias.



# ETAC



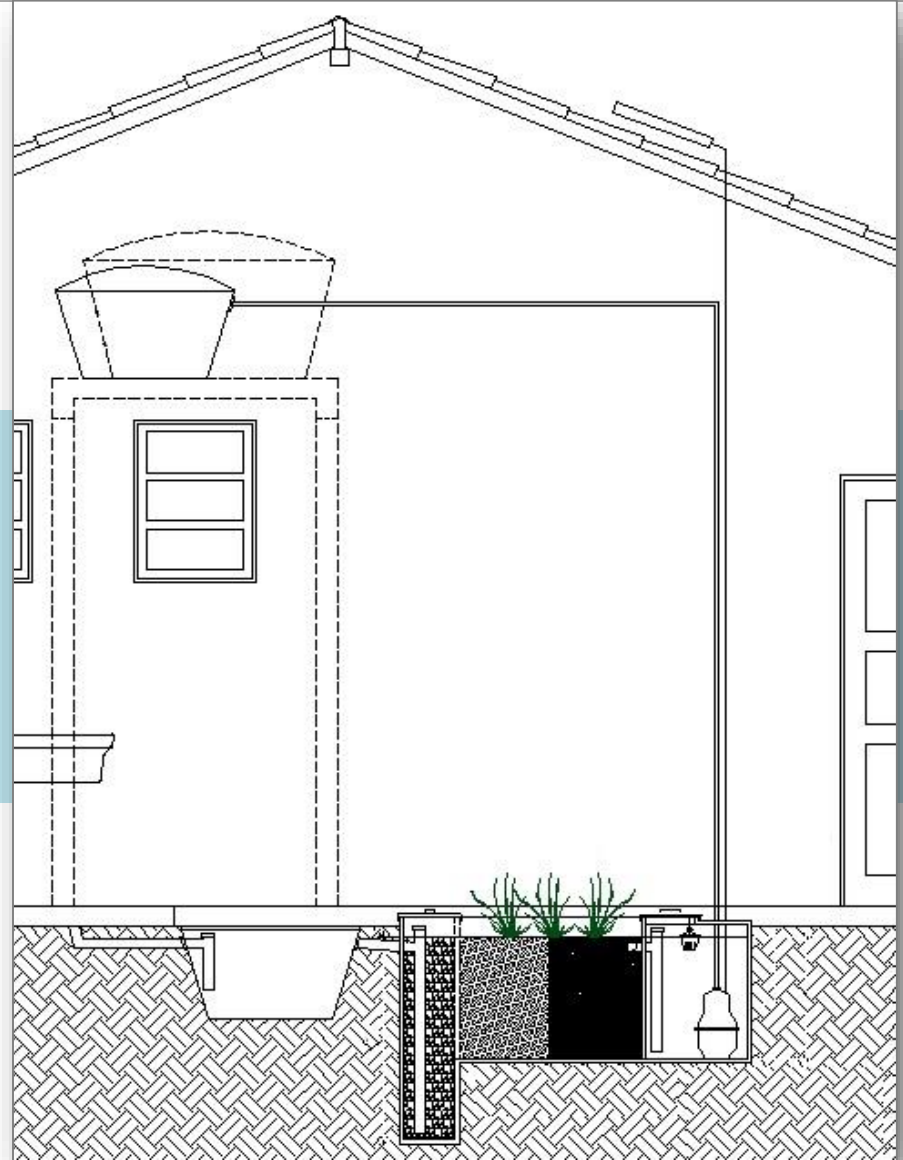
## ETAC - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS

RAC - Reator Anaeróbio Compartimentado  
FBAS - Filtro Biológico Aerado Submerso  
DEC - Decantador Secundário  
FT - Filtro Terciário  
B1 - Bomba centrífuga auto-escorvante  
B2 - Bomba centrífuga auto-escorvante

R1 - Rotâmetro  
V1 - Válvula Solenóide  
V2 - Válvula Solenóide  
- - - Recirculação de Lodo  
— Água de lavagem do FT  
— Fluxograma do Processo  
- - - Sistema de Aeração

# ETAC – CONFIGURAÇÃO E DIMENSIONAMENTO

Sistema descentralizado – reúso local



Após 8 meses



Após 18 meses



Água cinza



Vaso sanitário

Efluente Anaeróbico

Efluente aeróbico

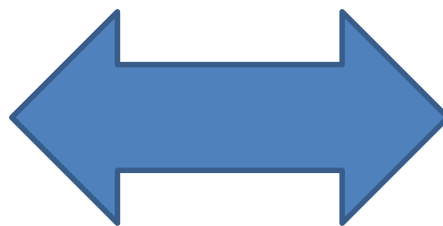
Efluente filtrado

Efluente clorado

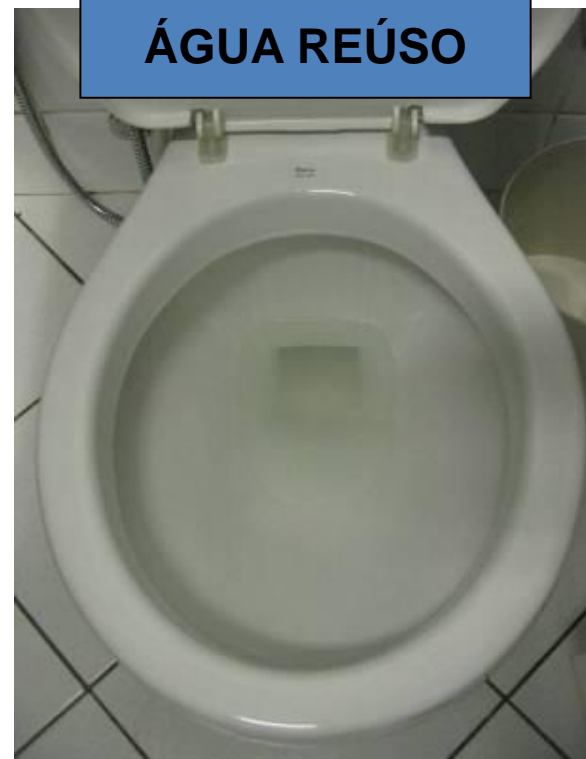




ÁGUA POTÁVEL



ÁGUA REÚSO



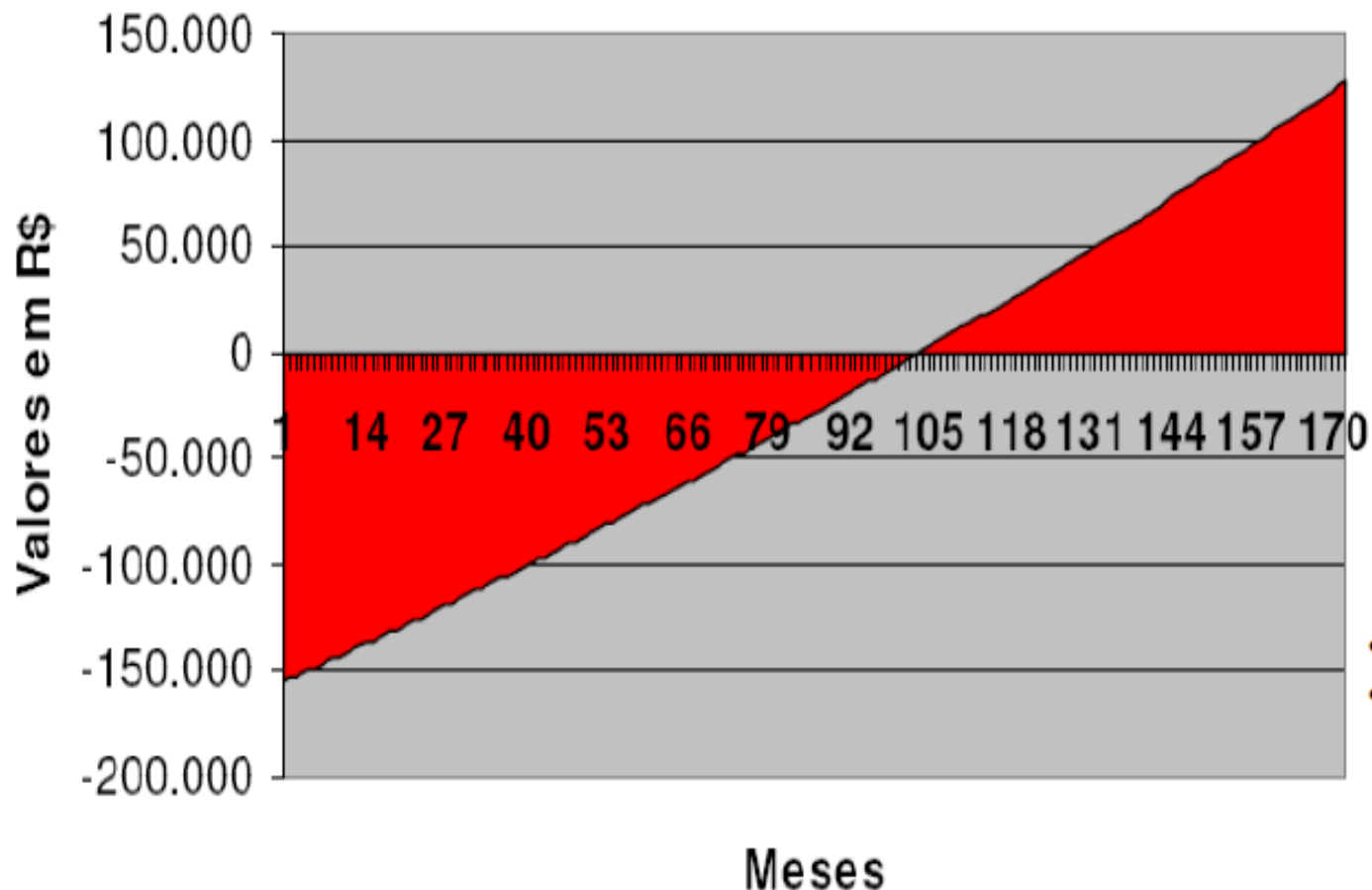
**PRESERVANDO  
A NATUREZA**  
PROTECTING NATURE

O Comfort Suites Macaé utiliza alta tecnologia que prevê o reuso das águas servidas do hotel para utilização **somente nos vasos sanitários**, poluindo menos o meio ambiente.

Using the latest technology, the Comfort Suites Macaé waste water is reclaimed for flushing the toilets, thereby drastically reducing the impact of pollutants on the environment.



# Viabilidade Econômica



## Ed. Royal Blue

- Poupança: 0,65% ao mês
- Inflação: 5% ao ano

Cenário 1 – Tempo de Retorno para a implantação do sistema de reúso **com BDI**

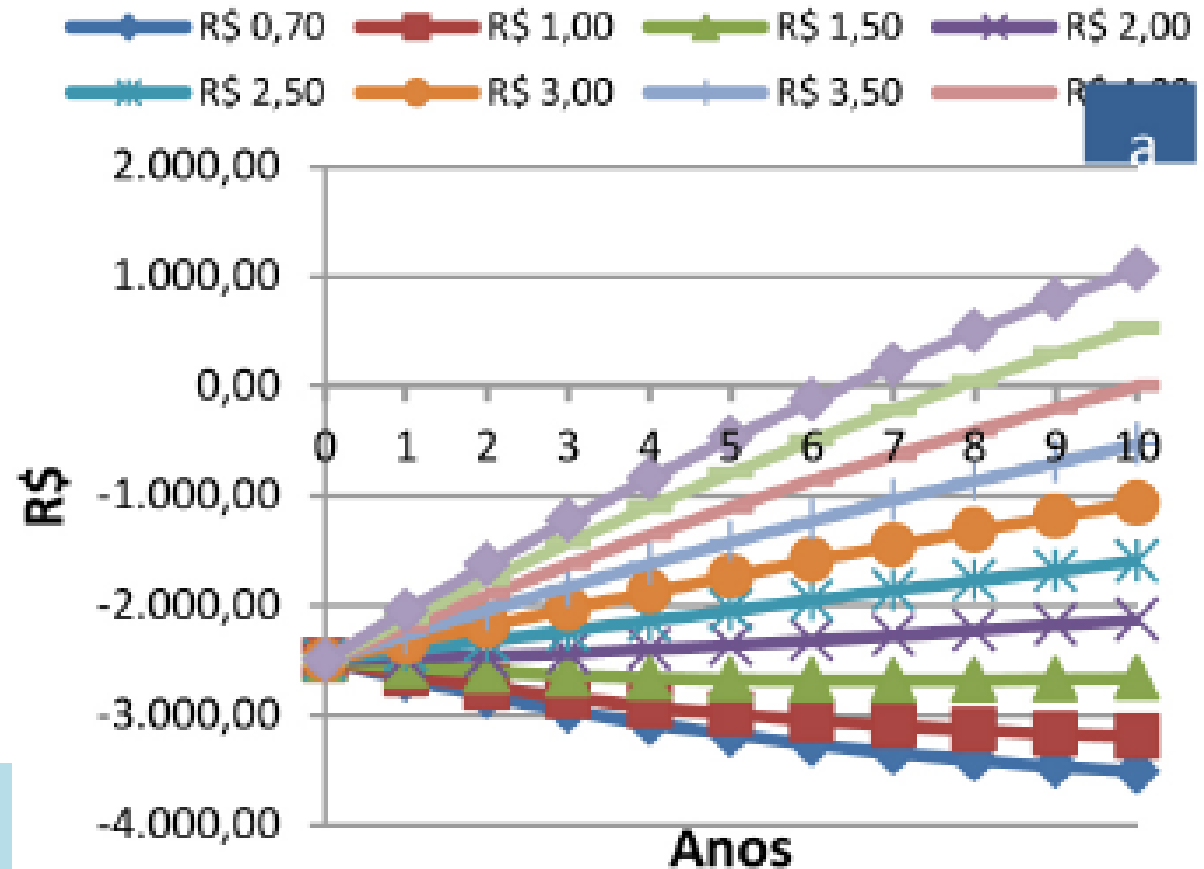
**TEMPO DE RETORNO: 103 MESES OU 8,5 ANOS**



3º Workshop | Rede de Pesquisa  
Uso racional de água e eficiência energética  
em habitações de interesse social.

## REÚSO DE ÁGUAS CINZAS EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS UNIFAMILIARES: UM LUXO ECONOMICAMENTE VIÁVEL PARA POUCOS

Thiago Keller Franci  
Ricardo Franci Gonçalves



Escala Meso →  
Cidades

# Vitória: colapso hídrico entre 2016 e 2025?

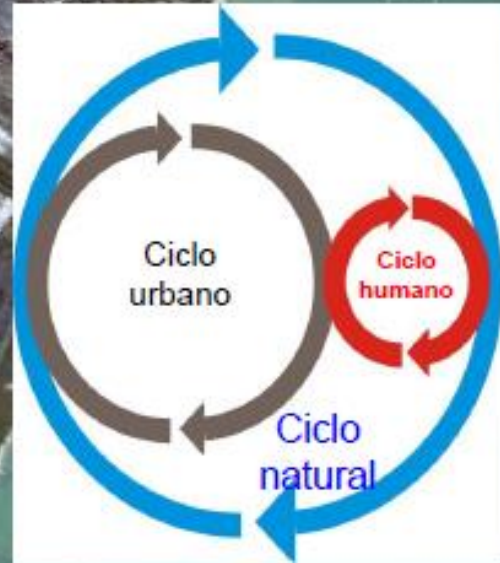


**Termoelétrica?**

**Siderúrgica  
Arcelor - Mittal**

**Porto  
CVRD**

**ETE Jardim Camburi Km  
Qmed = 200 L/s**



Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO  
 Image © 2010 DigitalGlobe  
 © 2010 MapLink/Tele Atlas  
 Image © 2010 TerraMetrics

©2010 Google

## Reúso → tecnologias de tratamento do esgoto

Parâmetro	Tratamento secundário NBPR + desinfecção	Tratamento secundário NBPR + filtros de areia + desinfecção	Tratamento secundário NBPR + microfiltr. + O.R. desinfecção
SST	5 a 20	1 a 4	≤ 1
DBO <sub>5</sub>	5 a 20	1 a 5	0 a 2
N Total	2 a 12	2 a 12	≤ 1
N-NO <sub>3</sub>	1 a 10	1 a 10	≤ 1
P total	0,1 a 0,5	0,1 a 0,5	≤ 0,5
Turbidez	2 a 6	0,5 a 4,0	0,1 -1,0
Coli Term.	2,2 a 240	≤ 2,2	≈ 0
Protozoários	5 a 10	≤ 1	≈ 0
Vírus	100 a 10000	≤ 0,0001	≈ 0

Aquapolo – SP →  $Q = 1 \text{ m}^3/\text{s}$



Lodos ativados + MBR UF + Desinfecção + O.R.

Consumo de energia  
0,5 a 1,0 kWh/m<sup>3</sup>

Aquapolo – SP →  $Q = 1 \text{ m}^3/\text{s}$





**ETE AJMAN → 300 mil hab.  
(Emirados Árabes Unidos)**



Grande



Metano  
10 a 20 m<sup>3</sup>/1000 hab.d  
(9,3 kWh/m<sup>3</sup>)

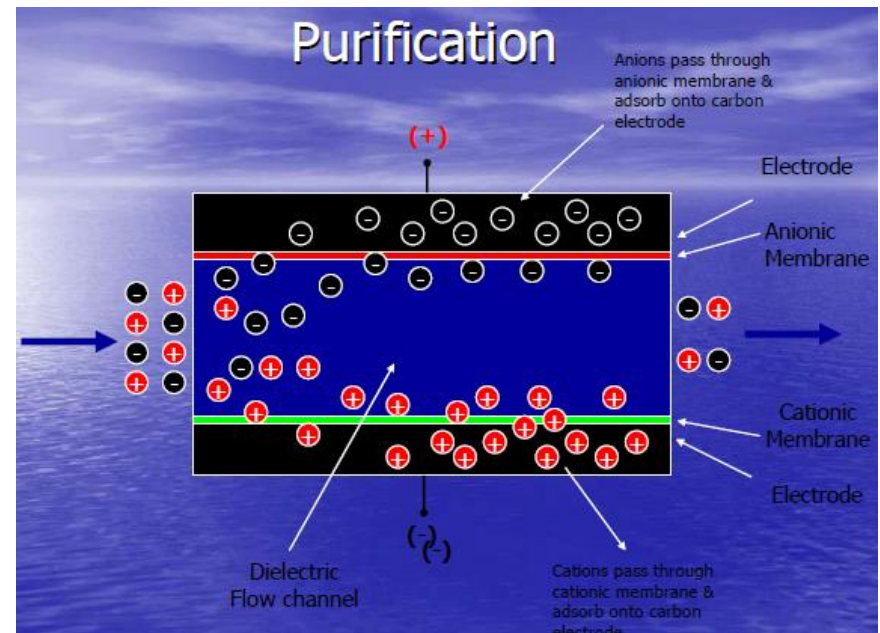
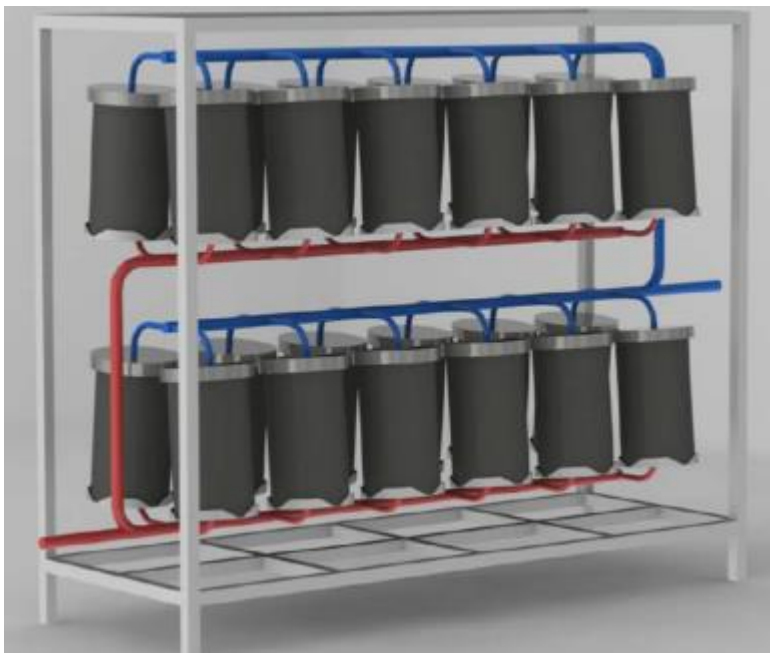
Média



UASB seguido de Biofiltro Aeróbio (UFES)



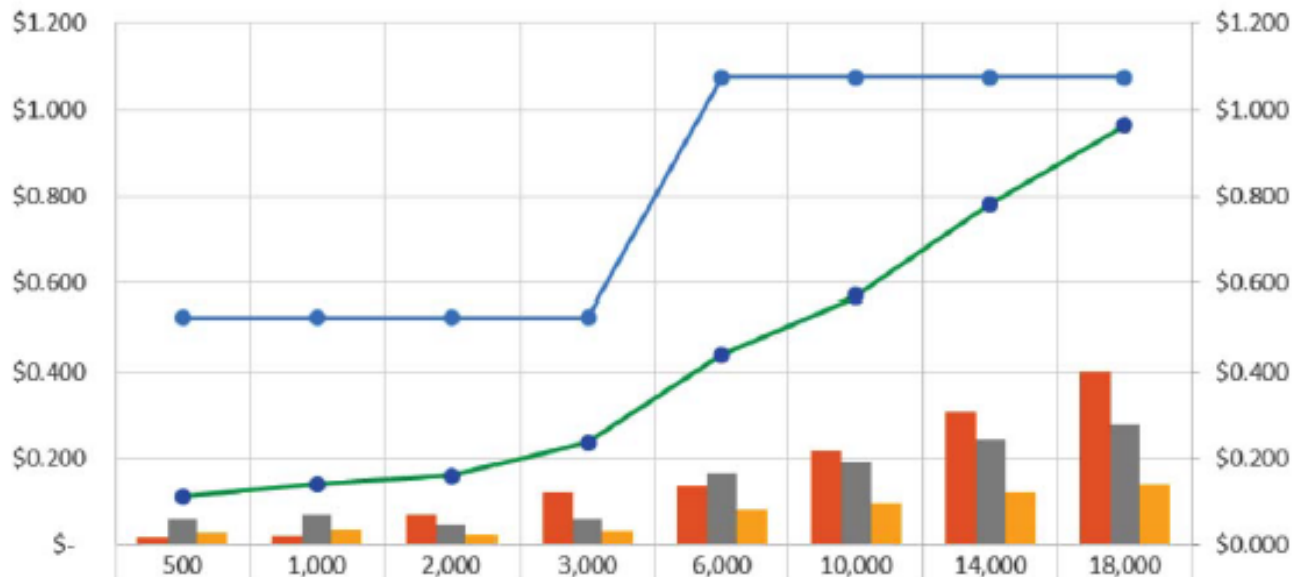
RDI → Deionização capacitiva radial





# Estudo Custo do RDI vs. OR\* vs. (Salinidade em ppm)

RO vs. RDI Total Cost of Ownership (\$/m3) vs. inlet salinity (ppm)



	500	1,000	2,000	3,000	6,000	10,000	14,000	18,000
RDI Energy	\$0.018	\$0.023	\$0.072	\$0.122	\$0.139	\$0.218	\$0.309	\$0.400
RDI-Maint	\$0.0598	\$0.0715	\$0.0486	\$0.0616	\$0.1651	\$0.1914	\$0.2434	\$0.2800
RDI Opex	\$0.030	\$0.036	\$0.024	\$0.031	\$0.083	\$0.096	\$0.122	\$0.140
RO \$/m3	\$0.53	\$0.53	\$0.53	\$0.53	\$1.08	\$1.08	\$1.08	\$1.08
RDI \$/m3	\$0.113	\$0.142	\$0.160	\$0.238	\$0.439	\$0.573	\$0.784	\$0.965

Ex. do Desempenho:

- Salinidade de 500 ppm  
RDI é ~79% mais barato;

- Salinidade de 6.000 ppm  
RDI é 59% mais barato;

- Salinidade de 10.000 ppm  
RDI é ~47% mais barato;

\* OR - Osmose Reversa

**PRODUTO III - CRITÉRIOS DE QUALIDADE DA ÁGUA (RP01B)**  
**OFICINA DE TRABALHO 3**

**Elaboração de Proposta do Plano de Ações  
para Instituir uma Política de Reúso  
de Efluente Sanitário Tratado no Brasil**

Ministério das Cidades e  
Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura - IICA

Acordo de Empréstimo Nº 8074-BR – Banco Mundial

13 de Junho de 2017

Coordenação



MINISTÉRIO DAS  
CIDADES

Parceiros Governamentais



MINISTÉRIO DO  
MEIO AMBIENTE  
MINISTÉRIO DA  
INTEGRAÇÃO NACIONAL



Financiamento



BANCO MUNDIAL

Através do

**INTERÁGUAS**  
Programa de Desenvolvimento do  
SETOR ÁGUA

Consultor

# Elaboração de Proposta do Plano de Ações para Instituir uma Política de Reúso de Efluente Sanitário Tratado no Brasil

Coordenação



INTERÁGUAS  
Programa de Desenvolvimento do  
SETOR ÁGUA

O.M.S.

USEPA

Reúso urbano irrestrito

Parâmetro	Unidade	USEPA	COEMA	PROSAB	CETESB	FIESP BS	FIESP Irr.	CH2M
Coli. Term.	NMP/100mL	0	1000	200	200	200	200	10
Ovos helm.	ovo/L		1	1	1			1
pH		9	8,5			9	9	9
DBO5	mg/L	10				10	20	15
Turbidez	U.T.	2		5		2	5	5
SST	mg/L					5	20	
RAS	mmolc/L				12			
Cl residual	mg/L	1				1		1
Condutiv.	µS/cm		3000		2900			
SDT	mg/L						1500	
Ntotal	mg/L					10	30	

Parâmetros	Classe A	Classe B	Classe C
Coliformes termotolerantes ou E.coli	Não detect.	Não detect.	Não detect.
Ovos de helmintos	1 ovo/L	1 ovo/L	1 ovo/L
Turbidez	5 UT	<5 UT	<5 UT
DBO <sub>5,20</sub>	30 mg/L	10 mg/L	10 mg/L
CRT (cloro residual total) (**)	Mín. 0,5mg/L Máx.1,0 mg/L	Mín. 0,5 mg/L	Mín. 0,5 mg/L
Cloro residual livre (**)	Mín. 0,5mg/L Máx.1,0 mg/L	-	-
Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) / Condutividade elétrica	≤500 mg/L / 900 µS/cm	≤500 mg/L / 900 µS/cm	≤500 mg/L / 900 µS/cm
Razão de Absorção de Sódio- irrigação superficial (*)	8 me/L	-	-
Razão de Absorção de Sódio- irrigação por aspersão (*)	3 me/L	-	-
Amônia	-	-	<1,0 mg NH3/L
Cloretos	-	-	15,0 a 25,0 mg/L
Condutivid			300 a 450 µS/cm (540 a 810 SDT)
Dureza			< 60,0 mg CaCO3/L
Ferro			< 0,3 mg Fe/L
Fósforo			< 1,0 mg P/L
Silica Solú			< 30 mg P/l

ABNT/CB-02  
1º PROJETO:  
MARÇO 2017

LEGENDA: XX Alteração/Inclusão – XX Pendência – XX Término da discussão

**Sistemas de água não potável em edificações**



# PROSAB

## Programa de Pesquisa em Saneamento Básico

**FINEP - CAIXA - CNPq - CAPES**

# Ricardo Franci Gonçalves

Universidade Federal do Espírito Santo

Fluxo Máquinas e Equipamentos Ltda. EPP.

[rfg822@gmail.com](mailto:rfg822@gmail.com)

Fone: (27) 99293 9992