



Universidade Federal do Rio de Janeiro

Programa de Engenharia Ambiental

PÓS-TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO UTILIZANDO *WETLAND*

Aluno:

Fillippe Mota de Carvalho¹

Orientadoras:

Juacyara Carbonelli Campos²

Camille Ferreira Mannarino³

¹ mestrando do Programa de Engenharia Ambiental-PEA Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ- UFRJ Centro de Tecnologia - Bloco E - sala E 206 Ilha do Fundão - CEP 21941-909 – (024) 78167711, fillippe@poli.ufrj.br

² professora adjunta da Escola de Química - Bloco E - sala E 206 Ilha do Fundão - CEP 21941-909 – juacyara@eq.ufrj.br.

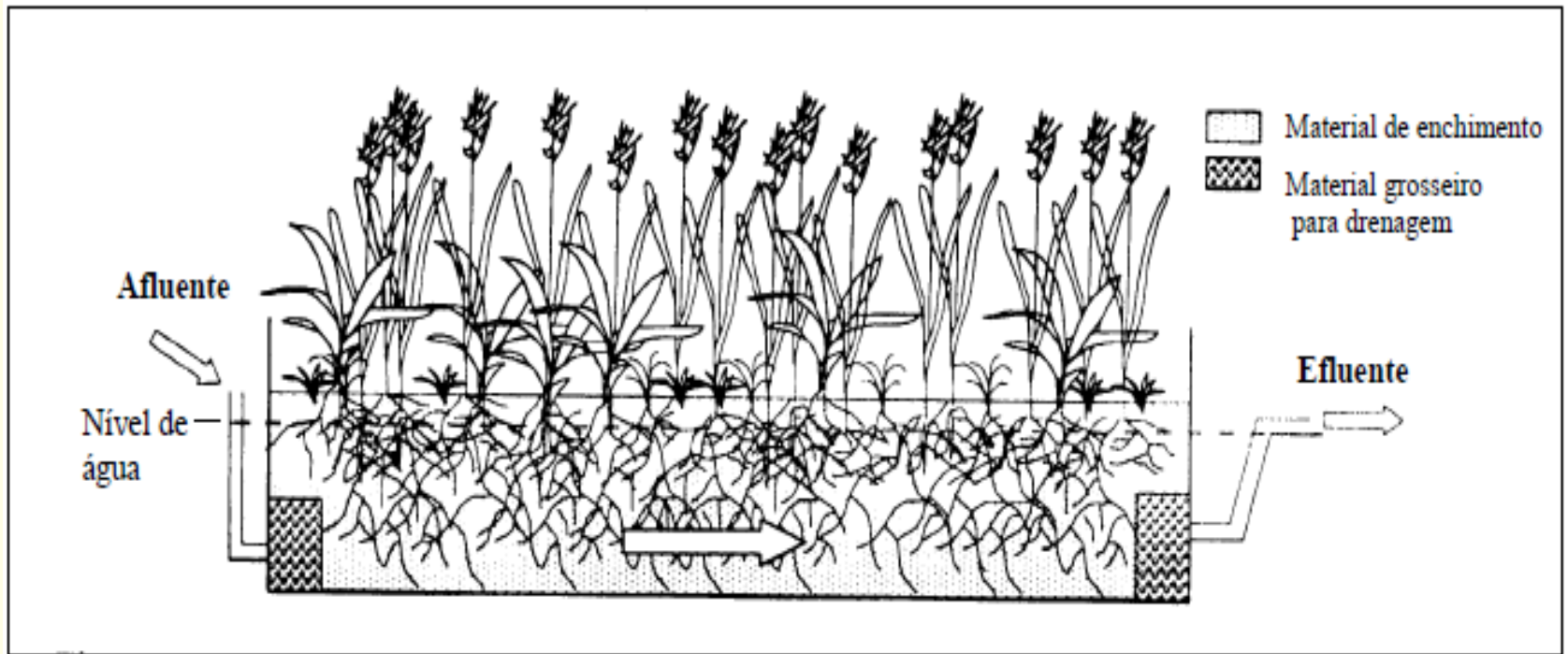
³ professora visitante do Depto. de Eng. Sanitária e do Meio Ambiente/UERJ, DSc.em Saúde Pública e Meio Ambiente – camille@eng.uerg.br.

Introdução

n *Wetland*:

- imitam funções existentes nos meios naturais, em particular a capacidade de degradação da matéria orgânica e contenção de nutrientes (fósforo e nitrogênio);
- sistemas projetados, utilizando macrófitas aquáticas em substratos (areia, solo ou cascalho) ou ainda submersas onde, de forma natural e sob condições ambientais adequadas, pode ocorrer a formação de biofilmes, que agregam uma população variada de microrganismos;
- capacidade de tratar os esgotos, por meio de processos biológicos, químicos e físicos;
- macrófitas: podem ser emergentes que desenvolvem seus sistemas radiculares fixadas no substrato (*Typha*, *Juncus*, *Carex*), ou ainda flutuantes, que flutuam na superfície da água (*Eichhornia crassipes*, *Sperrodela*, *Salvinia molesta*).
- Operação: fluxo superficial ou subsuperficial.

Introdução



n Figura 01: Esquema geral de um sistema de *wetland* com plantas emergentes.

Introdução

Vantagens e Limitações

| Vantagens | Limitações |
|---|---|
| Baixo custo | Os metais não são remediados, se não estiverem ao alcance das raízes |
| Melhoria da paisagem | Tecnologia ainda em desenvolvimento e portanto, ainda não aceita por organismos reguladores |
| Reduzido impacto ambiental | Tratamento mais lento que as técnicas físico-químicas tradicionais (dura pelo menos o tempo de crescimento da planta) |
| Aceitação pelo público | Se a concentração de metais é muito tóxica, a vegetação pode não se desenvolver |
| O produto final (a planta) pode ser valorizado economicamente. Possibilidade de reciclagem dos metais | Conhece-se pouco sobre o cultivo, a genética, a reprodução e as doenças das plantas fitorremediadoras |
| Processo mais facilmente controlado do que com os microrganismos | Pode haver propagação da contaminação na cadeia alimentar se as plantas acumuladoras forem ingeridas por animais |
| Tecnologia que fornece a sua própria energia (pela fotossíntese) | Se as plantas liberarem compostos que permitam o aumento da mobilidade dos metais estes em vez de serem depois assimilados pelas plantas podem ser "lavados" para as águas subterrâneas |

Objetivos

n Avaliar o desempenho de um sistema *wetland* utilizado no pós-tratamento de efluente sanitário de um sistema de tratamento primário (gradeamento, caixa de areia e decantador primário), com relação à:

- *remoção de matéria orgânica;*
- *sólidos;*
- *nitrogênio e fósforo;*

monitoramento de campo:

- *pH, temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade e o balanço hídrico do sistema.*

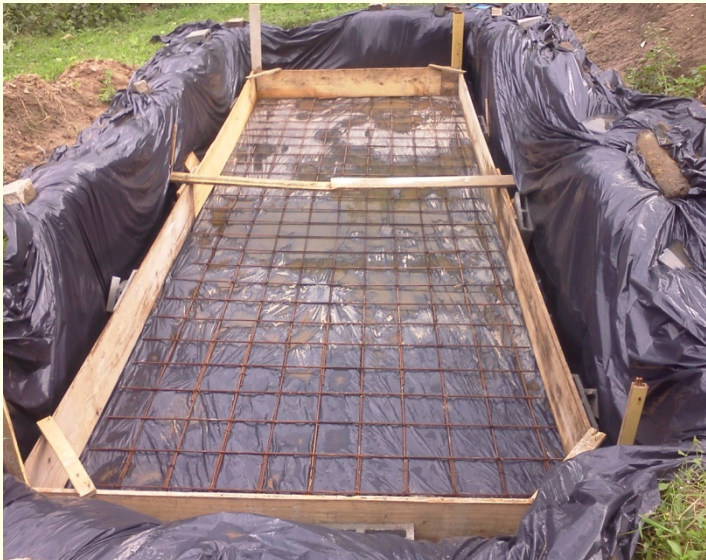


Materiais e Métodos

- Escala piloto:
- Local realização trabalho:
- ETE do bairro Jacuecanga, Angra dos Reis-RJ (coordenadas: 22°59'38.90"S e 44°14'9.25"O);
- Construção do reator *wetland*:
- Alvenaria, massa impermeabilizante;
- Insumos: 0,5 m³ de argila, 3 m³ de brita n°2, 3,5 m³ de solo;
- 1 reservatório de 1.000 L, tubos e conexões em PVC com diâmetros de 50 e 60 mm;
- Área: 10 m² (5 x 2m);



Materiais e Métodos – Construção do reator *wetland*



Materiais e Métodos

Construção do reator *wetland*:



Materiais e Métodos

- Macrófita:
- *Taboa (Typha)*;
- plantadas uniformemente no substrato do reator com 0,05m de altura de seu sistema radicular;
- Densidade: 6 plantas/m²; total: 60 plantas no sistema.



Materiais e Métodos

Definição das Vazões de Operação e Tempo de Residência

- vazão de entrada (reservatório): 500 L/dia (fixada);
- vazão de saída (caixa coletora): medição com frequência semanal;
- volume de vazios: 2.000 L;
- tempo de residência calculado (volume vazios / vazão) = **4 dias**.

Materiais e Métodos

Monitoramento

- análises semanais do efluente de entrada e saída:

- campo: pH, temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade (medidor multiparâmetro - marca Hach HQ 40D) e índice pluviométrico (pluviômetro 150 mm);

- laboratório: DBO, DQO, amônia e fosfato, e série de sólidos;



Andamentos (Resultados Preliminares)

- *Monitoramento de campo: 07 meses de monitoramento*

| Pontos | Vazão (L/dia) | Temperatura (C) | O2 (mg/L) | pH | Condutividade (uS/cm) |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------|------|-----------------------|
| Média Entrada | 500,00 (fixada) | 26,48 | 0,87 | 7,17 | 611,20 |
| Média Meio | — | 25,82 | 1,23 | 7,03 | — |
| Média Saída | 367,10 | 26,33 | — | 7,00 | 606,40 |

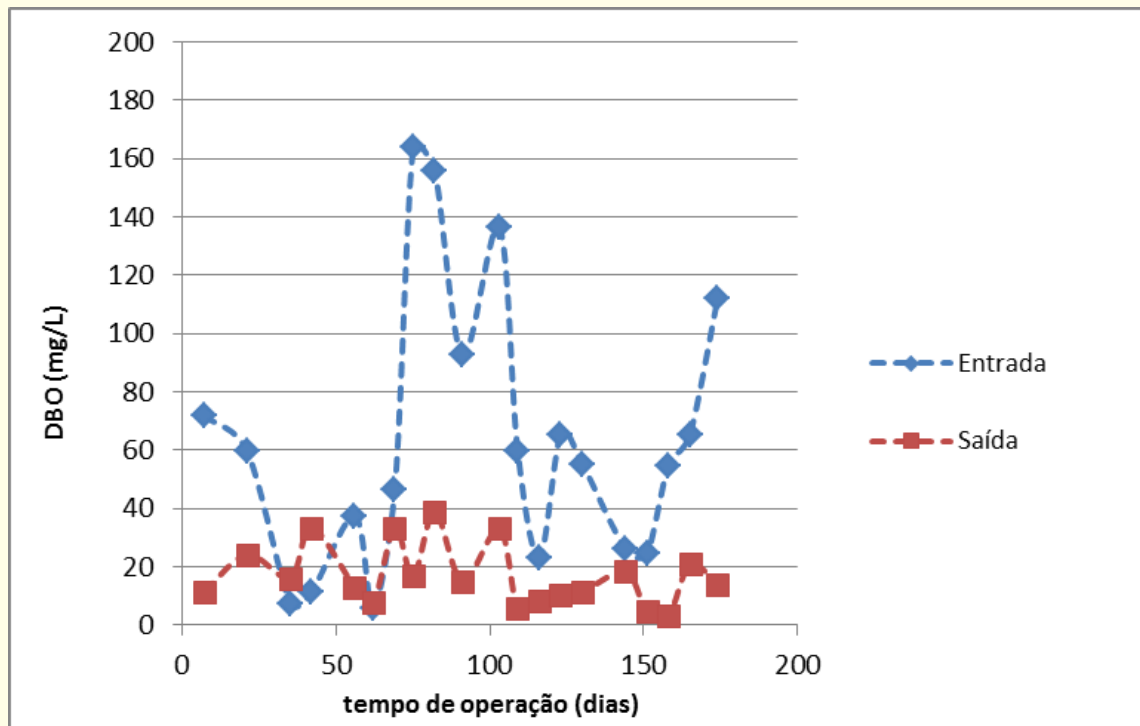
Andamentos (Resultados Preliminares)

- *Laboratório: 07 meses de monitoramento- 20 laudos (parte laboratório da Escola de Química da UFRJ e parte pela empresa Analytical Technology).*

| Ponto | DBO em concentração (mg/L) | DBO em carga (mg/dia) | DQO (mg/L) | Nitrogênio Amoniacal em concentração (mg/L) | Nitrogênio Amoniacal em carga (mg/dia) | Fosfato (mg/L) | Carga Fosfato (mg/dia) | SST (mg/L) | SSV (mg/L) |
|---------------|----------------------------|-----------------------|------------|---|--|----------------|------------------------|------------|------------|
| Média Entrada | 63,70 | 31850,0 | 217,59 | 19,86 | 9929,40 | 4,46 | 2231,56 | 104,67 | 48,30 |
| Média Saída | 16,91 | 5977,12 | 64,21 | 7,60 | 2527,53 | 3,55 | 1280,66 | 56,11 | 20,98 |
| Eficiência | 73,4% | 81,2% | 70,4% | 61,7% | 74,5% | 20,4% | 42,6% | 46,3% | 56,5% |

Andamentos (Resultados Preliminares)

q DBO – concentração



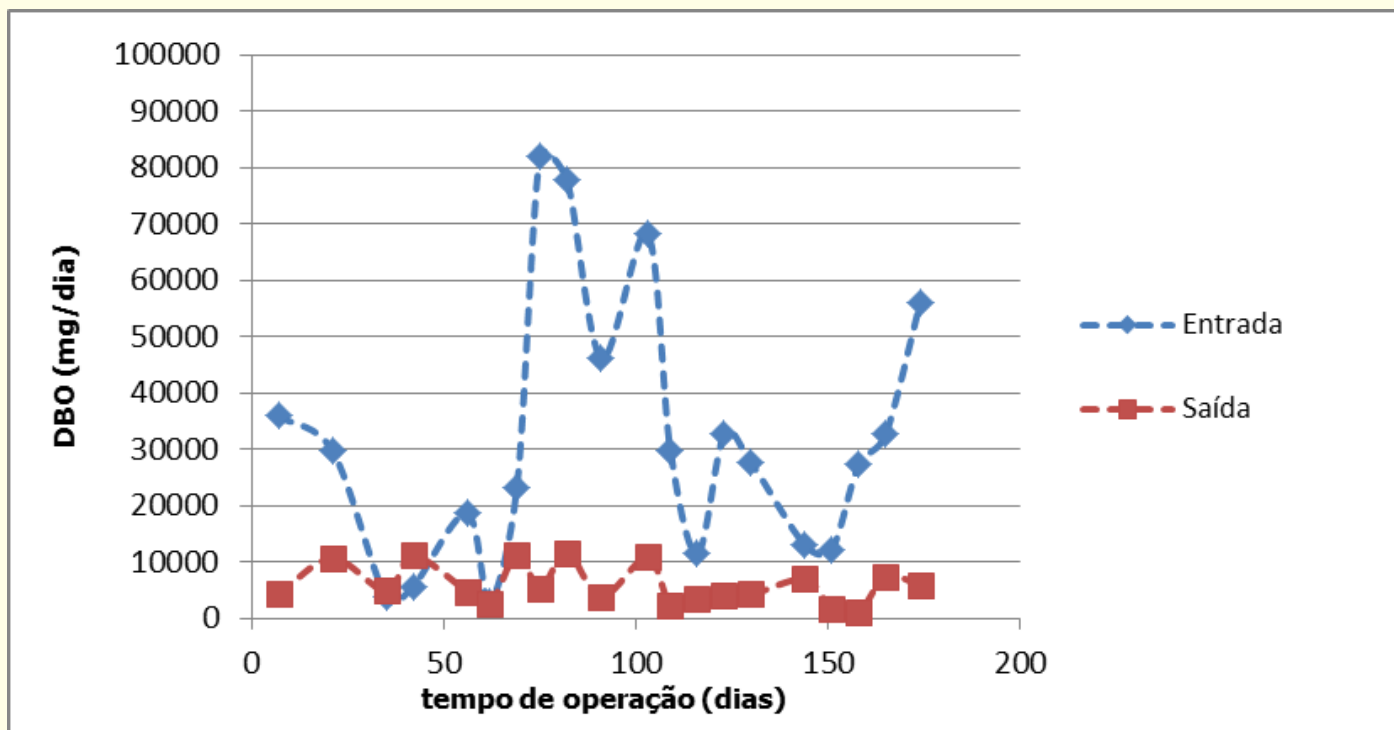
Entrada: 5,8 a 155,8 mg/L (média de 63,7 mg/L);

Saída: 3,0 e 38,9 mg/L (média 16,91 mg/L).

Percentual médio de remoção em termos de concentração: **73,4%**.

Andamentos (Resultados Preliminares)

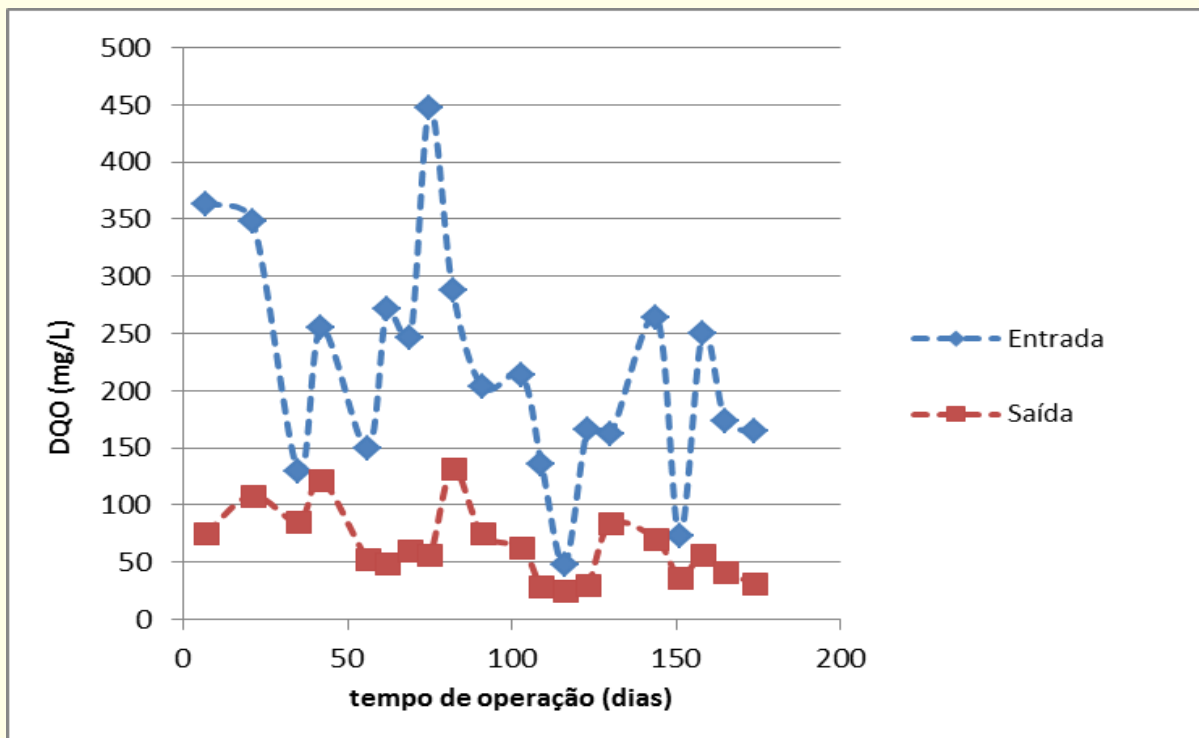
q DBO – carga orgânica



Percentual médio de remoção em termos de carga poluidora: **81,2%**.

Andamentos (Resultados Preliminares)

q DQO - concentração



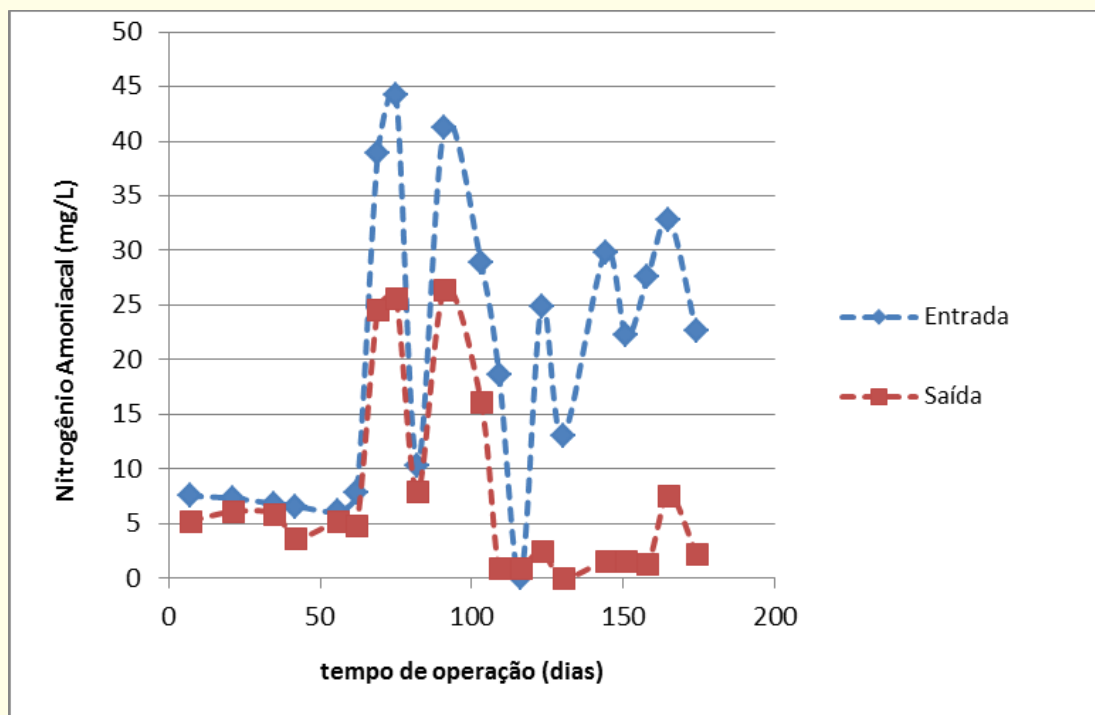
Entrada: 116,48 a 447,2 mg/L (média de 217,59 mg/L);

Saída: 28,9 e 131,8 mg/L (média de 64,21 mg/L).

Remoção em termos de concentração: **70,4%**.

Andamentos (Resultados Preliminares)

q Nitrogênio Amoniacal - concentração



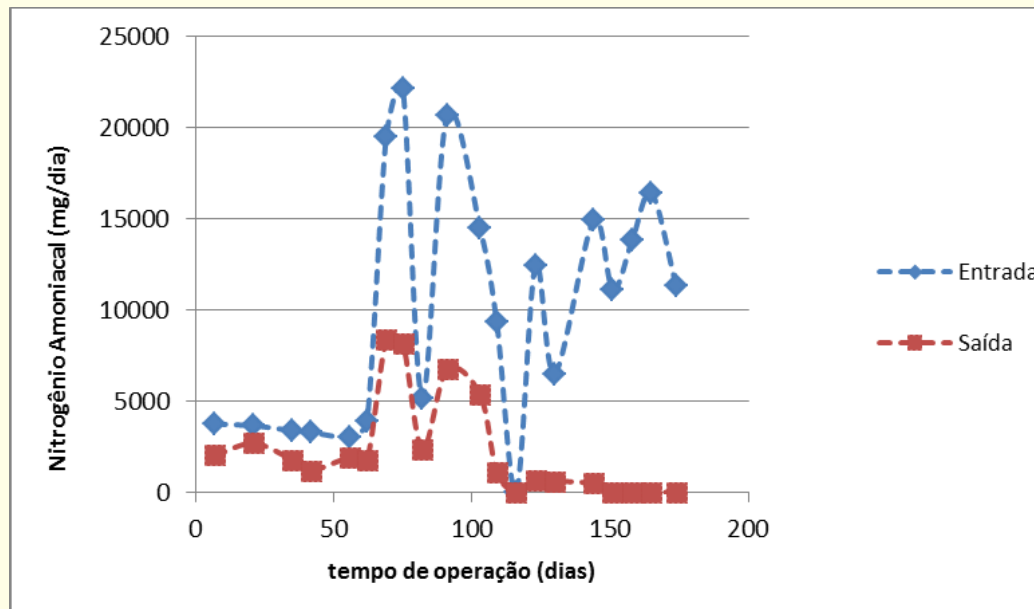
Entrada: 0,02 a 44,2 mg/L (média de 19,86 mg/L);

Saída: 0,01 a 26,4 mg/L (média de 7,60 mg/l).

Remoção: **61,7%**.

Andamentos (Resultados Preliminares)

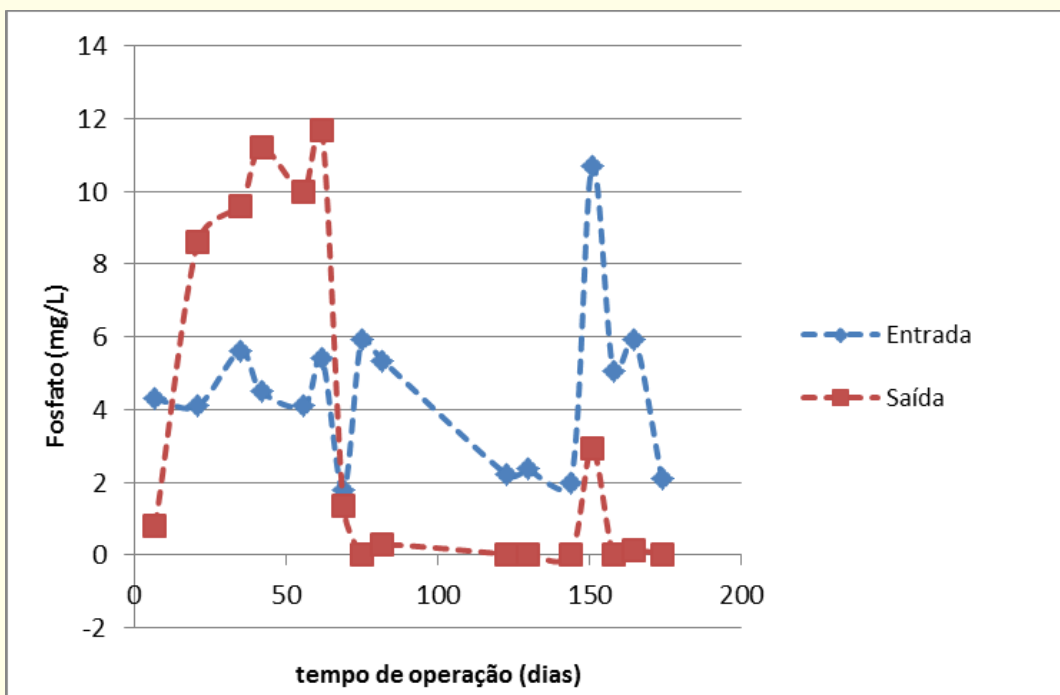
q Nitrogênio Amoniacal - carga orgânica



Percentual médio de remoção em termos de carga poluidora: **74,6 %**.

Andamentos (Resultados Preliminares)

qFosfato - concentração



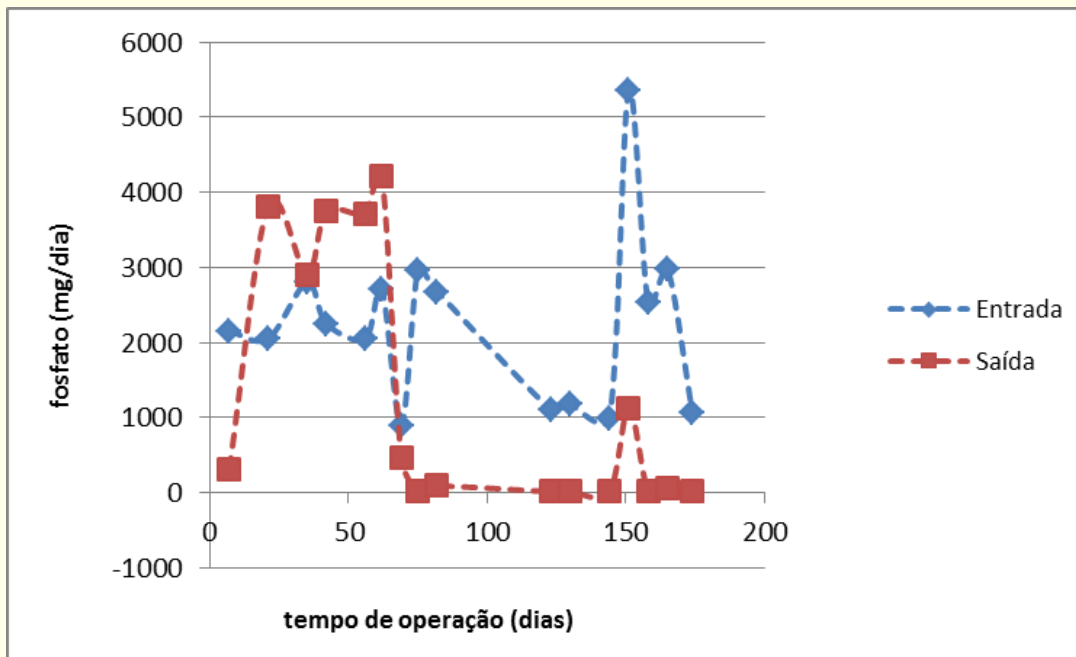
Entrada: entre 1,99 a 10,7 mg/L (média de 4,46 mg/L);

Saída: entre 0,03 a 11,7 mg/L (média 3,55 mg/L).

O percentual médio de remoção: termos de concentração: **20,4%**.

Andamentos (Resultados Preliminares)

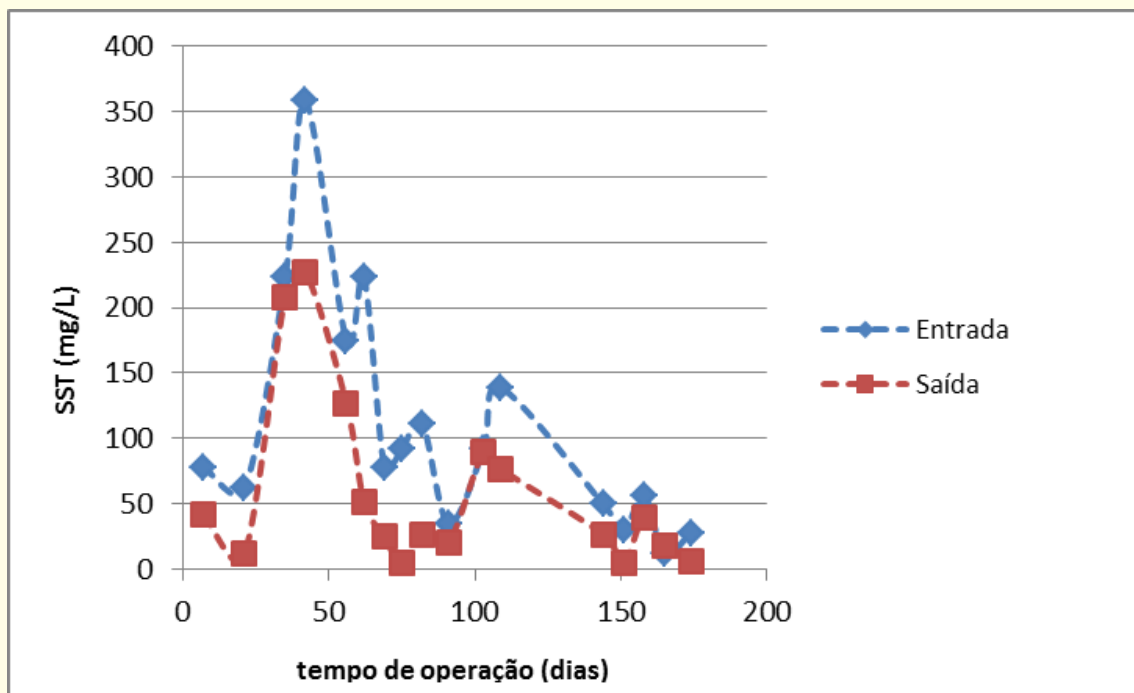
qFosfato – carga orgânica



O percentual médio de remoção: **42,6%**.

Andamentos (Resultados Preliminares)

q SST - concentração



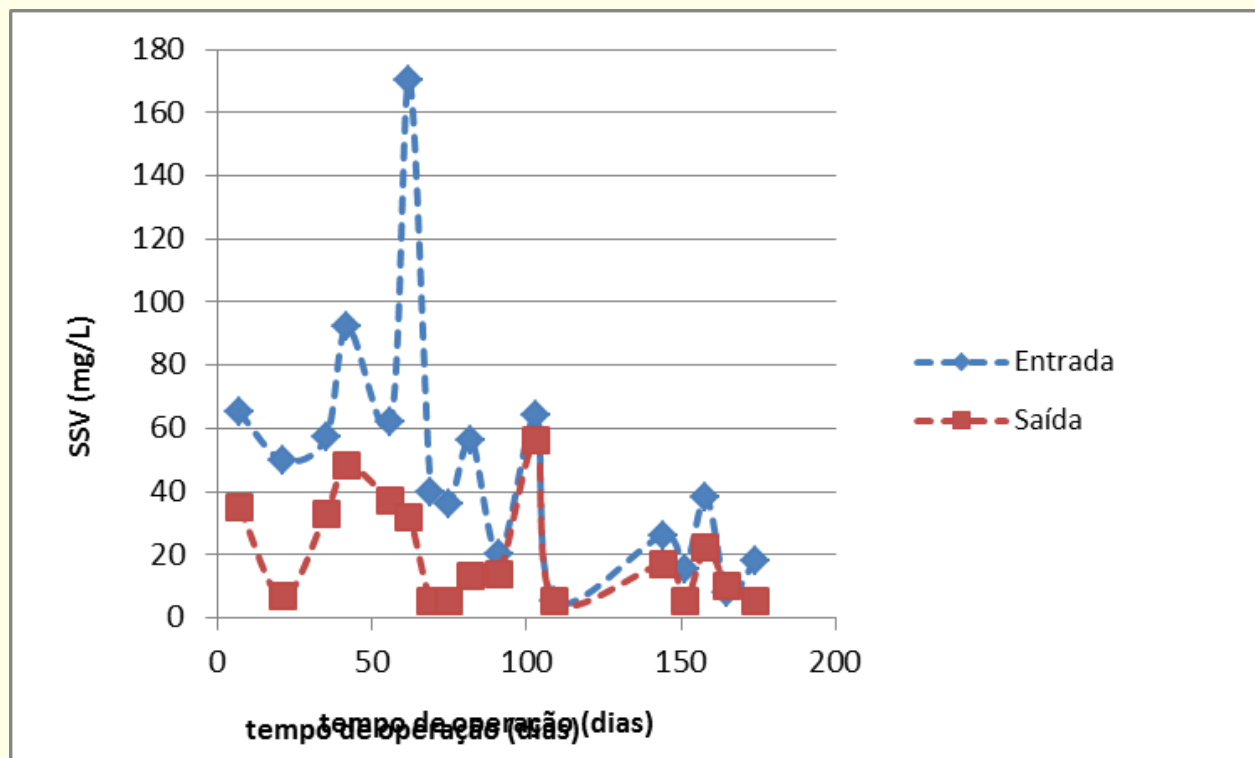
Entrada: 12 a 358 mg/L (média de 104,67 mg/L);

Saída: 5 a 227 mg/L (média de 56,11 mg/L).

O percentual médio de remoção: **46,3%**.

Andamentos (Resultados Preliminares)

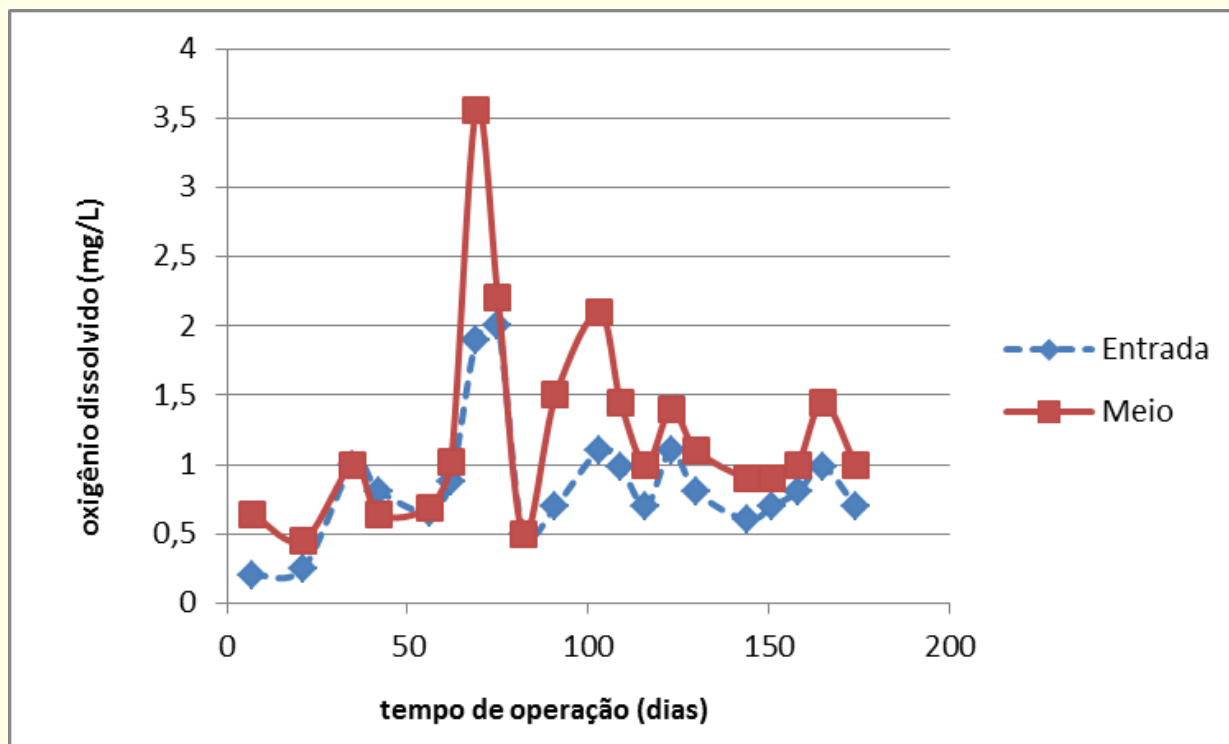
q SSV - concentração



Entrada: 8 e 170 mg/L (m´dia de 48,3 mg/L);
 Saída: 5 e 90 mg/L (m´dia de 20,98 mg/L).
 O percentual m´dio de remoção: **56,5%**.

Andamentos (Resultados Preliminares)

q Oxigênio Dissolvido

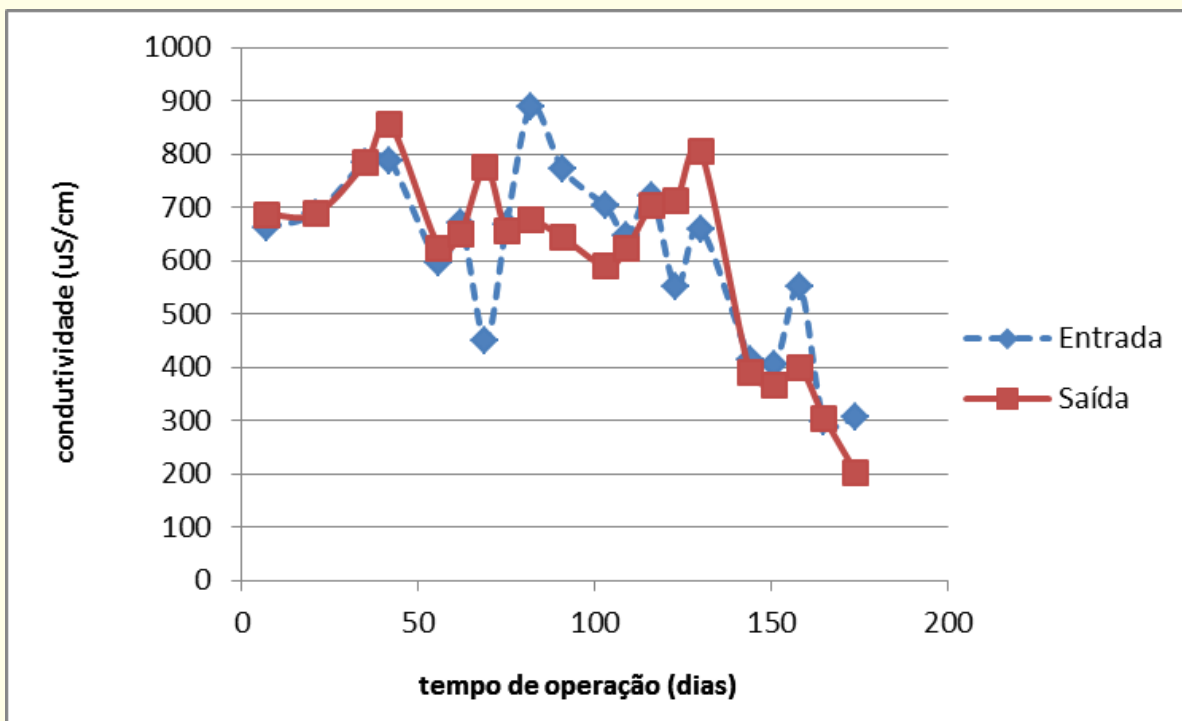


Entrada: entre 0,2 a 2,0 mg/L (média de 0,87 mg/L);

Meio do reator: entre 0,45 a 3,56 mg/L (média 1,23 mg/L).

Andamentos (Resultados Preliminares)

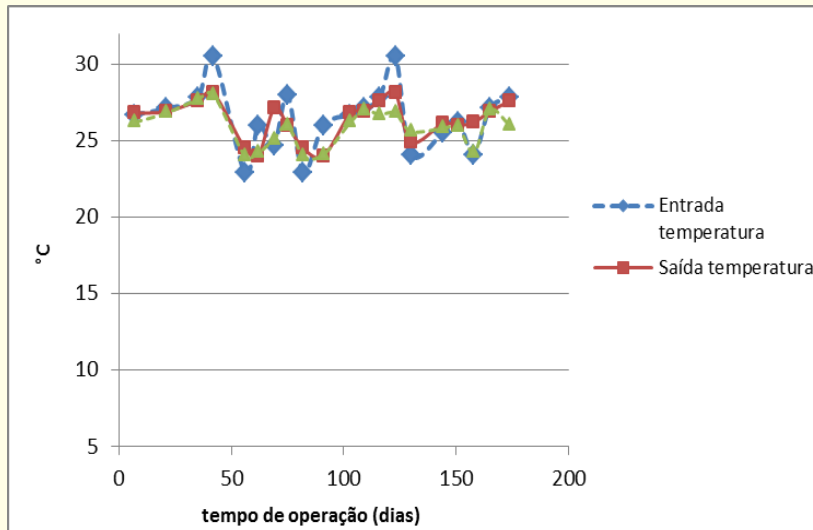
q Condutividade



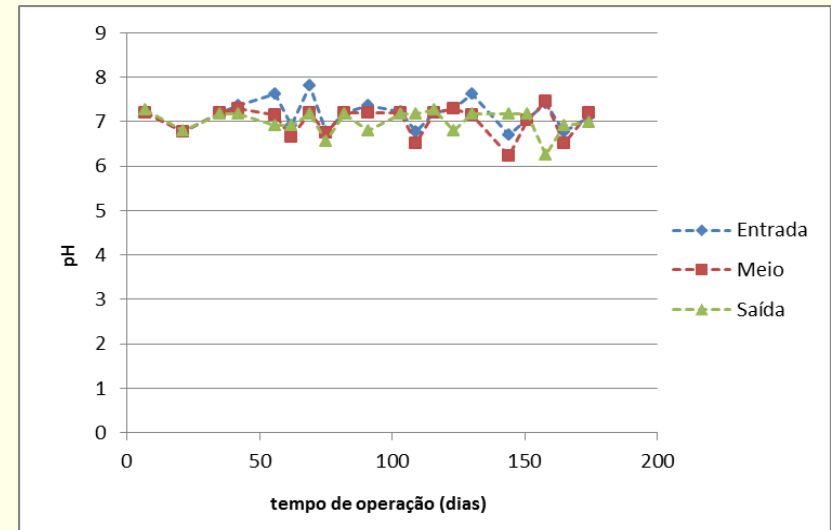
Entrada: 305 a 888 mg/L (média de 611,2 mg/L);
Saída: 202 a 855 mg/L (média de 606 mg/L).

Andamentos (Resultados Preliminares)

q Temperatura



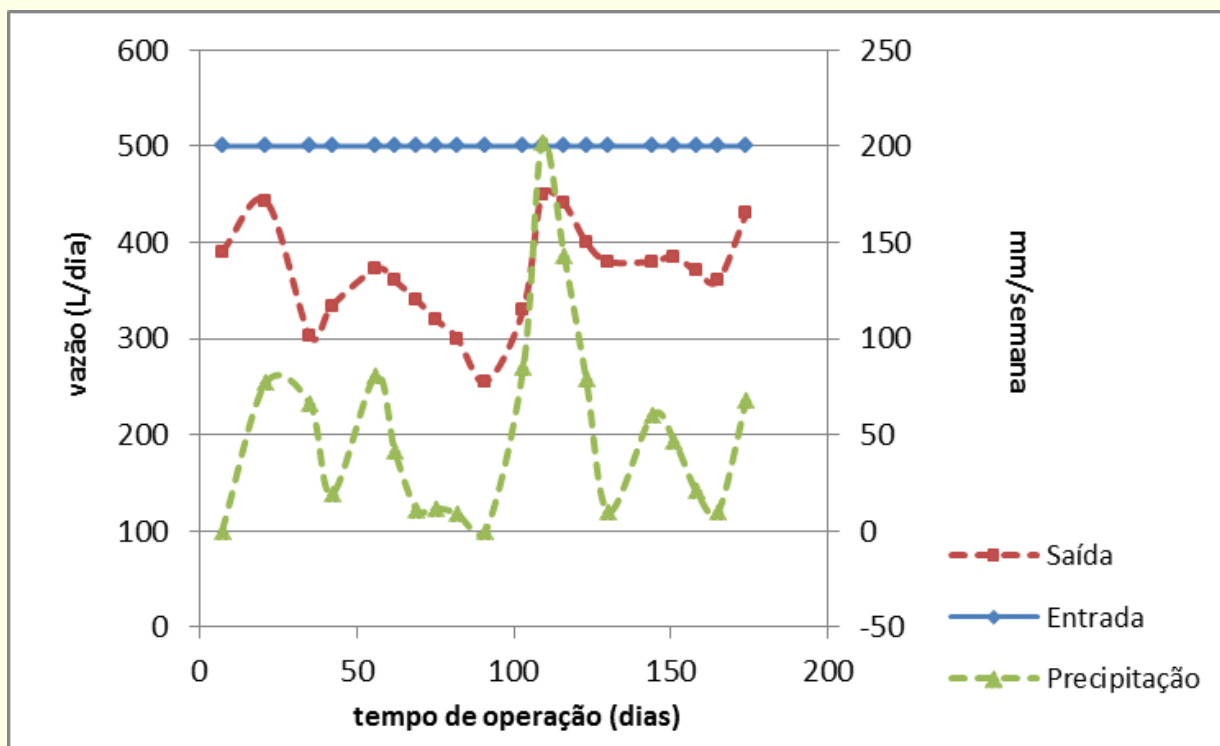
q pH



pH e temperatura: apresentaram-se aproximadamente constantes.

Andamentos (Resultados Preliminares)

q Vazão x Precipitação



Vazão média de saída: 367,10 L/dia,

Menor vazão: 255 L/dia (91º dia de operação-sem registro de chuva);

Maior vazão: 450 L/dia (109º dia de operação - registro de 202 mm/semana de chuva).

Redução média da vazão: **26,6%**.

Material fotográfico-monitoramento



Material fotográfico – Desenvolvimento das Taboas



Considerações

- n As Taboas utilizadas no processo, tem se mostrado até o momento, bastante resistente às variações de qualidade do efluente sanitário na entrada do *wetland*. A vegetação não tem apresentado sinais de morte e nem perda de viço;
- n Comparando as vazões obtidas na entrada e na saída do *wetland*, nota-se a redução entre seus valores, que é devido essencialmente à ação solar através da evaporação do efluente pela macrófita e diretamente a partir da superfície do solo. Observa-se também a influência da precipitação no aumento da vazão de saída do projeto;
- n Quanto ao potencial observado nas redução de vazões, o sistema de *wetland* implantado já se mostra como uma boa alternativa no tratamento de efluente sanitário, sobretudo em regiões de clima tropical, onde as elevadas temperaturas potencializam os efeitos da evapotranspiração.

Considerações

- n As remoções de poluentes obtidas, em termos de concentração, no *wetland*, até o momento, foram na ordem de 70,4% para DQO, 46,3% para SST, 56,5 % para SSV, 73,4% para DBO, 61,7 para N amoniacal e 20,4 para fosfato. Analisando-se os três últimos parâmetros (DBO, N Amoniacal e fosfato) em termos de carga poluidora, a remoção percentual do sistema aumenta respectivamente para 81,2%, 74,6% e 42,6%;
- n Cabe destacar, que a eficiência de remoção de todo o sistema, ou seja, incluindo o tratamento primário da ETE, é ainda maior do que o apresentado, pois o sistema de tratamento conta com uma etapa primária;

Discussão

- n Cabe ressaltar que o esgoto afluyente utilizado no sistema, possui característica particular como uma grande variação na concentração, e na maioria das vezes concentração abaixo do encontrado na literatura, devido a influencia da introdução de águas pluviais na rede coletora conduzida à ETE;
- n Para a referida ETE, ou seja, tratamento primário seguido de *wetland* construído espera-se uma eficiência acima de 80% de DBO ou concentração de saída inferior a 60 mg/L de DBO, atendendo assim o padrão de lançamento da DZ 215.R4 do INEA-RJ;
- n O baixo custo de construção, a fácil operação e manutenção quanto se comparado a outros métodos de tratamento, o fato do tratamento acontecer *in situ*, demonstrou que a utilização dos *wetlands*, podem ser alternativa tecnológica para o pós tratamento de esgoto sanitário, principalmente em pequenas comunidades. Destaca-se que não foi utilizado qualquer produto químico e tampouco energia elétrica no referido projeto.

Baia de Jacuacanga

Enseada da Estrela

Enseada de Aracatiba

ILHA GRANDE

Saco dos Castelhanos

Image © 2013 TerraMetrics

Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
Image © 2013 DigitalGlobe

Referências Bibliográficas

- n APHA (2005), Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA, WEF), 21th ed., New York.
- n CAMPOS, Juacyara Carbonelli, Ferreira, João Alberto, Manarinno, Camille Ferreira(2003), Uso de wetland de fluxo sub-superficial no tratamento de chorume por lodo ativado. Trabalho Final de Mestrado em Engenharia Ambiental Modalidade: Dissertação.
- n DZ 215.R4 do INEA-RJ (2007). Diretriz de Controle de Carga Orgânica Biodegradável em Efluentes Líquidos de Origem não Industrial.
- n FILHO, BC, Neto, COA et al (2010). Pós-tratamento de efluentes anaeróbicos por sistemas de aplicação no solo, PROSAB:
- n SOUSA, JT et al (2009). Pós-tratamento de efluentes de reatores UASB utilizando sistemas “wetlands” construídos.