

## ESTUDO DA RELAÇÃO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E DO pH EM UM SISTEMA DE RAC

### **Ariston da Silva Melo Júnior<sup>(1)</sup>**

Pós Doutor em Materiais Cerâmicos e em Poluição Atmosférica e Emissão de Gases de Efeito Estufa ambos pelo Instituto de Pesquisas Energéticas da USP. Doutor em Engenharia Civil na área de Recursos Hídricos pela Faculdade de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP. Mestre em Engenharia Agrícola pela Faculdade de Engenharia Agrícola pela UNICAMP. Graduado em Engenharia Agrícola pela UNICAMP. Pesquisador associado pela UNICAMP. Ex-Coordenador do Curso de Engenharia Civil da FMU.

### **Kleber Aristides Ribeiro<sup>(2)</sup>**

Mestre em Administração pela FMU. Graduado em Engenharia de Produção pela UNINOVE. Graduado em Sistemas de Informação pela FAAP. Coordenador do Curso de Engenharia Civil da FMU.

### **Abrão Chiaranda Merij<sup>(3)</sup>**

Doutor em Ciências pela UNIFESP. Mestre em Ciências e Engenharia de Materiais pela UNIFESP. Graduado em Tecnologia de Materiais pela FATEC. Docente no Curso de Engenharia Civil pela FMU.

### **Leonardo Gerardini<sup>(4)</sup>**

Mestre em Matemática pela USP. Graduado em Licenciatura em Matemática pela USP.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Padre Cristóvão Cordeiro, 101, apartamento 12 Bloco C. Bairro: Artur Alvim. São Paulo – Capital. São Paulo (SP). CEP: 03590-190. Brasil. Telefone: +55 (11) 99690-3342 - e-mail: [juniorariston@gmail.com](mailto:juniorariston@gmail.com)

## RESUMO

A cada dia são maiores as cobranças para a manutenção da qualidade dos corpos d'água de modo a garantir a permanência da vida no planeta. Sem dúvida graças a novas legislações estabelecidas por órgãos ambientais, tem-se tornado vital o estudo contínuo de novas formas de tratamento de esgoto. Isso faz com que seja cada vez mais importante o engajamento de centros de pesquisas em todo mundo e sem dúvida nenhuma o trabalho da engenharia civil no ramo sanitário. Para criar novas ferramentas de tratamento de esgoto, surgiram os sistemas alternativos que realizam a limpeza e geração de águas de reuso. O sistema por reator anaeróbico é um dos sistemas em constante estudo e aplicação no ramo industrial e agrícola. A presente pesquisa utilizou um sistema de reator anaeróbico compartimentado, desenvolvido exclusivamente para o estudo do potencial de tratamento de esgoto. Nesse estudo focou-se as análises de condutividade elétrica e pH do esgoto antes e depois de tratado pelo reator anaeróbico. Os valores percentuais de eficiência para a condutividade elétrica e pH ficaram em 50,91% e 40,11%, respectivamente. Mostrando o ganho na eficiência ao executar o reator no tratamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Engenharia Civil, Tratamento, Reuso, Esgoto.

## INTRODUÇÃO

Um dos maiores problemas ambientais enfrentados no Brasil e no mundo é a poluição dos recursos hídricos decorrente do lançamento de águas residuárias domésticas e industriais, sem tratamento prévio adequado.

O lançamento direto de efluentes sem o devido tratamento nos cursos de água acarreta desequilíbrios ecológicos e poluição em função da redução do teor de oxigênio dissolvido (OD) na água, disseminação de patógenos e contaminação das águas potáveis com amônia, nitratos e outros elementos tóxicos (SCHOENHALS, *et al.* 2007).

O controle da poluição dos recursos hídricos é um importante aliado para a implementação de ações de prevenção da saúde e proteção do meio ambiente, tendo em vista a importância desse recurso para a vida humana. Como forma de contribuir para o controle da poluição de corpos aquáticos, foram desenvolvidos, ao longo dos anos, diversos sistemas de tratamento de águas residuárias, dentre os quais podem ser citados: lagoas de estabilização, lodos ativados, reator anaeróbico, filtros biológicos, dentre outros (SILVA e NOUR, 2005).

A escolha do sistema de tratamento a ser utilizado depende, principalmente, da disponibilidade de área para a implantação do sistema e de fatores econômicos e climáticos (MARTINS, 2003).

O grau de tratamento necessário depende das características dos esgotos e das possibilidades locais (SILVA e NOUR, 2005).

De acordo com Ghangrekar *et al.* (2005), reatores anaeróbicos têm sido recentemente utilizados, com sucesso, no tratamento de uma grande variedade de águas residuárias domésticas e industriais.

O sucesso de sua aplicação se deve ao processo de formação de lodo granular anaeróbico que apresenta excelentes características de sedimentabilidade e elevada atividade metanogênica específica (POL *et al.*, 2004). Estes fatores possibilitam que o reator seja operado com reduzidos tempos de retenção hidráulica ( $\theta_h$ ), o que implica em equipamentos de dimensões menores e, conseqüentemente, de menor custo (CAMPOS, 1999).

Outras vantagens importantes, clássicas de sistemas anaeróbicos, são: baixa produção de lodo, não requer aeração e produz gás metano (VAN HAANDELL e LETTINGA, 1994; ISIK e SPONZA, 2005).

## OBJETIVOS

O intuito da presente pesquisa foi avaliar durante o período de cinco semanas o comportamento da dinâmica da condutividade elétrica e do pH do efluente produzido no campo experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) pelo processo de tratamento alternativo por Reator Anaeróbico Compartimentado (RAC).

## POLUIÇÃO HÍDRICA CONCEITOS BÁSICOS

Segundo Caicedo (1998), contaminantes são solutos dissolvidos ou líquidos não aquosos que entram de alguma maneira, na água, como consequência das atividades humanas. Os contaminantes são originários a partir de muitas fontes; imaginar que possam ter origem numa só fonte é quase impossível.

Conforme Vernier (1998), não existe uma, mas formas múltiplas de poluição das águas entre elas destacam-se:

a) A poluição orgânica – sendo esta a primeira a preocupar os poderes públicos; a que é despejada não só pelas cidades, mas também, por grande número de indústrias mais ou menos “naturais”, como fábricas de papel ou indústrias agroalimentares (os últimos representam sozinhos 42% dos dejetos orgânicos industriais).

b) A poluição tóxica – esta mata diretamente, por toxidade, ao contrário da poluição orgânica que, como vem, mata por asfixia. É claro que ela é provocada exclusivamente pela indústria e principalmente pelas indústrias químicas. Na química, não falta produtos tóxicos inclusive os metais pesados, e em indústrias metalúrgicas como exemplo, os múltiplos banhos nos quais se mergulham os metais para decapá-los, cromálos, entre outras atividades industriais. Tais processos não são muito amigáveis provocando uma considerável poluição ao meio. É o caso principalmente de metais pesados (chumbo, cádmio, cromo, mercúrio, que provocam riscos neurológicos) de inseticidas ou herbicidas (principalmente o famoso DDT). Esses produtos tóxicos de longo prazo podem contaminar as águas diretamente por dejetos na água, por transporte atmosférico por longas distâncias (alguns dos produtos como os pesticidas ou o mercúrio, são bem voláteis) ou por lixiviação de solos ou de vegetais contaminados (caso dos pesticidas). A infiltração de pesticidas agrícolas nas águas subterrâneas tornou-se, aliás, no limiar dos anos 90, uma grande preocupação para produtores de água potável. Quando a origem de uma poluição é difusa a esse ponto (e não localizada em algumas fábricas ou algumas descargas de dejetos perigosos).

c) As “matérias em suspensão” – as águas podem ser carregadas de partículas devidas ou à erosão natural ou dejetos artificiais das cidades ou indústrias. As matérias em suspensão podem criar uma poluição estética (turvação da água), perturbar a vida dos peixes, e algumas dessas matérias em suspensão podem contribuir para a poluição orgânica ou para a poluição tóxica.

d) As matérias nutritivas (nitratos, fosfatos) – os nitratos e os fosfatos na água tornaram-se uma grande preocupação. É bem curioso, a priori que essas matérias “nutritivas” possam ser consideradas como uma “poluição”. São, contudo, responsáveis pela eutrofização das águas dos rios lentos, dos lagos e dos mares. De fato, o excesso de nutrientes favorece uma proliferação e até uma “explosão” de algas, que logo se decompõem, consumindo enormes quantidades de oxigênio. Sem oxigênio, a água torna-se a sede de fermentações e putrefações. Os fundos dos lagos, os fundos marinhos, morrem: uma morte por explosão da vida.

e) A poluição bacteriana – é aquela cuja consequência sanitária salta aos olhos com maior rapidez, ou seja, são águas contaminadas por algum tipo de bactéria. Sendo assim, embora os riscos das águas para beber tenham sido praticamente afastados em países industrializados, substituem dois outros riscos bacteriológicos: nas águas para banho e quanto os frutos do mar.

## **TRATAMENTO ANAERÓBICO NO BRASIL**

Não se encontra um número exato na literatura relativo à quantidade de reatores anaeróbicos instalados no Brasil, sendo os números apresentados bastante divergentes.

Em um aspecto pesquisadores concordam que os reatores anaeróbicos são os mais empregados seguidos por lagoas de estabilização e filtros lentos. Em levantamentos realizados por Borzacconi e Lopez (1994) indicam um total de 396 reatores anaeróbicos construídos na América Latina possuindo um volume total de 394.421 m<sup>3</sup>.

Hirata (1994) registrou um total de 126 reatores anaeróbicos no Brasil operando com afluentes industriais, dos quais 85% empregam reatores compartimentados. Destacam-se na utilização de reatores anaeróbicos as indústrias de cerveja e refrigerante, seguida pela indústria de laticínios.

## **REQUISITOS AMBIENTAIS**

No projeto de reatores anaeróbicos diversos fatores interferem no desempenho do tratamento, entre eles:

### **-Nutrientes**

Todos os nutrientes necessários para um adequado crescimento celular devem estar presentes nos despejos. Nutrientes como nitrogênio e fósforo, que são requeridos em quantidades elevadas, podem se tornar um limitante ao crescimento bacteriano quando insuficientes nos despejos.

Segundo Laranjeira Filho, (1989 *apud* COLETTI, 1997), os micronutrientes requeridos nos processos anaeróbicos: potássio, magnésio, cálcio, ferro sódio, zinco, cobalto, molibdênio, cobre e iodo, encontram-se em quantidades suficientes na maioria dos despejos.

### **-Temperatura**

A temperatura influencia no: o crescimento, a atividade metabólica, a predominância de espécies de microrganismos, a taxa de transferência de oxigênio e as características de sedimentação dos sólidos biológicos (METCALF & EDDY, 1991).

A temperatura influencia na taxa de transferência de oxigênio de duas maneiras opostas (VON SPERLING, 1997):

- Com o aumento da temperatura há um decréscimo na concentração de saturação de oxigênio no líquido, e;
- A elevação da temperatura causa um aumento no coeficiente global de transferência de oxigênio.

Portanto, com o aumento da temperatura fica mais fácil a transferência do oxigênio para o líquido, mas a quantidade de oxigênio que o líquido é capaz de "suportar" (concentração máxima de oxigênio) fica menor.

### **-Oxigênio Dissolvido (OD)**

Para o sistema funcionar adequadamente, todo o conteúdo do tanque de aeração necessita manter uma concentração ótima de oxigênio dissolvido. A concentração mínima necessária e por volta de 1 a 2 mg.L<sup>-1</sup> e valores acima de 4 mg.L<sup>-1</sup> não oferecem resultados significantes, mas aumentam consideravelmente os custos de aeração (METCALF & EDDY, 1991; VON SPERLING, 1997)

### **-pH**

É um dos responsáveis pela seletividade dos microrganismos presentes no sistema. Segundo Metcalf e Eddy (1991) o pH ótimo para o crescimento bacteriano está entre 6,5 e 7,5.

Branco (1986 *apud* COLETTI 1997) afirma que para pH abaixo de 6,5 a competição entre fungos e bactérias torna-se maior e entre 4,5 e 5,0 há uma predominância dos fungos como formadores de flocos.

### **-Toxicidade**

Vários elementos podem ser tóxicos aos sistemas de tratamento biológico anaeróbico, sendo eles (ZANELLA, 1999):

- Metais pesados (cromo, enxofre, cobre e outros);
- Substâncias orgânicas (fenol, formaldeído, entre outros), e;
- Amônia e sais orgânicos.

## **PARTIDA DE REATORES ANAERÓBICOS**

Os reatores anaeróbicos necessitam de um tempo para a adaptação dos microrganismos e para o início de uma estabilização adequada da matéria orgânica presente nas águas residuárias (METCALF & EDDY, 1991).

Para o ponto de partida (start) é necessário à manutenção de níveis adequados de oxigenação do meio líquido e dos nutrientes requeridos para a proliferação dos organismos. Por se tratar de um processo mais complexo e demorado.

Na execução do projeto, a forma de adoção geométrica do reator e sua constituição interna, quanto à formação de “cantos” podem prolongar ainda mais o tempo de partida, devido à formação do lodo no meio granular presente no líquido contido no esgoto.

Segundo Hickey *et al.* (1991) por via de regra, o melhor funcionamento do reator se dá a partir de 1 a 3 meses de sua construção e operação.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Importante destacar que a pesquisa teve o apoio de um projeto temático do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Tecnológico) para a construção de um reator anaeróbico compartimentado (RAC) no campo experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

O projeto de construção do RAC entre os meses de maio e junho de 2019 culminou em sua operação em fase experimental no mês de julho de 2019, onde foram monitoradas por cinco semanas as coletas de amostras de esgoto do local em operação na FEAGRI.

Na pesquisa foi focado o estudo quanto a condutividade e pH do sistema em afluentes (entrada) e efluente (saída) do sistema RAC.

## REATOR ANAERÓBICO COMPARTIMENTADO (RAC)

O reator anaeróbico compartimentado (RAC) foi projetado com base nas pesquisas de: Barros e Campos (1992), Povinelli (1994) e Nour (1996) para uma vazão de alimentação de  $4,6 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ , com um tempo de detenção hidráulico ( $\theta_h$ ) 0,5 d (ou seja de 12 horas).

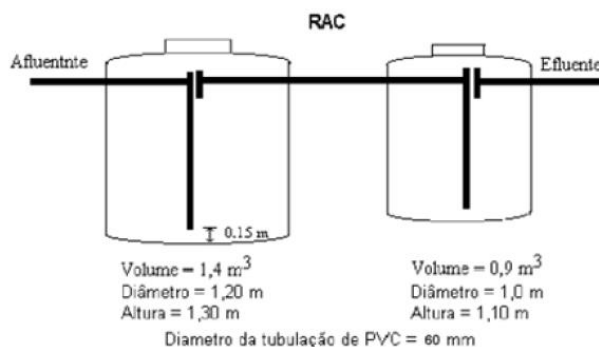
O sistema RAC foi projetado em dois reatores conjuntos, nos quais o volume total dos reatores foi de  $2,3 \text{ m}^3$ , sendo o primeiro com  $1,4 \text{ m}^3$  e o segundo com  $0,9 \text{ m}^3$ .

A entrada de cada reator foi introduzida por uma tubulação de 60 mm prolongada até o centro dos compartimentos e redirecionada por um tubo em “tê” para o fundo do reator por uma segunda tubulação até 15 cm na parte inferior do fundo.

A introdução do esgoto junto ao fundo dos compartimentos possibilitou um aumento da superfície de contato entre o substrato e a manta de lodo formada na camada inferior, assim permitindo um processo de catálise e aceleração nas reações bioquímicas presentes.

No projeto adotou-se a técnica de ferrocimento, que compreende o processo de construção em que se aplica uma camada de cimento sobre uma estrutura de ferro, esta feita de vergalhões envoltos por uma tela do metal.

Na Figura 1 apresenta um esquema do conjunto de RAC instalado na FEAGRI.



**Figura 1:** Conjunto de Reator Anaeróbico Compartimentado.

A forma circular foi utilizada pelas facilidades que oferece nas construções das armaduras de ferrocimento e pela melhor distribuição das tensões externas, que se concentram nos cantos retos, para o caso de estruturas cúbicas.

A Figura 2 apresenta a visão geral dos dois reatores que compõem o RAC. Onde se pode observar que um reator tem seu fundo escavado mais 15 cm de profundidade.



**Figura 2:** Vista do RAC em construção.

A Figura 3 apresentada a seguir, oferece um deslumbre da perfeita visualização dos elementos da estrutura - as barras de ferro, a malha de arame e a tela de plástico, ainda expostas antes da finalização.



**Figura 3:** Vista interna do conjunto RAC construído.

O detalhamento do dispositivo de entrada do efluente, com a tubulação de 50 mm de PVC direcionando o efluente para o centro e para o fundo do reator, pode ser observado na Figura 4.



**Figura 4:** Detalhe do sistema de entrada interno.

Na Figura 5 se apresenta uma vista geral do RAC após seu término, com as conexões hidráulicas de entrada e saída do efluente e a tubulação (PVC branco de 100 mm) de entrada para uma mangueira de sucção do lodo, quando necessário para limpeza e descarte.



**Figura 5:** Visão geral do sistema com construção finalizado.

#### **COLETA DE AMOSTRAS**

A pesquisa de monitoramento da relação do comportamento da condutividade elétrica e do pH para o esgoto tratado no sistema RAC foi do dia 2 de julho até 30 de julho de 2019 (cinco semanas de estudo) com

retirada de amostras semanais de entrada (afluente) e saída (efluente). Assim, totalizando 10 amostras, sendo cinco de afluente e cinco de efluente, com conservação em garrafas PET à temperatura de  $-5^{\circ}\text{C}$ .

Tomou-se a coleta de uma alíquota de 500 mL de águas residuárias em garrafas PET (Polietileno tereftalato) para transporte e análise (Figura 6).



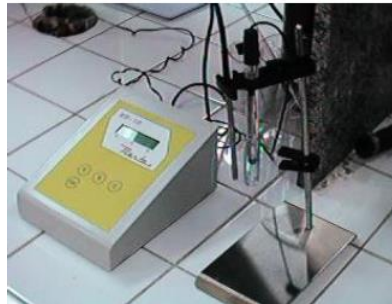
**Figura 6:** Garrafa de PET utilizada para coletas.

### **METODOLOGIA DE ANALISE DE PH E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA**

Para as análises dos parâmetros de pH e condutividade elétrica foram utilizados dois equipamentos básicos de análise Direta, sendo eles: MB-10 MARTE e o HD NC 06 ONDA. Os mesmos são descritos posteriormente.

#### **LEITURA DE pH**

A leitura de pH das amostras coletadas no sistema RAC foi feita de forma Direta (sem utilizar processos químicos de preparação), medindo-se as amostras na temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C}$ ) com o uso do MB-10 MARTE (Figura 7).



**Figura 7:** Aparelho MB-10 MARTE para leituras Diretas de pH.

Para tanto, antes da leitura das amostras calibra-se o aparelho usando-se duas soluções denominadas de solução tampão, uma com pH 7,0 (neutro) e outra de pH 4,0 (meio ácido).

#### **LEITURA DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA**

A leitura de condutividade elétrica foi feita de forma Direta como a de pH, usa-se para tanto a sonda modelo HD NC 06 ONDA (Figura 8) que efetua as medidas das amostras de água residuária em micro-siemens ( $\mu\text{S}$ ).



**Figura 8:** Aparelho HD NC 06 ONDA de leitura Direta da condutividade elétrica.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### ANÁLISE DE pH

Os dados levantados durante as cinco semanas de estudo, mostraram que o pH afluente (entrada) antes do reator anaeróbico apresentou um valor em torno de 4,54. Mostrando-se um ambiente ácido resultante da composição química do esgoto do local de tratamento.

Após a passagem do esgoto pelo sistema RAC para pré-tratamento, o mesmo teve um ligeiro recrudescimento, ficando na faixa de pH de 6,31 em média para o período de estudo.

A Tabela 1, a seguir, apresenta os valores para o esgoto na entrada (afluente) e após o tratamento pelo RAC no efluente (saída).

**Tabela 1** – Valores de pH para o período de estudo em 2019.

DATA	Afluente	Efluente (após o RAC)
02/jul	4,5	6,5
09/jul	4,9	6,1
16/jul	4,5	6,05
23/jul	4,8	6,07
30/jul	4,0	6,8
MEDIA	4,54	6,31

Graças ao sistema de tratamento alternativo por reator anaeróbico (RAC) houve uma melhora considerável nos padrões de pH para as águas residuárias, elevando-se consideravelmente seu nível de alcalinidade.

Pode-se inclusive observar que o valor percentual de aumento do pH das águas residuárias é observado pela Tabela 2, a seguir.

**Tabela 2** – Relação percentual de aumento da alcalinidade no estudo em 2019.

DATA	Percentual de aumento pH
02/jul	44,44%
09/jul	24,49%
16/jul	35,56%
23/jul	26,04%
30/jul	70,00%
MEDIA	40,11%

Pelo período inicial de estudo o desempenho na evolução do pH chegou em 40,11% de acréscimo em relação aos níveis iniciais, sem tratamento.

### CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

O padrão de condutividade elétrica das águas residuárias antes e após a passagem pelo sistema de conjunto de reator anaeróbico compartimentado (RAC) demonstrou um aumento na condutividade elétrica no sistema, observado pela Tabela 3, a seguir.

**Tabela 3** – Valores de Condutividade Elétrica para o período de estudo em 2019.

DATA	Afluente (µS)	Efluente (após o RAC) (µS)
02/jul	553,0	489,0
09/jul	476,0	340,0
16/jul	726,0	477,0
23/jul	763,0	466,0
30/jul	757,0	408,0
MEDIA	655,0	436,0

A Tabela 3 mostra que os valores de condutividade elétrica, enquanto eram em média de 655 µS antes do tratamento, chegou após o tratamento, ao valor médio de estudo de 436 µS, o que mostra uma real e importante melhora na eficiência da condutividade elétrica. Refletindo nos padrões de potabilidade e qualidade de água de reuso.

A Tabela 4 apresenta os valores de acréscimo percentual do grau de condutividade elétrica para o período de estudo no sistema RAC.

**Tabela 4** – Relação percentual de melhora da Condutividade Elétrica no estudo em 2019.

DATA	Percentual de melhora
02/jul	13,09%
09/jul	40,00%
16/jul	52,20%
23/jul	63,73%
30/jul	85,54%
MEDIA	50,91%

Pode-se notar pela Tabela 4 que a depuração ocasiona numa melhora nas cargas iônicas de 50,91%.

É muito importante que a condutividade elétrica tenha um decréscimo em relação à carga inicial pré-tratamento, uma vez que segundo Melo Júnior (2003) é importante que a condutividade represente uma medida da concentração total de sais dissolvidos presentes na água. Onde, apesar de não fornecer medidas reais da concentração de um determinado íon presente, ela dá uma noção da salinidade total, o que indiretamente sugere a origem e o grau de contaminação da água.

A eficiência observada do RAC mostra um claro aumento na eficiência do efluente obtido para utilização em processos de reuso.

### CONCLUSÃO

O projeto pesquisado foi de grande importância, pois mostrou uma relação bem interessante no padrão de alcalinidade que se obtêm com a adoção de um reator anaeróbico compartimentado.

Os valores obtidos em relação ao parâmetro pH também foram muito promissores, pois houve ganho de alcalinidade num esgoto com grande acidez, antes de tratamento.

Os reais aumentos percentuais de eficiência da condutividade elétrica e pH de 50,91% e 40,11%, respectivamente, refletem na importância de se gerar sistemas de tratamento alternativo para decaimento das cargas poluentes em recursos hídricos.

Os ganhos permitem inclusive verificar que com mais etapas de tratamento após o sistema RAC é possível o ganho de qualidade dos padrões de potabilidade dessas águas residuárias, de modo a chegar aos níveis mínimos estabelecidos pelo CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) para águas classe 4, segundo a norma 357 que estabelece o padrão de cursos d'água (CONAMA, 2005).

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAS, Melhem. Geografia. 3. ed. rev. atual. São Paulo: Moderna, 1994.
- BARROS, W.; CAMPOS, J. R. "Tratamento de Esgotos Sanitários por Reator Anaeróbico Compartimentado", Anais: **XXIII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, La Habana - Cuba, pp. 297-307, nov./1992.
- BORZACCONI, L.; LOPEZ, I. Relevamiento de Reactores Anaerobios en America Latina. In: III TALLER Y SEMINARIO LA TINOAMERICANO "TRATAMIENTO ANAEROBIO DE AGUAS RESIDUALES" Montevideo- Uruguay. Anais, p. 263- 279. 1994.
- BRANCO, S. M., **Hidrobiología Aplicada em Engenharia Sanitária**. São Paulo, CETESB, 3 ed., 616p. 1986. *apud* COLETTI, F. J., Pós Tratamento por Lodos Ativados de Efluente de um Reator Anaeróbico Compartimentado no Tratamento de Esgotos Sanitários. Dissertação - São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, USP. 169 p. 1997.
- CAMPOS, J. R. **Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbico e Disposição Controlada no Solo**. PROSAB. Rio de Janeiro. 1999.
- CAICEDO, N.L. **Águas subterrâneas: contaminação e remediação**. Porto Alegre: IPH da UFRGS. 1998.
- CONAMA. **Resolução Conama nº 357**, DE 17 DE MARÇO DE 2005.
- GHANGREKAR, M.M., ASOLEKAR, S.R., JOSHI, S.G. **Characteristics of Sludge Developed under Different Loading Conditions during UASB Reactor Start-Up and Granulation**. Water Research. Vol. 39(6), pp 1123-1133. 2005.
- HIRATA, Y. S., Experiências e Perspectivas do Tratamento Anaeróbico de Efluentes Industriais no Brasil. In: III TALLER Y SEMINARIO LATINOAMERICANO "TRATAMIENTO ANAEROBIO DE AGUAS RESIDUALES"- Montevideo- Uruguay. Anais, p. 281-291. 1994.
- HICKEY, R. F.; WU, W. M.; VEIGA, M. C.; JONES, R., **Start-up, Operation, Monitoring and Control of High-Rate Anaerobic Treatment Systems**. Water Science Technology, v.24, n. 8, p. 207- 255, 1991.



- ISIK, M., SPONZA D. T. **Effects of Alkalinity and Co-substrate on the Performance of an Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) Reactor Through Decolorization of Congo Red Azo Dye.** Bioresource technology. Vol. 96, pp 633 – 643. 2005.
- LARANJEIRA FILHO, B. A., **Estudo Comparativo de Reatores de Lodos Ativados em Escala de Laboratório.** Dissertação São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 1989. 126 p. *apud* COLETTI, F. J., Pós Tratamento por Lodos Ativados de Efluente de um Reator Anaeróbio Compartmentado no Tratamento de Esgotos Sanitários. Dissertação (Mestrado) - São Carlos: EESC. USP. 169 p. 1997.
- MARTINS, Alex. **O planeta está sedento.** Folha Universal, São Paulo, p. 2A, 16 nov. 2003.
- METCALF, L.; EDDY, H. P., **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse.** New York, McGraw-Hill, 3ª ed., 1991, 1334 p.
- MELO JÚNIOR, A. S. **Dinâmica da remoção de nutrientes em alagados construídos com *Typha sp.*** Dissertação de Mestrado. UNICAMP. 2003.
- NOUR, E. A. A. **Tratamento de esgoto sanitário empregando-se reator anaeróbio compartmentado.** EESC – Escola de Engenharia de São Carlos - USP, São Carlos/SP, 1996. 148 p. (Tese de Doutorado)
- POVINELLI, S. C. C. **Estudo da hidrodinâmica e partida de reator anaeróbio com chicanas tratando esgoto sanitário.** EESC – Escola de Engenharia de São Carlos - USP, São Carlos/SP. 181 p. Dissertação. 1994.
- POL, L. W. H., LOPES, S.I.C., LETTINGA, G., LENS, P.N.L. **Anaerobic sludge granulation.** *Water Research.* Vol 38, pp. 1376 - 1389. 2004.
- SILVA, G. H. R.; NOUR, E. A. A.. **Reator compartmentado anaeróbio/aeróbio: Sistema de baixo custo para tratamento de esgotos de pequenas comunidades.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, n.2, p.268-275, 2005.
- SILVA, G.H.R. **Reator compartmentado anaeróbio/aeróbio tratando esgoto sanitário: Desempenho e Operação.** Campinas: UNICAMP. 166p. Dissertação. 2001.
- SCHOENHALS, M.; FRARE, L. M.e SARMENTO, L. A. V. **Análise do desempenho de reatores anaeróbios de fluxo ascendente e manta de lodo no tratamento de efluentes.** Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 4, n. 1, p. 005-023, jan/jun, 2007.
- VAN HAANDEL, A. C.; LETTINGA, G. **Tratamento anaeróbico de esgotos: manual para regiões de clima quente.** Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 210 p.,1994.
- VERNIER, J. **O Meio Ambiente.** 2ª Edição. Campinas - SP: Papirus, p. 17-28. 1998.
- VON SPERLING, M., **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias - Lodos Ativados.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais. v. 4, 415 p. 1997.
- ZANELLA, L. **Partida de um reator compartmentado híbrido anaeróbio/aeróbio tratando esgoto sanitário.** Campinas: UNICAMP. 118p. Dissertação. 1999.