

CARACTERIZAÇÃO BASEADA EM EFEITOS – PARTE I

Dione Mari Morita

Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

BIOENSAIOS EM MEIO AERÓBIO

- Base conceitual: testes realizados com microorganismos encontrados comumente nos sistemas biológicos de tratamento ou representativos do corpo d'água receptor, visando avaliar o impacto do lançamento do efluente não doméstico.
- Permite avaliar o efluente como um todo pelos efeitos sobre os organismos-teste e que já traduzem o resultado final das ações aditivas, sinérgicas e antagônicas das substâncias biodisponíveis que o compõe.

CLASSIFICAÇÃO DOS TESTES DE TOXICIDADE

- Testes bioquímicos:
 - Testes enzimáticos;
 - Ensaaios com Adenosina Trifosfato (ATP).
- Testes bacterianos:
 - Ensaaios de bio-luminescência bacteriana;
 - Ensaaios baseados na inibição do crescimento, respiração e viabilidade das células;
 - Ensaaios de efeitos ecológicos.

ENSAIOS COM ADENOSINA TRIFOSFATO (ATP)

- base do teste: medida da luz emitida pela reação da luciferina de vagalume com o ATP. Reação catalisada pela luciferase e pelo íon magnésio (Mg^{2+}).

TESTES DE TOXICIDADE

DISSERTAÇÃO DE JADER VIEIRA LEITE

DISSERTAÇÃO DE GABRIELA NENNA FERRARESI

DISSERTAÇÃO DE ROSÂNGELA APARECIDA CESAR

TESE DE MURILO DAMATO

DISSERTAÇÃO DE ROSELI SPÓSITO

TESE DE ROBERTO CAFFARO FILHO

MÉTODO OECD 209

- Substância referência: 3,5-diclorofenol (pelo menos 3 concentrações)
- Validade do teste:
 - diferença entre duas taxas de respiração do controle for inferior a 15%;
 - EC50 (3 horas) do 3,5-diclorofenol entre 5 a 30 mg/L
- Concentrações do poluente tóxico: pelo menos cinco

- Substrato sintético
 - 16 g de peptona;
 - 11 g de extrato de carne;
 - 3g de uréia;
 - 0,7 g de NaCl;
 - 0,4 g de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$;
 - 0,2 g de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$;
 - 2,8 g de K_2HPO_4 em 1000 mL de água
- Inóculo: conteúdo do tanque de aeração do sistema de lodos ativados tratando esgotos predominantemente domésticos

- Lavar o lodo com água de torneira
- Centrifugar o sobrenadante
- Repetir o procedimento 3 vezes
- SSV do lodo
- Re-suspender em água até a concentração alcançar 4 g/L
- Duração do teste: 30 minutos e/ou 3 horas
- Água: água de torneira sem cloro residual
- Ar: vazão: 0,5 a 1 L/min.
- Reator: frasco de DBO

- Medidor de oxigênio dissolvido com registrador gráfico
- nutrientes: esgoto doméstico
- substância a ser testada: preparada no instante da realização do teste
- controle: amostra inoculada sem a substância testada
- temperatura: $20 \pm 2^{\circ} \text{C}$
- Procedimento
 - adicionar 16 mL de substrato sintético a 300 mL de água

- Introduzir 200 mL do inóculo na mistura
- aerar a mistura (vazão: 0,5 a 1 L/min) por 3 horas
- após 15 minutos do primeiro teste, em outro becker, introduzir 100 mL de solução da substância problema em 16 mL de substrato sintético, 300 mL de água e diluir a 500 mL com o inóculo
- repetir o mesmo procedimento descrito anteriormente
- seguir o mesmo procedimento para as demais diluições

- Preparar um segundo controle;
- Após 3 horas, o conteúdo do primeiro reator é introduzido no frasco de DBO e é determinada a taxa de utilização de oxigênio (10 minutos);
- Repetir o mesmo procedimento para as demais diluições;
- idem para substância referência

$$I = \frac{2 \cdot R_s}{R_{c_1} + R_{c_2}} \cdot 100$$

MÉTODO OECD 209 MODIFICADO

ELEMENTO OU COMPOSTO TÓXICO

- Realizado em becker de 150 mL, fechado com tampa de politetrafluoretileno
- Re-aeração: 40% do valor de saturação
- DQO = 375 mgO₂/L
- SSV = 75 mg/L

- Substrato sintético
 - 16 g de peptona;
 - 11 g de extrato de carne;
 - 3 g de uréia
 - 0,7 g de cloreto de sódio;
 - 0,4 g de cloreto de cálcio di-hidratado;
 - 0,2 g de sulfato manganoso heptahidratado
 - 28 g de fosfato dibásico de potássio em 1000 mL de água destilada

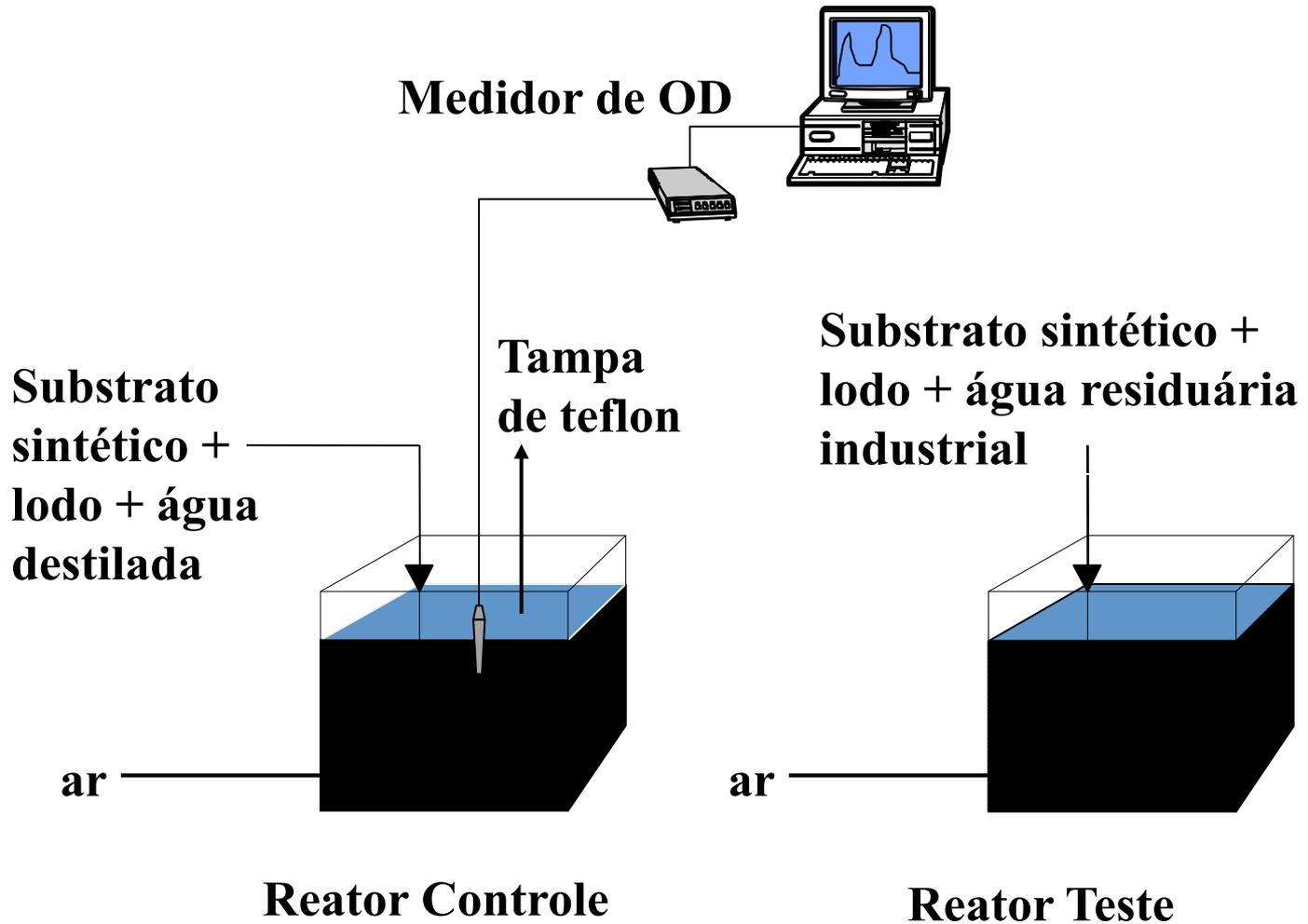
- Becker sob agitador magnético e aerado com pipetas Pasteur por ~ 7 minutos
- interromper a mistura e a aeração
- retirar as pipetas
- introduzir o poluente tóxico
- Mistura re-iniciada: OD em 5 minutos e 30 minutos
- pH entre 6,7 e 7,3 e $\Delta T < 2^{\circ}\text{C}$
- Concentrações diferentes do poluente tóxico

$$I = \left(1 - \frac{R_s}{R_c}\right) \cdot 100$$

MÉTODO OECD 209 MODIFICADO

ÁGUA RESIDUÁRIA INDUSTRIAL

- Adaptar o lodo ao substrato sintético
- relação $A/M=0,3$ kgDBO/kgSSV



- interromper a mistura e a aeração – introdução da água residuária industrial (teste) e água destilada (controle)
- relação $A/M=0,3$ kgDBO/kgSSV
- OD em 5 minutos e 30 minutos
- pH entre 6,7 e 7,3 e $\Delta T < 2^{\circ}\text{C}$
- Diferentes quantidades de água residuária industrial

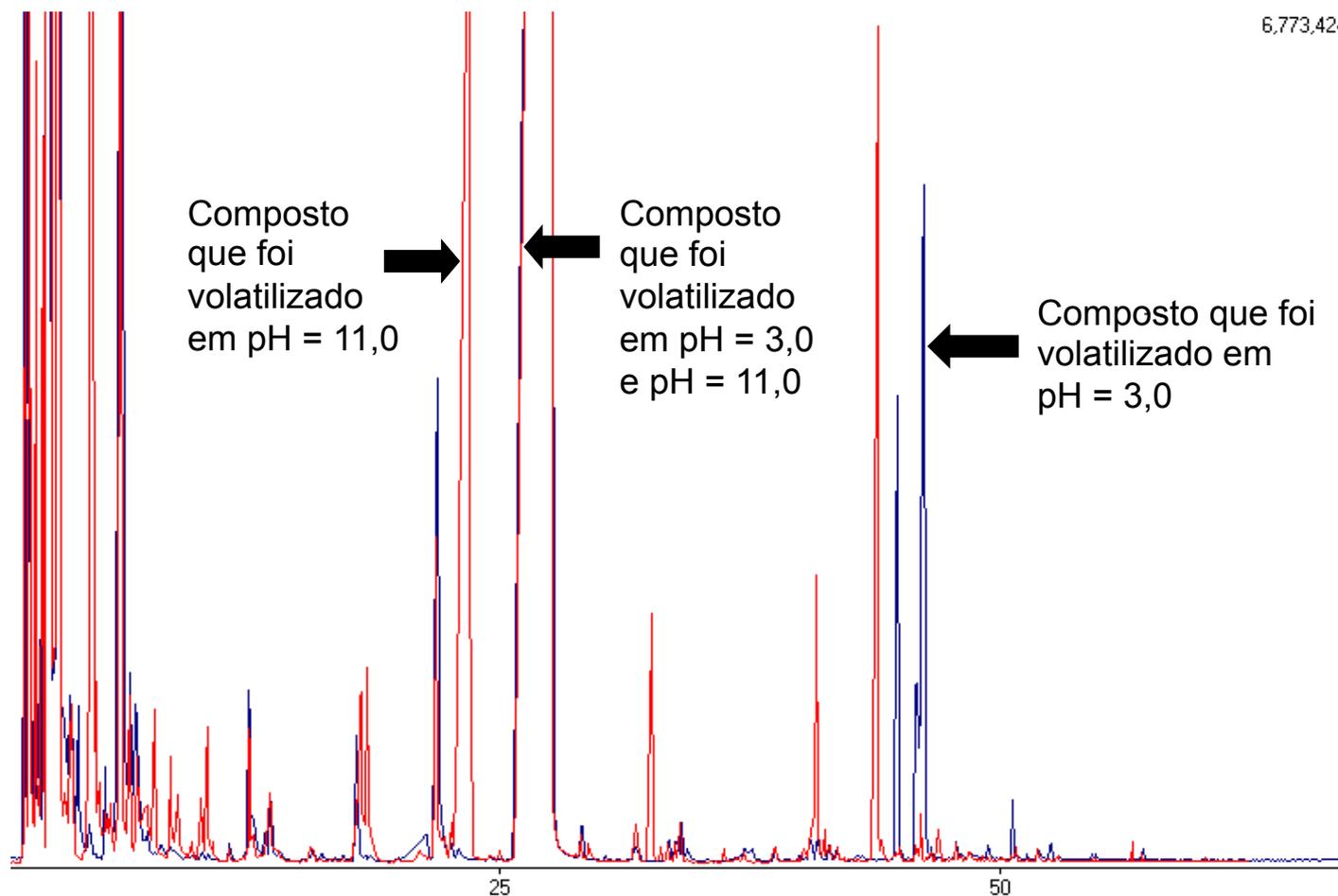
$$I = \left(1 - \frac{R_s}{R_c}\right) \cdot 100$$

OECD 209 MODIFICADO

Tese de Roberto Caffaro Filho

Fração	OUR _t	r ²	OUR _c	I _f (%)	I _b (%)	IR (%)
Neutralização	0,423	0,9991	1,114	62,0	63,7	2,7
Aeração/pH 3,0	0,143	0,9995	0,337	57,6	66,4	13,3
Aeração/pH 7,0	0,154	0,9979	0,337	54,3	66,4	18,2
Aeração/pH 11,0	0,253	0,9969	0,337	24,9	66,4	62,5
Adsorção em carvão ativado em pó (2 g/L, 15 h) e filtração	0,129	0,9998	0,337	61,9	66,4	6,8
Quelação com EDTA (2 g/L)	0,399	0,9995	1,114	64,2	63,7	-0,8

OUR_t: Taxa de utilização de oxigênio no reator teste; OUR_c: Taxa de utilização de oxigênio no reator controle; I_f – inibição da taxa de respiração do controle pelo efluente fracionado; I_b: inibição da taxa de respiração do controle pelo efluente industrial; IR: Redução da toxicidade pelo fracionamento.



Superposição de cromatogramas com os compostos presentes na fase gasosa – stripping em pH 3 (linha azul) e em pH 11 (linha vermelha).

Indústria de fabricação de poliéster

Classe de poluentes problema: CG-MS: Aldeídos insaturados

INIBIÇÃO DO CONSUMO DA GLICOSE ELEMENTO OU COMPOSTO QUÍMICO

- Passar amostra do conteúdo do tanque de aeração por peneira de 16 mesh;
- Determinar SST e SSV
- 23 mL em becker de 100 mL + 1 mL do composto problema em diferentes concentrações
- Colocar em mesa rotatória (175 ± 10 rev./min)
- Temperatura: ambiente

- 1 mL de solução de glicose (20 mg/L);
- Após 15 minutos, 0,1 mL de HCl concentrado
- Agitar por 5 minutos
- Filtrar em 0,45 μm ;
- 1 mL do filtrado + 20 mL (1:1) de etanol e 6,4% (v/v) de spectrafluor PPO-POPOP em tolueno grau de cintilação

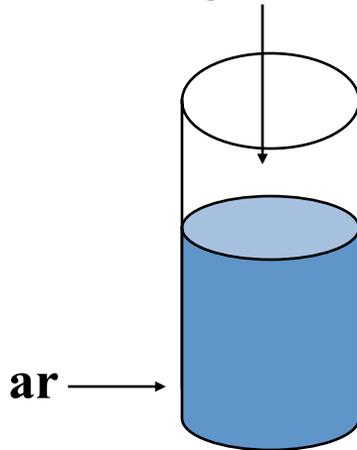
INIBIÇÃO DO CONSUMO DA GLICOSE ÁGUAS RESIDUÁRIAS INDUSTRIAIS

- 10 mL de água residuária no tubo da centrífuga
- adicionar 1 mL de solução estoque de glicose
- inserir 10 mL de lodo ativado e aerar
- após 60 minutos, 2 gotas de HCl
- medir a concentração de glicose no centrifugado com o cintilador

- Controle do lodo: 10 mL de água desionizada
- Controle da glicose: 30 mL de água desionizada + 1 mL de solução estoque de glicose + 2 gotas de HCl

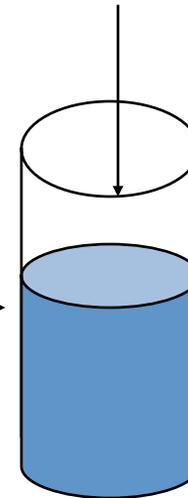
INIBIÇÃO DO CONSUMO DE GLICOSE

10 mL de lodo+ 1mL de
solução contendo
glicose marcada+ 10
mL de água residuária



Após 60 minutos

2 gotas de ácido
clorídrico



cintilador

- **Branco:** 10 mL de água desionizada
- **Controle:** 30 mL de água desionizada + 1 mL de solução de glicose

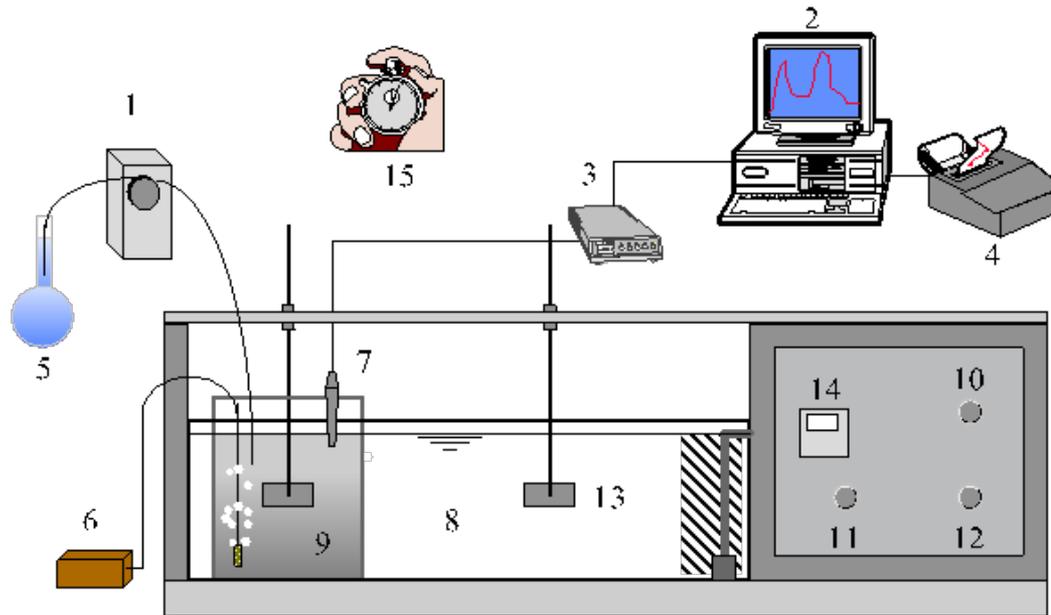
$$I = \frac{C - C_b}{C_o - C_b} \times 100 (\%)$$

C: Concentração final de glicose na solução (mg/L);

C_b: Concentração final de glicose no controle do lodo (mg/L);

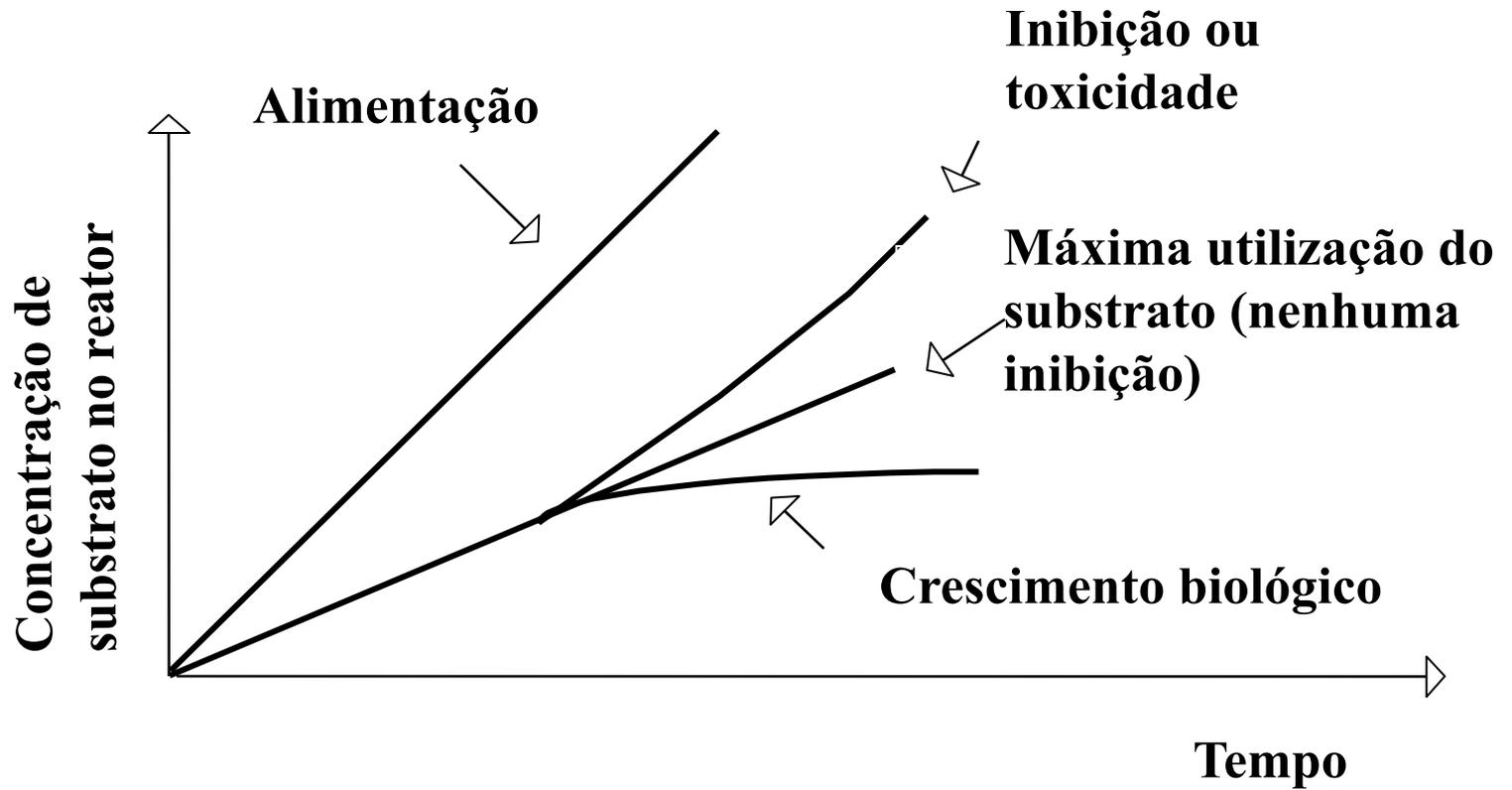
C_o: Concentração inicial de glicose (controle da glicose) (mg/L).

FED BATCH REACTOR (FBR)

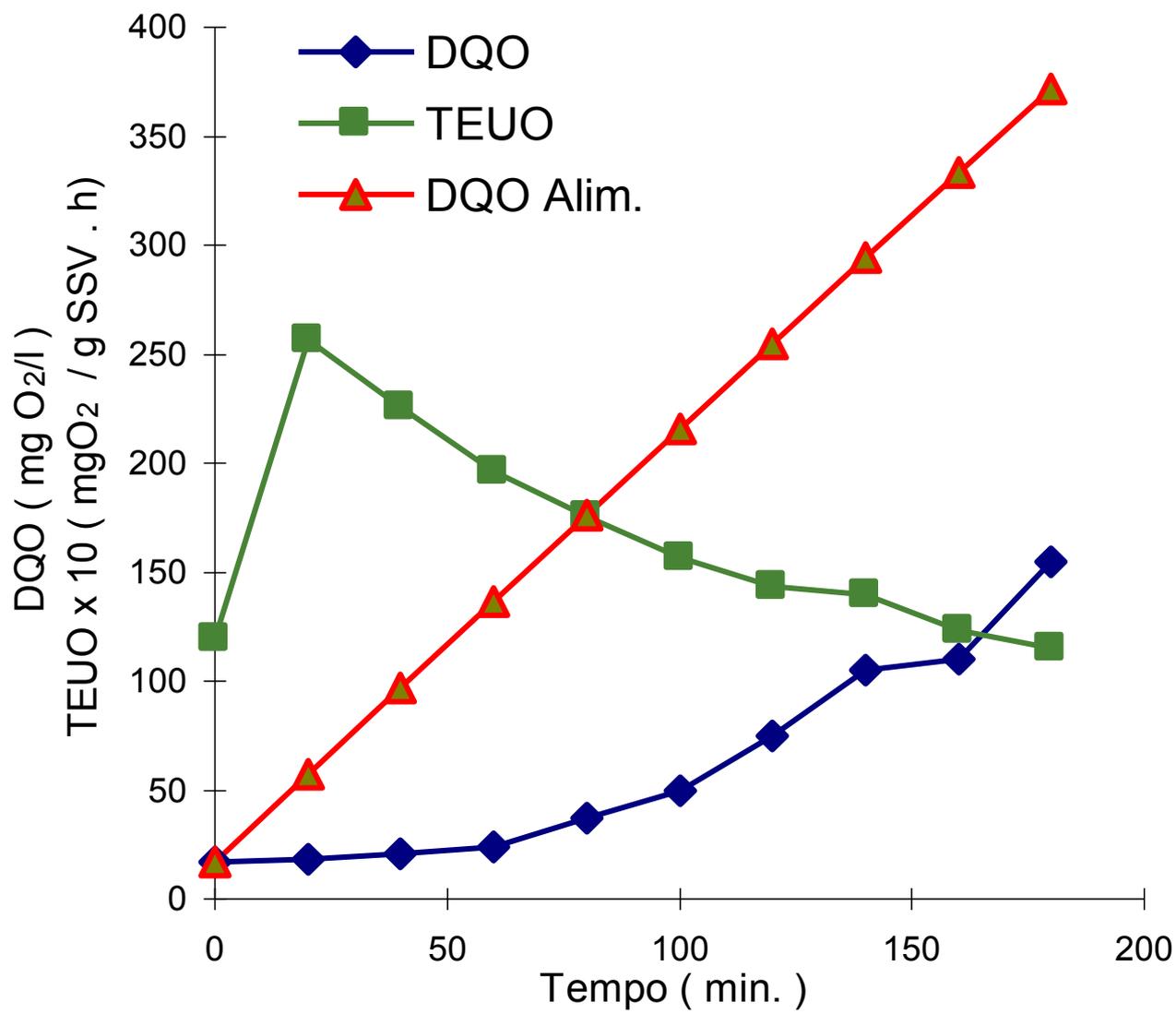


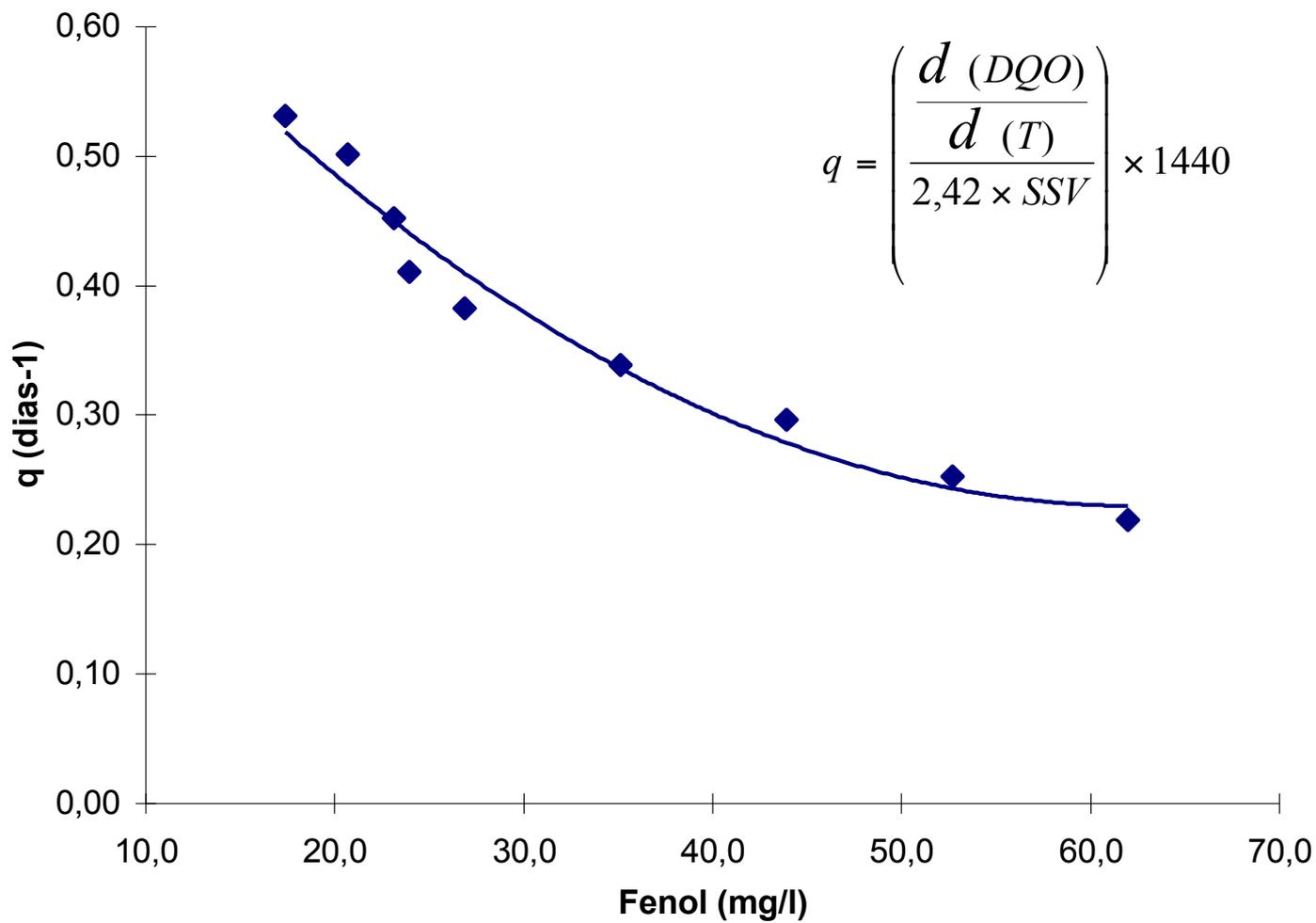
1. Bomba peristáltica
2. Microcomputador
3. Medidor de OD
4. Impressora
5. Solução de alimentação
6. Bomba de aquário
7. Sonda de OD
8. Banho termostatizado
9. Reator cilíndrico de 4 L
10. Controle da rotação
11. Controle do aquecimento
12. Controle do resfriamento
13. Paleta do misturador
14. Mostrador da temperatura e rotação
15. Cronômetro

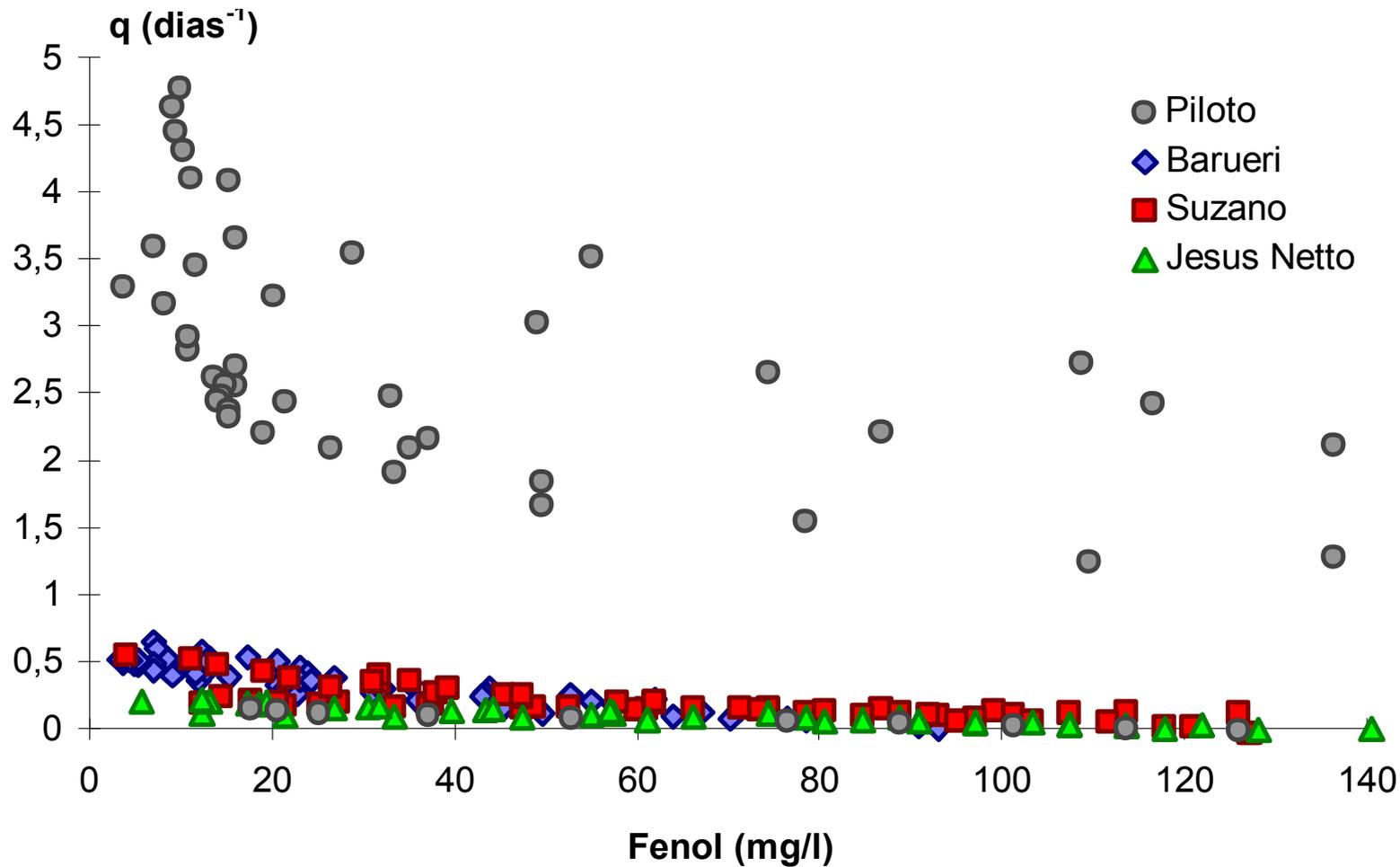
- Dois litros de lodo ativado
- Vazão de alimentação: 100 mL/h
- DQO filtrada e taxa de utilização de oxigênio a cada 20 minutos por 3 horas
- SSV a cada hora



Resposta teórica do FBR

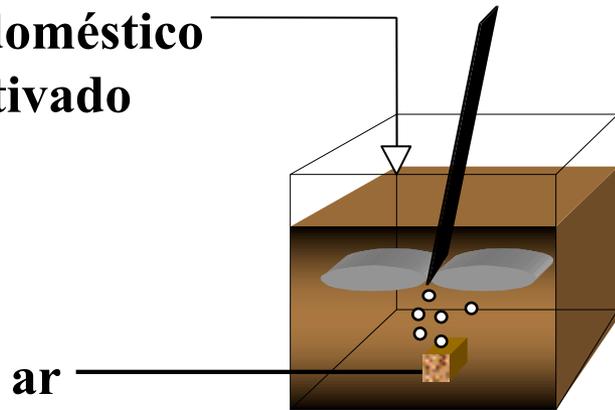






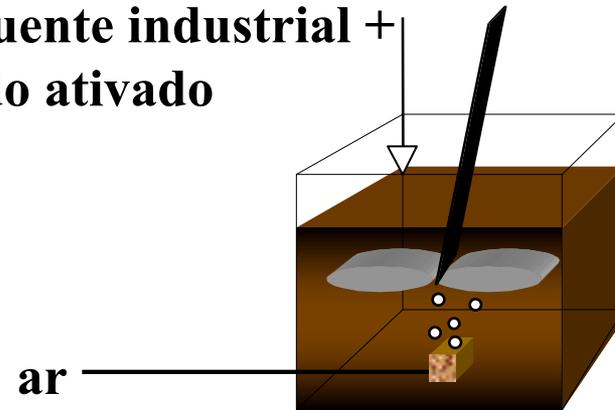
REFRACTORY TOXICITY ASSESSMENT MODIFICADO - RTA

Esgoto doméstico
+ lodo ativado



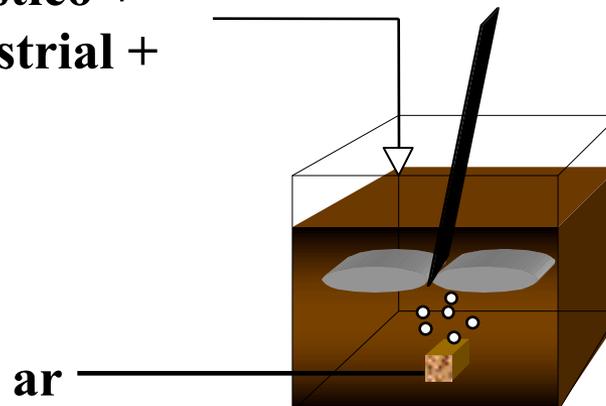
Primeiro reator

Esgoto doméstico +
efluente industrial +
lodo ativado



Segundo reator

Esgoto doméstico +
efluente industrial +
lodo ativado



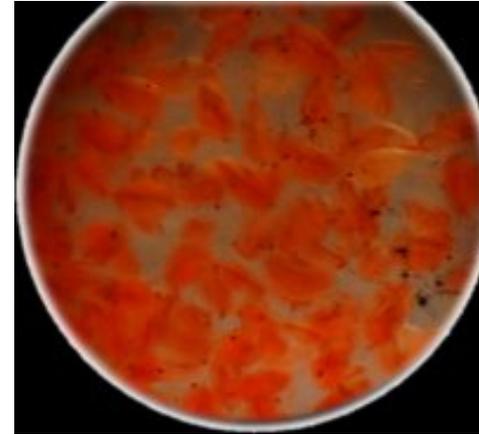
Terceiro reator

TESTES DE TOXICIDADE AQUÁTICA

Para avaliação do impacto do lançamento de efluentes não domésticos nos corpos d'água



Ceriodaphnia dubia



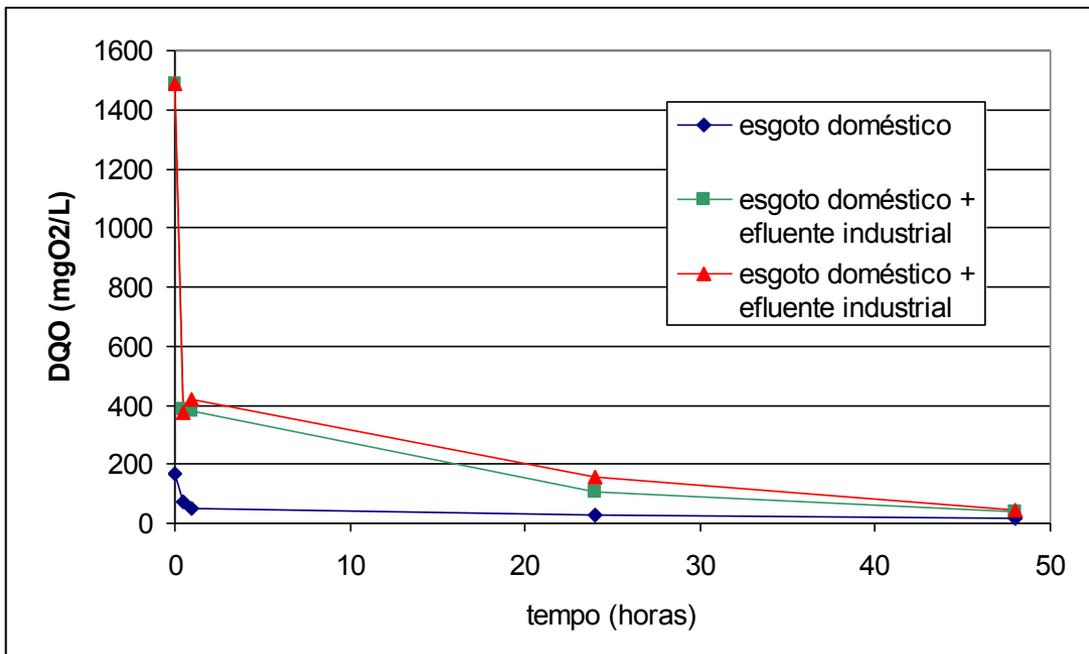
Daphnia magna



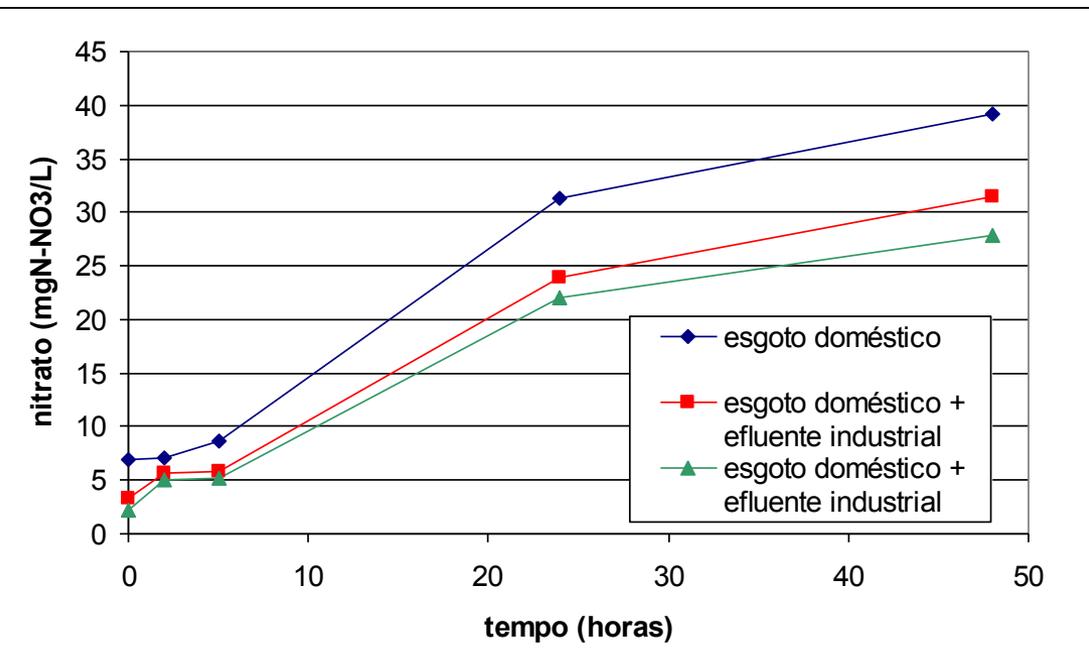
Pimephales promelas

REFRACTORY TOXICITY ASSESSMENT MODIFICADO – RTA – Dissertação de Gabriela Nenna Ferraresi

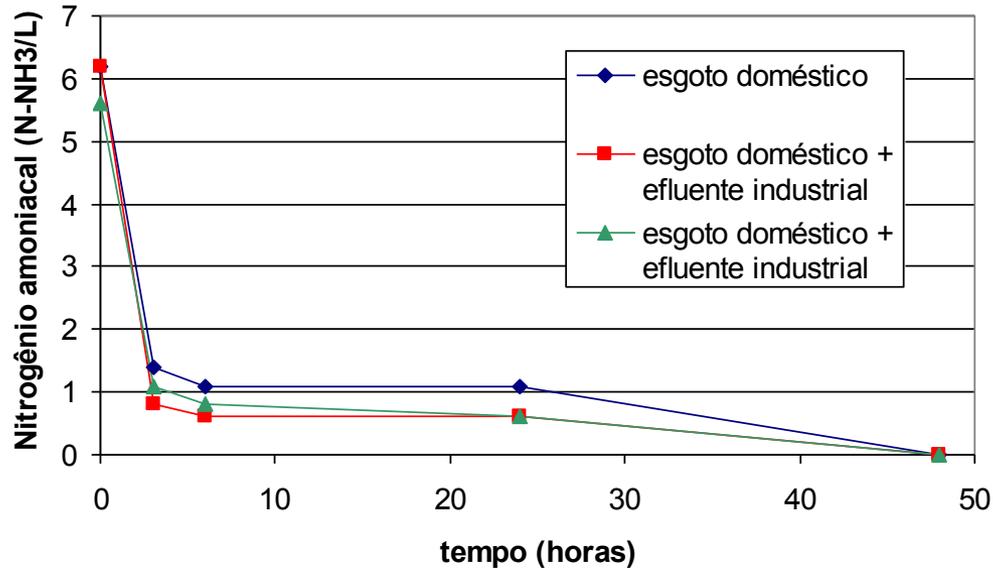




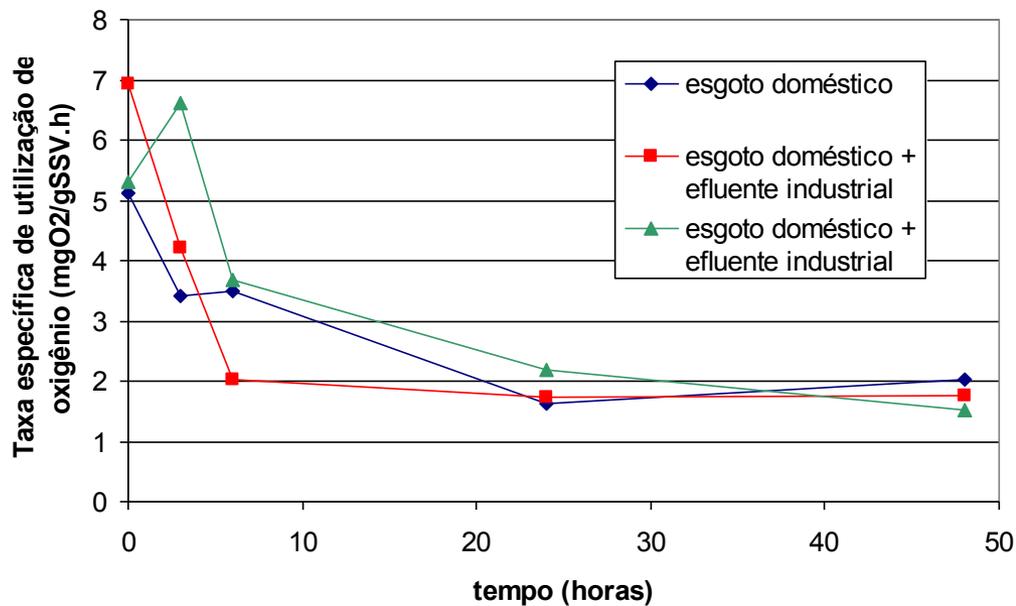
Relação entre volume do esgoto doméstico e efluente industrial = 1%; DQO do efluente industrial = 265.370 mgO₂/L; DQO do esgoto doméstico = 333 mgO₂/L



Relação entre volume do esgoto doméstico e efluente industrial = 0,04%; DQO do efluente industrial = 378.000 mgO₂/L; DQO do esgoto doméstico = 648 mgO₂/L

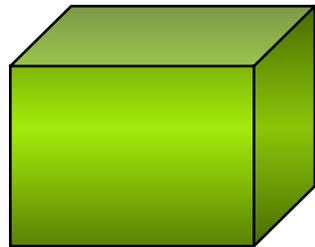


Relação entre volume do esgoto doméstico e efluente industrial = 0,17%; DQO do efluente industrial = 424.000 mgO₂/L; DQO do esgoto doméstico = 336 mgO₂/L



Relação entre volume do esgoto doméstico e efluente industrial = 0,17%; DQO do efluente industrial = 424.000 mgO₂/L; DQO do esgoto doméstico = 336 mgO₂/L

Teste de avaliação da toxicidade refratária modificado - Dissertação de Roseli Dutra Spósito



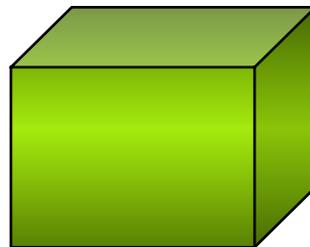
Reator ETE



Situação Atual



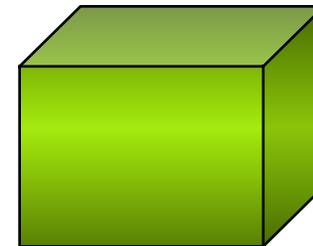
Condição Normal
de Recebimento do E.I.



Reator 1



Situação Futura



Reator 2

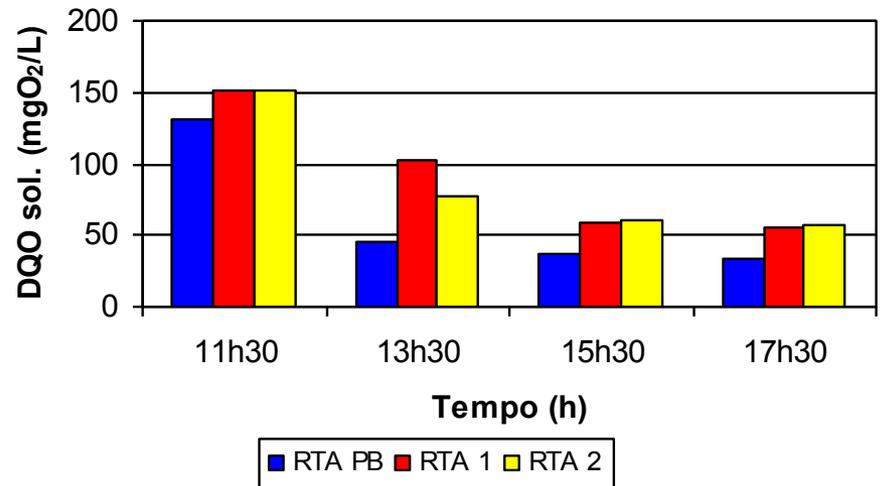
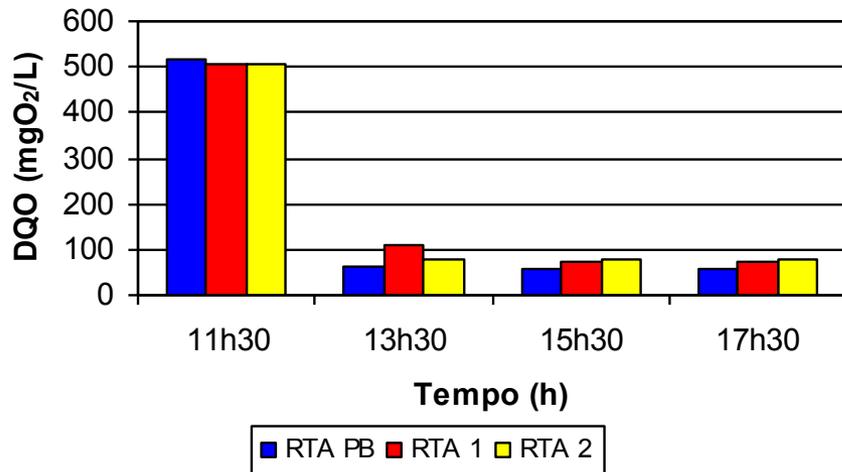
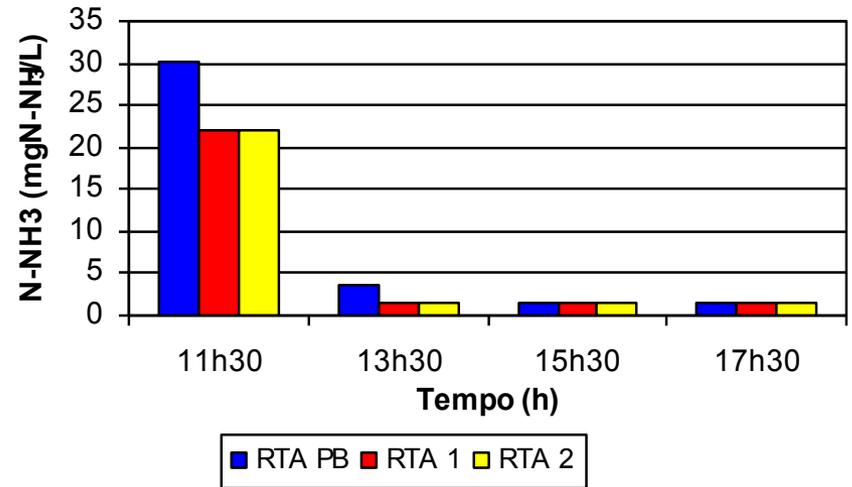
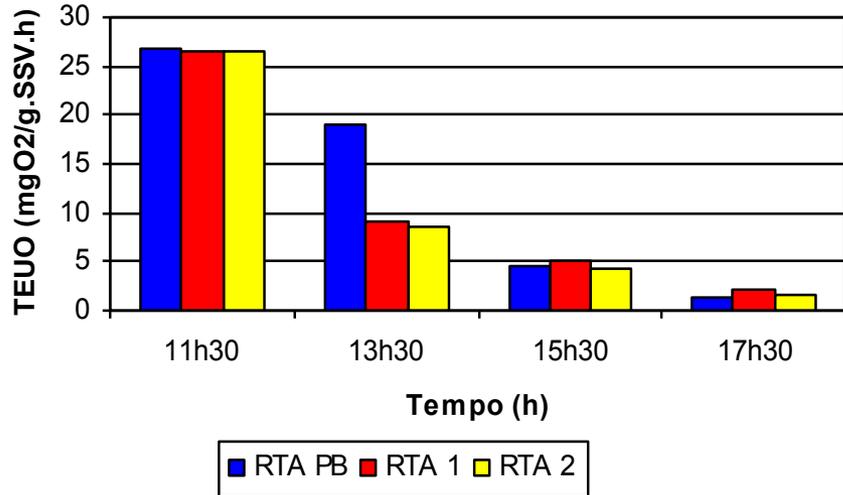


Situação Futura



Situação Crítica:
Vazão Máxima do E.I.
Pré-tratado
e Vazão Mínima de
Esgoto doméstico

Resultados do RTA modificado



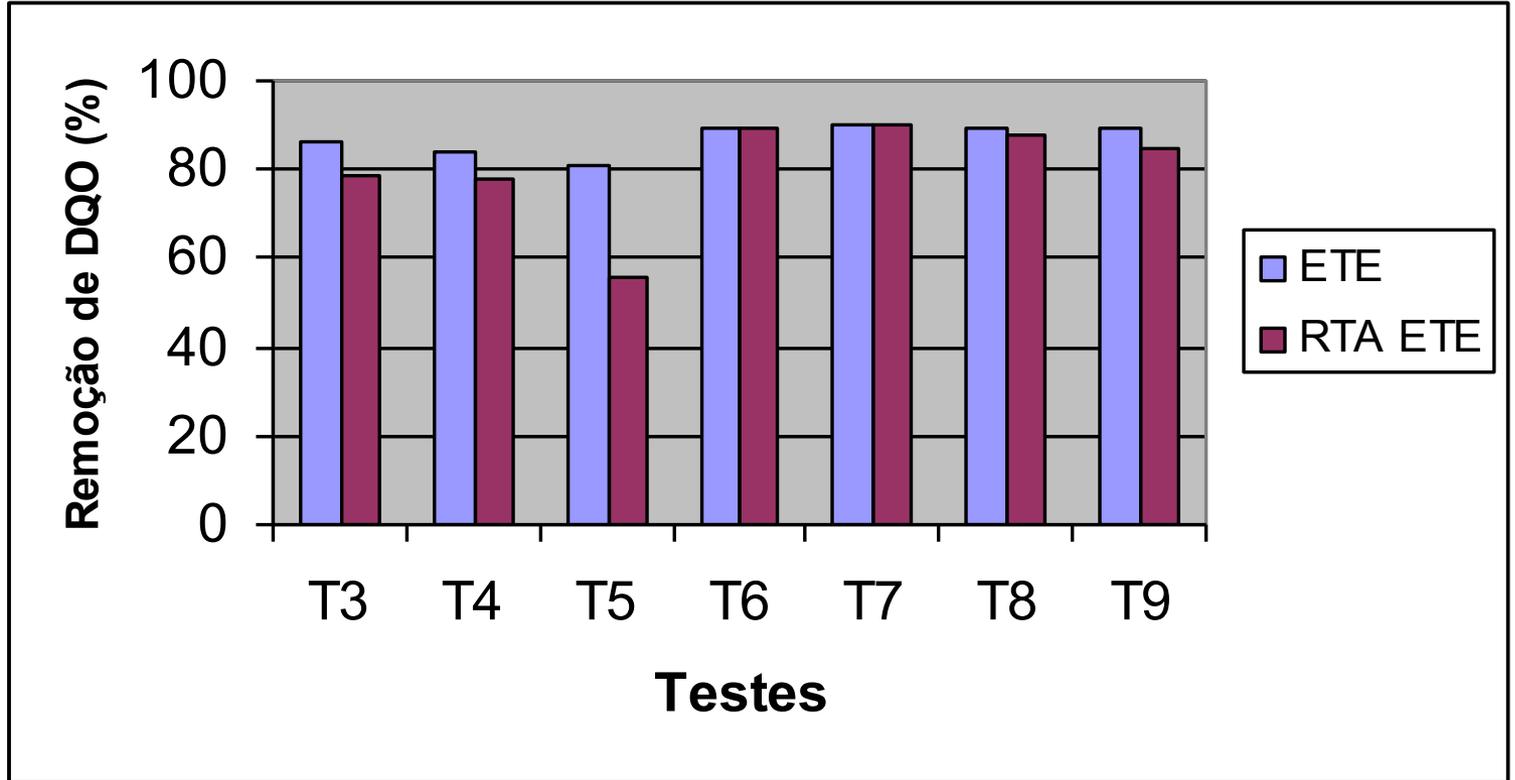


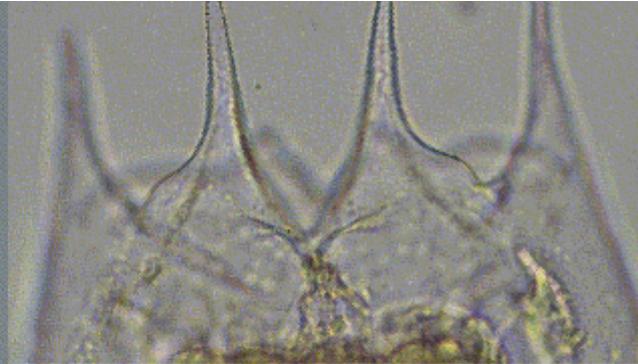
Gráfico comparativo entre as remoções de DQO na ETE-Suzano e no reator RTA ETE

MICROTOX[®]



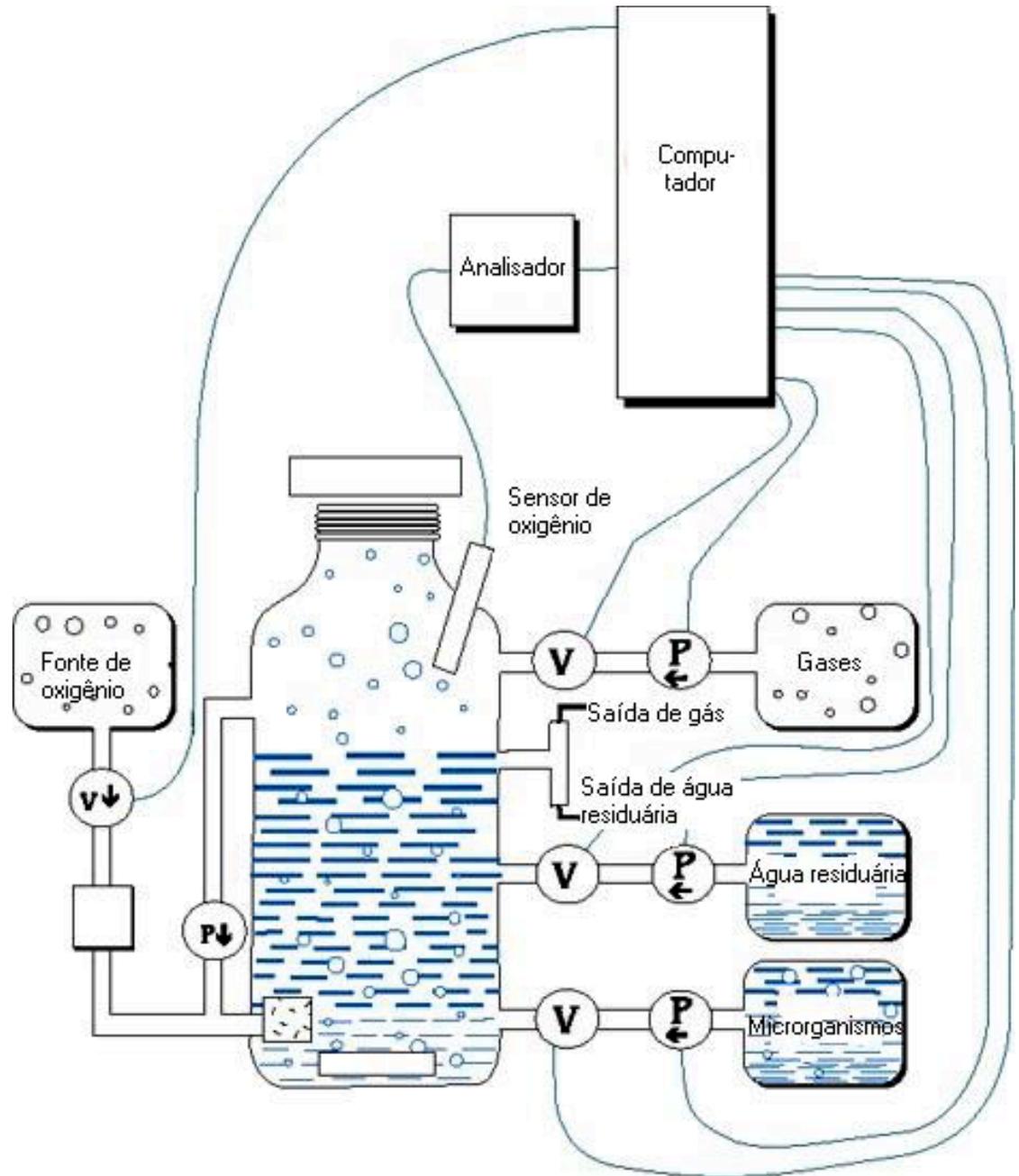
*Photobacterium
phosphoreum*

BIOENSAIO COM ROTÍFEROS



*Brachionus
calyciflorus*

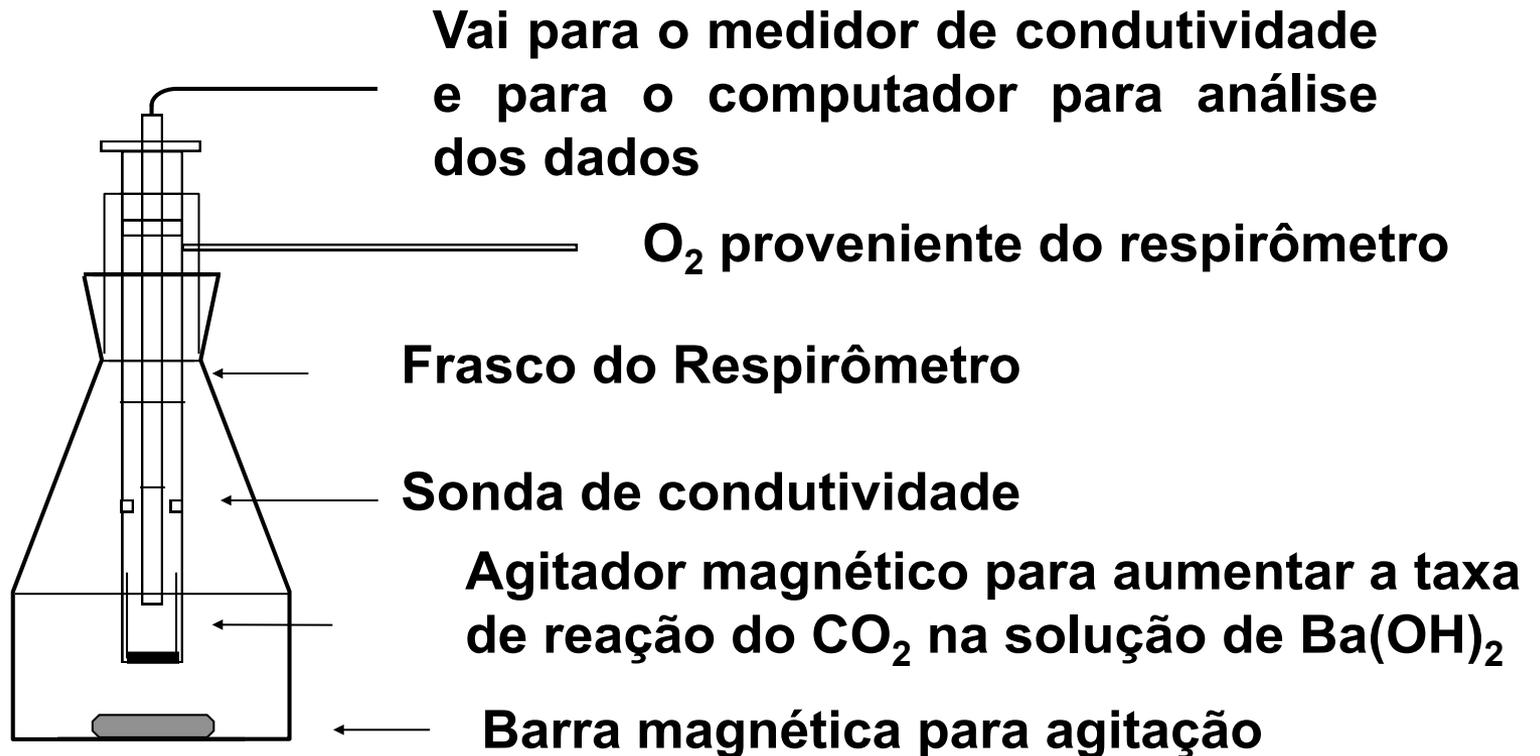
RESPIRÔMETROS “ON LINE”



RESPIRÔMETROS “ON LINE”



RESPIRÔMETRO DE GOVIND



INIBIÇÃO À NITRIFICAÇÃO

- Adicionar CAP à água residuária (30 a 100 mg/L)
- Misturar o carvão e o despejo por 2 horas
- Adicionar lodo ativado à mistura despejo/carvão
- Aerar por 24 horas com amostragem para determinação das concentrações de nitrito e nitrato
- Repetir o procedimento para diferentes dosagens de carvão