



II-066 – REATOR COMPARTIMENTADO: AVALIAÇÃO DA BIOMASSA

Edson Aparecido Abdul Nour⁽¹⁾

Engenheiro de Alimentos e Tecnólogo em Saneamento pela UNICAMP. Mestre em Engenharia Civil pela FEC/UNICAMP e Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professor DSA/FEC/UNICAMP.

William de Araújo Limoeiro

Engenheiro Químico formado pela UNICAMP.

Angela dos Santos Barretto

Bióloga Marinha pela FAMATH. Mestre e Doutora em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Pesquisadora Colaboradora do DSA/FEC/UNICAMP.

Endereço⁽¹⁾: Rua Albert Einstein, 951 – Cidade Universitária Zeferino Vaz - Campinas - SP - CEP: 13083-852 - Brasil - Tel: + 55 (19) 3521-2379 - e-mail: ednour@fec.unicamp.br

RESUMO

Métodos simplificados para o tratamento das águas estão em constante desenvolvimento. A associação desses métodos tende a aumentar a eficiência do processo e possibilita a utilização da água para fins menos nobres, como lavagens, irrigação e descargas em vasos sanitários. Dessa maneira tem-se uma redução do consumo de água e da geração de efluentes. O conhecimento sobre o projeto, construção e operação de sistemas simplificados, em particular da unidade responsável pelo tratamento biológico, é de suma importância.

O Reator Anaeróbio Compartimentado (RAC) tem como função tratar o esgoto bruto em nível secundário (redução do teor de matéria orgânica e de sólidos suspensos). O RAC é alimentado com esgoto sanitário que é composto de dejetos domésticos e sanitários gerados nos prédios das salas de aula, da administração, da cozinha, da cantina e de laboratórios de pesquisa e o objetivo principal desta pesquisa foi estudar a biomassa presente nas quatro câmaras constituintes do reator, variando-se o tempo de detenção hidráulica (TDH).

Pelos resultados obtidos pode-se concluir que com a diminuição do valor do TDH ocorreu um aumento na produção de ácidos orgânicos na região da manta de lodo (biomassa ativa), pelo favorecimento da fase acidogênica sem a resposta imediata do consumo destes ácidos pela biomassa metanogênica, o que levou a pequena diminuição dos valores do potencial hidrogeniônico (pH), sem comprometer o equilíbrio do sistema; as análises de pH realizadas no lodo indicaram que mesmo ocorrendo um aumento da atividade da biomassa acidogênica, os resultados das análises da alcalinidade (total e parcial) revelaram que não foi necessário um controle de pH no reator, uma vez que a ação do efeito tamponante manteve o pH próximo a 7, fato comprovando a robustez do RAC; que a análise do teor de matéria orgânica (TMO) foi um indicativo interessante para se avaliar a qualidade do lodo nas diversas câmaras do RAC, porém não foi decisivo para qualificar isoladamente a atividade microbiológica presente; e pelos valores obtidos por meio do índice volumétrico de lodo (IVL) para os diversos pontos de coleta estudados, os lodos existentes em cada uma das 4 câmaras do RAC apresentaram características que satisfazem as condições operacionais desejadas para um reator com biomassa dispersa e fluxo ascendente quanto a necessidade de retenção de biomassa, ou seja, as diversas câmaras do RAC apresentaram uma biomassa com adequadas características biológicas e hidrodinâmicas.

PALAVRAS-CHAVE: Biomassa, Reator Anaeróbio Compartimentado, Esgoto Sanitário, Lodo.

INTRODUÇÃO

A água merece uma grande atenção em relação à questão ambiental no que diz respeito a sua utilização e posterior tratamento. No Brasil, por exemplo, apenas 52,2 % dos municípios têm sistema de esgotamento sanitário e, entre esses municípios, apenas 32,0 % têm serviço de coleta e apenas 20,2 % coletam e tratam o esgoto.

Muitos outros países se enquadram nesse perfil e, como consequência, as grandes cidades acabam concentrando grandes volumes de esgoto coletado que é então despejado sem tratamento nos corpos receptores. Com isso, a poluição das águas se intensifica, dificultando e encarecendo a captação e o tratamento da água para o abastecimento.



Nesse cenário, métodos simplificados para o tratamento das águas estão em constante desenvolvimento. A associação desses métodos tende a aumentar a eficiência do processo e possibilita a utilização da água para fins menos nobres, como lavagens, irrigação e descargas em vasos sanitários. Dessa maneira tem-se uma redução do consumo de água e da geração de efluentes. O conhecimento sobre o projeto, construção e operação de sistemas simplificados, em particular da unidade responsável pelo tratamento biológico, é de suma importância.

O objetivo principal deste trabalho foi o estudo da biomassa presente nas quatro câmaras constituintes de um reator anaeróbio compartimentado pertencente a uma estação piloto de tratamento de efluentes, que tratava o esgoto sanitário gerado nas dependências de uma faculdade, bem como o lodo gerado nas diversas câmaras do reator.

MATERIAIS E MÉTODOS

Um sistema de tratamento simplificado foi implantado no campus de uma Faculdade de Engenharia Agrícola em conjunto com uma Faculdade de Engenharia Civil. O Reator Anaeróbio Compartimentado (RAC) tem como função tratar o esgoto bruto em nível secundário (redução do teor de matéria orgânica e de sólidos suspensos). O RAC é alimentado pelo esgoto gerado na própria faculdade, que é composto de dejetos domésticos e sanitários gerados nos prédios das salas de aula, da administração, da cozinha, da cantina e de laboratórios de pesquisa.

O RAC era composto por 4 câmaras, sendo a primeira com $1,68 \text{ m}^3$ e as demais com $0,84 \text{ m}^3$ de volume útil, totalizando um volume total de $4,2 \text{ m}^3$. Foram utilizados na construção tubos de concreto, os mesmos utilizados em redes coletores de águas pluviais, com 1,00 m de diâmetro e 1,50 m de altura. A câmara 1 era constituída por dois tubos de concreto. A Figura 1 apresenta uma vista geral do RAC. O reator apresentava fluxo ascendente, e cada câmara possuía fundo cônico por onde era feita a alimentação por meio de um tubo vertical que coletava superficialmente o efluente da câmara anterior. Foram instaladas em cada uma das câmaras três tomadas laterais ao longo da altura para coleta de amostras ou descarte de acúmulo de lodo formado.



Figura 1: Reator anaeróbio compartimentado.

Na figura 2 é apresentado um esquema com os pontos de coleta avaliados, onde: (1) entrada do efluente bruto; (2 e 3) coleta de lodo na câmara 1; (4), (5) e (6) coleta de lodo nas câmaras 2, 3 e 4, respectivamente; (1A) Saída do esgoto tratado após a 1ª câmara; (1B) saída de esgoto tratado após a 3ª câmara e (7) saída de esgoto tratado após a 4ª câmara. O ponto de coleta de lodo em todas as câmaras situava-se a 0,20 m do fundo.

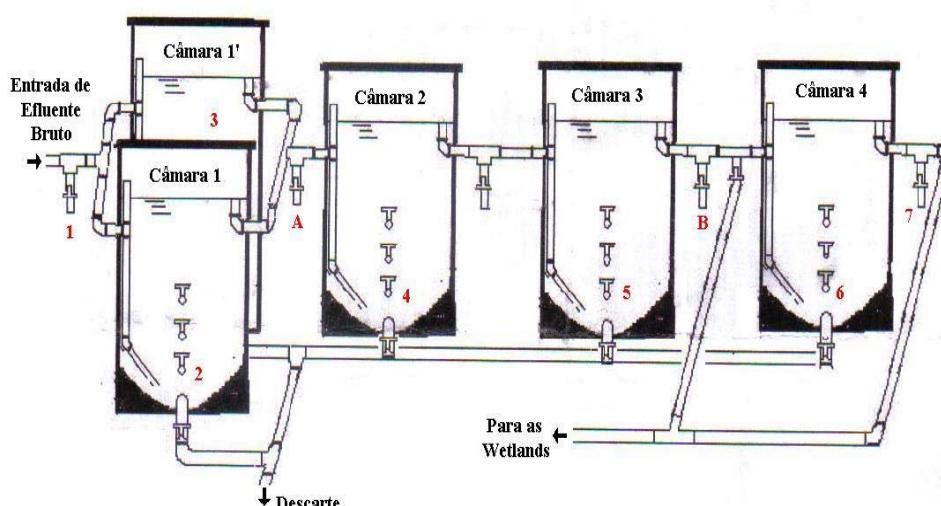


Figura 2: Fluxograma contendo os pontos de coleta.

Foram realizadas as seguintes análises: potencial hidrogeniônico (pH), demanda química de oxigênio (DQO), alcalinidade total e parcial, ácidos orgânicos voláteis (AOV), série de sólidos, tempo de detenção hidráulica (TDH), índice volumétrico do lodo (IVL), segundo metodologias contidas no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, (APHA, 1998).

Para a obtenção dos dados necessários a avaliação, o RAC foi monitorado em quatro coletas (meses de maio, julho, setembro e dezembro de 2007), sendo que todas as amostras foram realizadas pela manhã (entre as 9:00h e 10:00 h) e coletadas em recipientes de polietileno.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 e Figuras 3 a 12 a seguir estão apresentados os dados obtidos para as variáveis físicas e químicas avaliadas para o lodo.

O valor médio e desvio padrão do TDH no sistema de tratamento estão descritos na Tabela 1. Pode-se verificar que ocorreu uma diminuição de 49,7 % do período 1 para o 2 e de 16,3 % do período 2 para o 3. Essas alterações no regime hidráulico trouxeram implicações em diversas variáveis de controle operacional.

Tabela 1: Valores médios do TDH (horas), para as diferentes vazões empregadas no RAC, durante o período de monitoramento do sistema de tratamento.

Valores de TDH	Períodos de operação		
	1 (13/03 até 19/06)	2 (19/06 até 09/08)	3 (09/08 até 16/01)
Média	18,3	9,2	7,7
desvio padrão	1,0	1,4	2,1

Pela análise do gráfico da FIGURA 3 não se verificou uma tendência específica e clara para os valores de pH do lodo no decorrer das coletas para todas as câmaras. Porém pode-se afirmar que a diminuição do valor de TDH possivelmente contribuiu para a diminuição dos valores do pH no lodo das câmaras 2, 3 e 4, devido principalmente ao não consumo dos ácidos orgânicos produzidos nas fases hidrolítica e acidogênica que predominam na câmara 1.

Ao mesmo tempo pode-se verificar que os valores de pH obtidos para os lodos foram menores que no efluente, devido a atividade microbológica intensa, tanto das bactérias acidogênicas como das arqueas metanogênicas. Contudo os valores de pH sempre estiveram acima de 6,8 em todas as ocasiões avaliadas, indicando a existência de um consistente e adequado efeito tamponante, resultante do equilíbrio entre as

diferentes etapas do metabolismo anaeróbio, observação confirmada com os resultados de AOV e alcalinidade total e parcial.

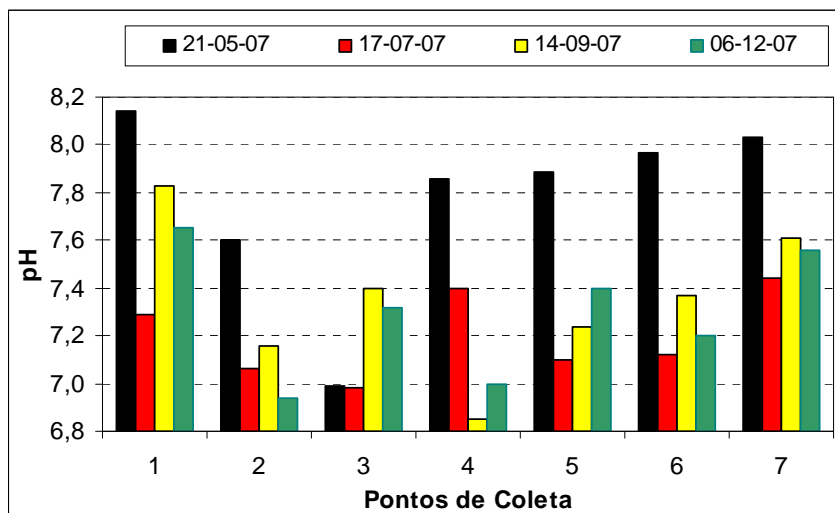


Figura 3: Resultados obtidos para valores de pH no RAC: efluente de entrada (1), lodo nas câmaras (2, 3, 4, 5 e 6), e saída do reator (7).

As concentrações de AOV no lodo (FIGURA 4) aumentaram com a diminuição do TDH. Novamente, pode-se dizer que com essa variação do TDH ocorreu um aumento na atividade acidogênica dos microrganismos e que a conversão dos ácidos (na metanogênese) não ocorreu na mesma intensidade, confirmando os resultados da FIGURA 3.

Uma alta concentração de ácidos no efluente de uma unidade poderia prejudicar as unidades subsequentes do tratamento, porém a concentração de ácidos voláteis na saída do RAC se mantém próxima à concentração observada no efluente de entrada (ponto 1). Desta forma pode-se afirmar que o RAC atende suas funções em relação ao tratamento secundário, sem comprometer os demais etapas existentes no sistema de tratamento.

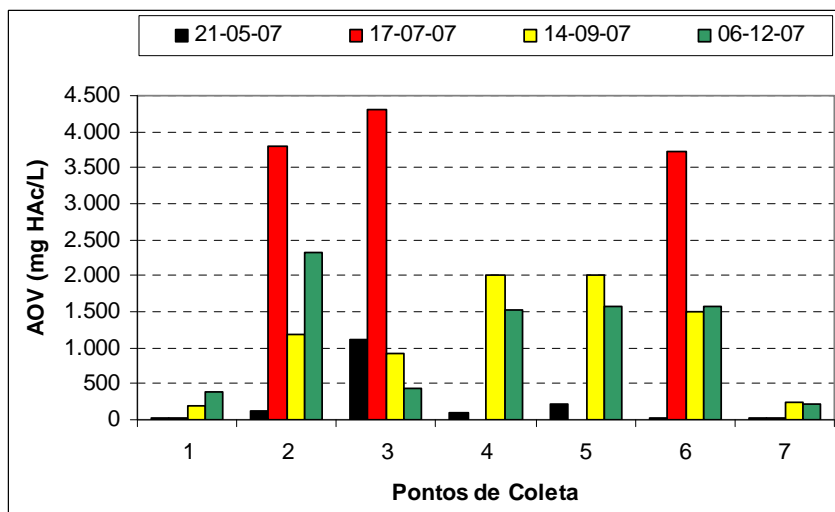


Figura 4: Resultados obtidos para concentração de AOV no RAC: efluente de entrada (1), lodo nas câmaras (2, 3, 4, 5 e 6), e saída do reator (7).

Na análise do lodo coletado no dia 17/07 não foram realizadas as análises para determinar a alcalinidade total e parcial e os ácidos orgânicos voláteis nos pontos 5 e 6 por problemas operacionais.

Para o lodo coletado nos pontos 5 e 6 (com exceção da primeira coleta) os valores da alcalinidade parcial (FIGURA 5) são maiores que metade do valor da alcalinidade total (FIGURA 6), devido a essa razão, pode-se dizer que o bicarbonato é o principal responsável pela alcalinidade nas câmaras 3 e 4.



Nos pontos 2, 3 e 4 os valores da alcalinidade parcial também são maiores que metade do valor da alcalinidade total. Da mesma forma pode-se afirmar que alcalinidade a bicarbonatos é a principal responsável pela alcalinidade nas câmaras 1 e 2, indicando importantes aspectos: o reator encontrava-se equilibrado quanto a produção e consumo de AOV pela acidogênese e metanogênese, respectivamente, comportamento que produziu uma capacidade tamponante adequada. Assim, não foi necessário um controle do pH no reator ao longo de todo o período de funcionamento.

Como visto na figura 3, os valores de pH no lodo estão mais próximos de 7, pois os valores da alcalinidade total são suficientemente altos para produzir um adequado efeito tamponante para manter pH próximo a esse valor. A variação nos valores do TDH possivelmente contribuiu para o aumento dos valores das alcalinidades no lodo das câmaras do RAC, o que contribui para essa ação tamponante.

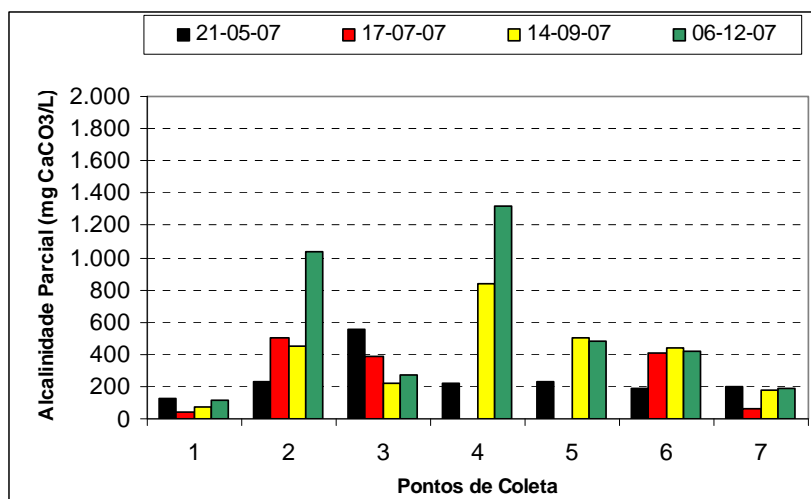


Figura 5: Resultados obtidos para alcalinidade parcial (até pH = 5,75) no RAC: efluente de entrada (1), lodo nas câmaras (2, 3, 4, 5 e 6), e saída do reator (7).

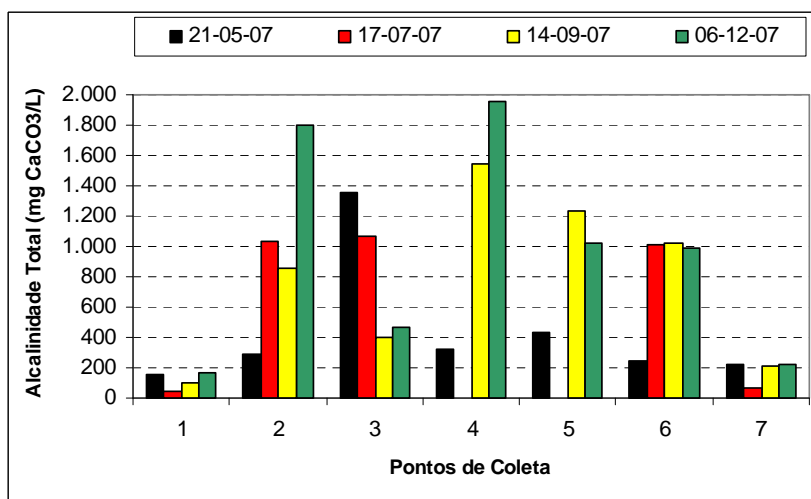


Figura 6: Resultados obtidos para alcalinidade total no RAC: efluente de entrada (1), lodo nas câmaras (2, 3, 4, 5 e 6), e saída do reator (7).

Os teores de matéria orgânica (TMO) do lodo nas diversas câmaras (FIGURA 7) se mantiveram muito próximos, entre 64 e 75 %, em todos os pontos e datas de coleta. Como alguns dos parâmetros monitorados apresentaram um comportamento variado, como por exemplo a concentração de alcalinidade total, pode-se inferir que a atividade da biomassa também variou. Logo, o valor do TMO avaliado isoladamente não é um indicador da atividade microbológica da biomassa, porém pode indicar que os sólidos de origem orgânica são a maioria absoluta nos flocos biológicos (sólidos em suspensão) um aspecto importante para manutenção da qualidade da biomassa.

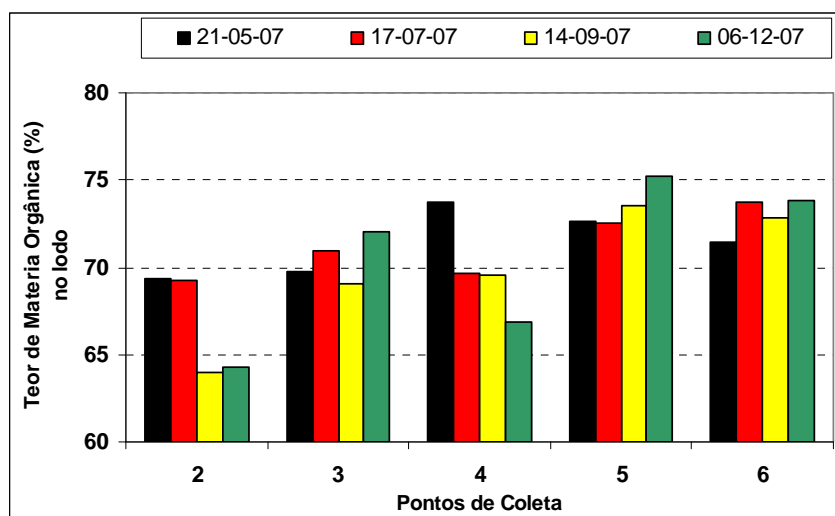


Figura 7: Resultados obtidos para TMO do lodo das câmaras do RAC: pontos 2 e 3 representam a câmara 1 e os pontos 4, 5 e 6 representam as câmaras 2, 3 e 4 respectivamente.

A relação sólidos voláteis/sólidos totais, para todas as formas de sólidos, na maioria dos pontos de coleta ficou acima de 0,6, evidenciando a qualidade do lodo. Os valores de SSV apresentados na FIGURA 8 indicam que a concentração de sólidos em suspensão esteve na maior parte do tempo entre 2 e 3,5 %, um valor considerado adequado para manta de lodo do RAC, região de maior concentração de biomassa. Os valores de SSV na coleta de 21/05 estiveram abaixo da média das demais coletas em decorrência do retorno do RAC a uma operação controlada e otimizada.

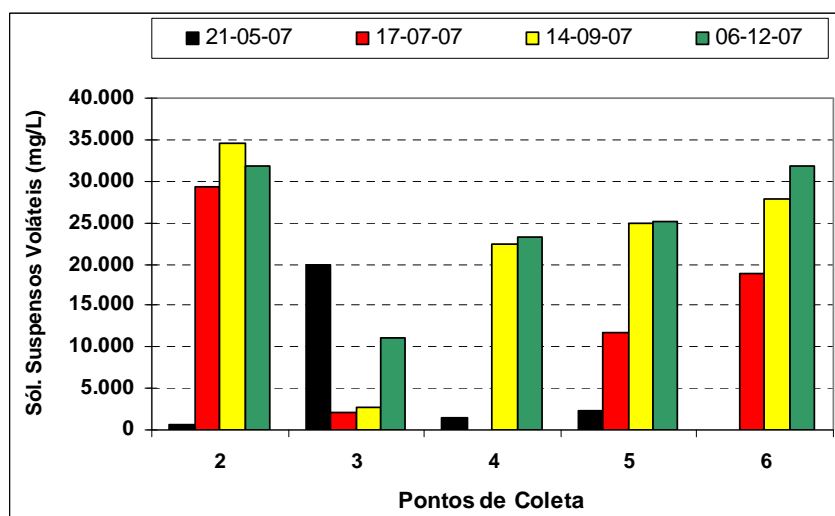


Figura 8: Resultados obtidos para concentração de SSV do lodo das câmaras do RAC: pontos 2 e 3 representam a câmara 1 e os pontos 4, 5 e 6 representam as câmaras 2, 3 e 4 respectivamente.

Pela análise da FIGURA 9 pode-se dizer que o lodo do RAC, após a diminuição do TDH, passou a apresentar uma sedimentabilidade classificada como ótima. Isso provavelmente ocorreu, pois o aumento da vazão teve como consequência a seleção de um lodo com boa sedimentabilidade, característica hidráulica importante para que o lodo permaneça retido dentro das câmaras do RAC. Esta variação na característica hidrodinâmica do sistema, pela diminuição no valor do TDH, não provocou desequilíbrios importantes na eficiência do RAC: a porcentagem de remoção de DQO nos períodos 1, 2 e 3 foi, respectivamente, $52,0 \pm 28,8$ %, $47,2 \pm 30,7$ % e $53,2 \pm 18,6$ %. Os resultados para a eficiência de DQO não diferiram a $p = 0,05$, ao se utilizar a análise estatística de comparação de médias.

Os valores de IVL encontrados na coleta do dia 21/07 para 3 dos 5 pontos amostrados indica uma sedimentabilidade considerada média (entre 100 e 200 mL/g). Já para as três coletas seguintes, o lodo



apresentou uma sedimentabilidade ótima (entre 0 e 50 mL/g). Estes resultados indicam a adequada e desejada qualidade do lodo, sob o aspecto hidráulico, lodo este pertencente a um reator que opera com biomassa dispersa e com fluxo ascendente.

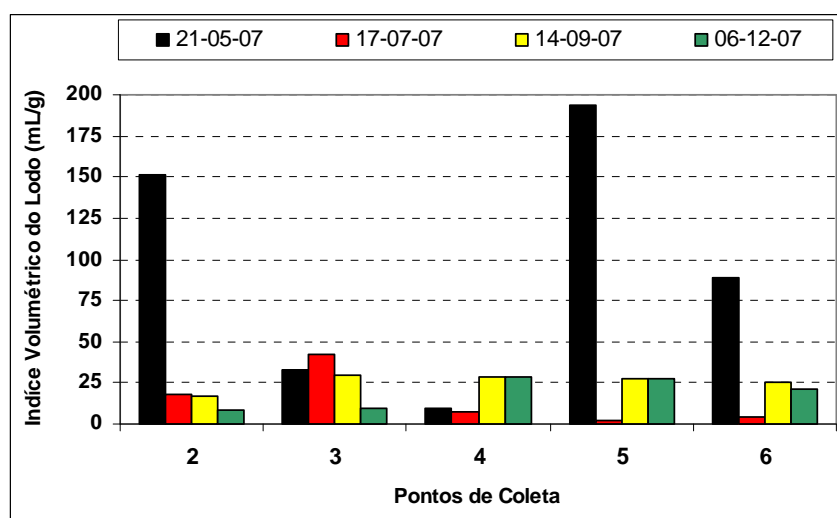


Figura 9: Resultados obtidos para os valores de IVL do lodo das câmaras do RAC: pontos 2 e 3 representam a câmara 1 e os pontos 4, 5 e 6 representam as câmaras 2, 3 e 4 respectivamente.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Os valores de pH na saída do RAC estão dentro de uma faixa aceitável, portanto não é necessária nenhuma ação corretiva antes do efluente passar para a próxima etapa do tratamento.

Com a diminuição do valor do TDH ocorreu um aumento na produção de ácidos orgânicos na região da manta de lodo (biomassa ativa), pelo favorecimento da fase acidogênica sem a resposta imediata do consumo destes ácidos pela biomassa metanogênica, o que levou a pequena diminuição dos valores do pH, sem comprometer o equilíbrio do sistema.

As análises de pH realizadas no lodo indicaram que mesmo ocorrendo um aumento da atividade da biomassa acidogênica, os resultados das análises da alcalinidade (total e parcial) revelaram que foi necessário um controle de pH no reator, uma vez que a ação do efeito tamponante manteve o pH próximo a 7, fato comprovando a robustez do RAC.

A análise da TMO foi um indicativo interessante para se avaliar a qualidade do lodo nas diversas câmaras do RAC, porém não foi decisivo para qualificar isoladamente a atividade microbológica presente.

Pelos valores obtidos de IVL para os diversos pontos de coleta estudados, os lodos existente nas 4 câmaras do RAC apresentaram características que satisfazem as condições operacionais desejadas para um reator com biomassa dispersa e fluxo ascendente quanto a necessidade retenção de biomassa, ou seja, as diversas câmaras do RAC apresentaram uma biomassa de adequada características biológicas e hidrodinâmicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN HEALTH ASSOCIATION, Microbiological examination. In: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed. APHA, AWWA, WEF, Washington, 1998.
2. BARRETO, A.S. **Estudo da distribuição de metais em ambiente lótico, com ênfase na assimilação pelas comunidades biológicas e na sua quantificação no sedimento e água.** Tese (Doutorado) – São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 1999. 340p. apud **Série de Sólidos** - apostila do curso de Saneamento da Faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP.



3. NOUR, E. A. A., **Tratamento de Esgoto Sanitário Empregando-se Reator Anaeróbio Compartimentado**. Tese (Doutorado) – São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 266 p., 1996.
4. SPERLING, M.V. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias - Lodos Ativados**. V. 4. Fundo Editorial ABES.1997.